



MEMORIA

SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 132/45/15 kV

AUTOR

Manuel Berral Arjona

DIRECTOR

Ángel Santillán Lázaro

ESPECIALIDAD

Electricidad

ÍNDICE

1. GENERALIDADES	6
1.1. ANTECEDENTES	6
1.2. OBJETO DEL PROYECTO	6
1.3. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES PARTICULARES Y OFICIALES	6
1.4. TITULAR	8
1.5. EMPLAZAMIENTO	8
1.6. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA SUBESTACIÓN	8
2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	9
2.1. OBRA CIVIL	10
2.1.1. Movimiento de tierras	10
2.1.2. Drenajes	10
2.1.3. Agua y Saneamiento	10
2.1.4. Cimentaciones	10
2.1.5. Viales	10
2.1.6. Parque intemperie	11
2.1.7. Edificio de control	11
2.1.8. Atarjeas o canales revisables	12
2.1.9. Valla de cerramiento	12
2.2. ESTRUCTURAS METÁLICAS DE LA SUBESTACIÓN	13
2.2.1. Apoyos	13
2.2.2. Pórticos	19
2.2.3. Estructuras para aparamenta	21
2.2.4. Grapas de amarre	21
2.2.5. Aisladores	22
2.3. INSTALACIÓN ELÉCTRICA	26
2.3.1. APARAMENTA EN LA SUBESTACIÓN	26
2.3.1.1. INSTALACIÓN EXTERIOR	27
➤ CONDUCTORES	27
➤ EMBARRADOS	28
➤ AUTOVÁLVULAS	28
➤ SECCIONADORES:	32
➤ DISYUNTORES:	37
➤ TRANSFORMADORES DE POTENCIA:	40
➤ TRANSFORMADORES DE MEDIDA Y PROTECCIÓN:	42

➤ BATERÍA DE CONDENSADORES:	53
2.3.1.2. INSTALACIÓN INTERIOR:.....	57
➤ CONDUCTOR AISLADO	57
➤ BOTELLAS TERMINALES.....	59
➤ CELDAS	61
➤ APARAMENTA DE MEDIDA Y PROTECCIÓN	69
➤ BATERÍA DE CORRIENTE CONTINUA	78
➤ TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES	79
➤ SERVICIOS AUXILIARES.....	82
2.3.2. RED DE TIERRAS.....	88
3. RESUMEN PRESUPUESTO.....	89
4. CONSIDERACIONES FINALES.....	89

ANEXO DE SEGURIDAD

1. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.....	90
1.1. INTRODUCCIÓN.....	90
1.2. DERECHOS Y OBLIGACIONES.....	90
1.2.1. DERECHO A LA PROTECCIÓN FRENTE A LOS RIESGOS LABORALES	90
1.2.2. PRINCIPIOS DE LA ACCIÓN PREVENTIVA	90
1.2.3. EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS.....	91
1.2.4. EQUIPOS DE TRABAJO Y MEDIOS DE PROTECCIÓN	92
1.2.5. INFORMACIÓN, CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES.....	92
1.2.6. FORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES	93
1.2.7. MEDIDAS DE EMERGENCIA	93
1.2.8. RIESGO GRAVE E INMINENTE.....	93
1.2.9. VIGILANCIA DE LA SALUD.....	93
1.2.10. DOCUMENTACIÓN	93
1.2.11. COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES EMPRESARIALES	94
1.2.12. PROTECCIÓN DE TRABAJADORES ESPECIALMENTE SENSIBLES A DETERMINADOS RIESGOS.....	94
1.2.13. PROTECCIÓN DE LA MATERNIDAD	94
1.2.14. PROTECCIÓN DE LOS MENORES	94
1.2.15. RELACIONES DE TRABAJO TEMPORALES, DE DURACIÓN DETERMINADA Y EN EMPRESAS DE TRABAJO TEMPORAL.....	94

1.2.16. OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS	95
1.3. SERVICIOS DE PREVENCIÓN.....	95
1.3.1. PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES	95
1.3.2. SERVICIOS DE PREVENCIÓN	96
1.4. CONSULTA Y PARTICIPACION DE LOS TRABAJADORES	96
1.4.1. CONSULTA DE LOS TRABAJADORES.....	96
1.4.2. DERECHOS DE PARTICIPACIÓN Y REPRESENTACIÓN	96
1.4.3. DELEGADOS DE PREVENCIÓN.....	96
2. DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACION DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.....	97
2.1. INTRODUCCION	97
2.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.....	97
3. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO	98
3.1. INTRODUCCION	98
3.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.....	98
3.2.1. DISPOSICIONES MÍNIMAS GENERALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO	99
3.2.2. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO MOVILES	100
3.2.3. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA ELEVACION DE CARGAS	101
3.2.4. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA MOVIMIENTO DE TIERRAS Y MAQUINARIA PESADA EN GENERAL	101
3.2.5. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LA MAQUINARIA HERRAMIENTA	103
4. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION	104
4.1. INTRODUCCION	104
4.2. ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	105
4.2.1. RIESGOS MAS FRECUENTES EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION.....	105
4.2.2. MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER GENERAL	105
4.2.3. MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER PARTICULAR PARA CADA OFICIO	107

4.2.4. MEDIDAS ESPECIFICAS PARA TRABAJOS EN LA PROXIMIDAD DE INSTALACIONES ELECTRICAS EN ALTA TENSION 113

4.3. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCION DE LAS OBRAS..... 115

5. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL..... 116

5.1. INTRODUCCION 116

5.2. OBLIGACIONES GENERALES DEL EMPRESARIO 116

5.2.1. PROTECTORES DE LA CABEZA..... 116

5.2.2. PROTECTORES DE MANOS Y BRAZOS 116

5.2.3. PROTECTORES DE PIES Y PIERNAS..... 117

5.2.4. PROTECTORES DEL CUERPO..... 117

5.2.5. EQUIPOS ADICIONALES DE PROTECCION PARA TRABAJOS EN LA PROXIMIDAD DE INSTALACIONES ELECTRICAS DE ALTA TENSION117

1. GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

Se redacta el presente proyecto de Instalación de una Subestación Eléctrica de Distribución de 132 kV / 45 kV / 15 kV para suministrar energía eléctrica al municipio de Puente Genil (Córdoba), así como a las aldeas que se encuentran alrededor y a uno de sus polígonos industriales, con objeto de la obtención de la autorización necesaria para su construcción, así como la tramitación de los permisos necesarios para su puesta en servicio. Este proyecto se realiza a petición de la compañía suministradora SEVILLANA ENDESA S.A. con domicilio social en Avenida Aeropuerto 10, de Córdoba, y a instancia de la Consejería de Trabajo e Industria, Delegación Provincial de Córdoba y del Excmo. Ayuntamiento de Puente Genil.

1.2. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente proyecto es el de exponer ante los organismos competentes que la instalación anteriormente mencionada reúne las condiciones y garantías mínimas exigidas por la reglamentación vigente, con el fin de obtener la autorización administrativa y la de ejecución de la instalación, así como servir de base a la hora de proceder a la realización de dicho proyecto.

1.3. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES PARTICULARES Y OFICIALES

El presente proyecto recoge las características del mismo, la justificación de cálculos necesarios, la forma de ejecución del proyecto, dando cumplimiento a las siguientes disposiciones y normativas vigentes:

- Reglamento de L.A.A.T. Aprobado por Decreto 223/2008, de 15 de Febrero.
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Aprobado por Real Decreto 3.275/1982, de noviembre, B.O.E. 1-12-82.
- Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. B.O.E. 25-10-84.
- Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, Real Decreto 3275/1982. Aprobadas por Orden del MINER de 18 de octubre de 1984, B.O.E. de 25-10-84.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Aprobado por Decreto 842/2002, de 2 de Agosto, B.O.E. 224 de 18-09-02.

- Real Decreto 1955/2000, de 1 de Diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica (B.O.E. de 27 de Diciembre de 2000).
- Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Condiciones impuestas por los organismos Públicos afectados.
- Ley de Regulación del Sector Eléctrico, Ley 54/1997 de 27 de Noviembre.
- Orden de 13-03-2002 de la Consejería de Industria y Trabajo por la que se establece el contenido mínimo en proyectos de industrias y de instalaciones industriales
- Normas UNE y recomendaciones UNESA.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.
- Ordenanzas municipales del ayuntamiento donde se ejecute la obra.
- Condicionados que puedan ser emitidos por organismos afectados por las instalaciones.
- Normas particulares de la compañía suministradora, BOJA 109, 7 junio de 2005.
- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.
- Reglamento de Puntos Unificados de Medida en el Sector Eléctrico, aprobado por Real Decreto 1110/2000 de 24 de Agosto.
- Normas y recomendaciones de diseño del edificio:
 - **NBE-X:** Normas básicas de la edificación.
- Normas y recomendaciones de diseño de aparata eléctrica:
 - **CEI 60694 UNE-EN 60694:** Estipulaciones comunes para las normas de aparata de Alta Tensión.
 - **CEI 61000-4-X UNE-EN 61000-4-X:** Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida.
 - **CEI 60298 UNE-EN 60298:** Aparata bajo envolvente metálica para corriente alterna de tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.
 - **CEI 60129 UNE-EN 60129:** Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.
 - **CEI 60265-1 UNE-EN 60265-1:** Interruptores de Alta Tensión. Parte 1: Interruptores de Alta Tensión para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 52 kV.

- **CEI 60265-2 UNE-EN 60265-2:** Interruptores de Alta Tensión. Parte 2: Interruptores de alta tensión tensiones de párrafo asignadas iguales o superiores 52 kV..
- Normas y recomendaciones de diseño de transformadores:
 - **CEI 60076-X UNE-EN 60076-X:** Transformadores de potencia.
 - **UNE 20101-X-X:** Transformadores de potencia.
- Normas y recomendaciones de diseño de transformadores (aceite):
 - **RU 5201D:** Transformadores trifásicos sumergidos en aceite para distribución en Baja Tensión.
 - **UNE 21428-X-X:** Transformadores trifásicos sumergidos en aceite para distribución en Baja Tensión de 50 kVA A 2 500 kVA, 50 Hz, con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV.
 - **UNE EN 50 102:** Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK)
 - **UNE EN 50 216-2:** Accesorios para transformadores y reactancias. Relé con actuación por gas y aceite para transformadores y reactancias sumergidas en aceite y con depósito de expansión.

1.4. **TITULAR**

La realización de la Subestación Eléctrica es pedida por la empresa suministradora SEVILLANA ENDESA S.A. por lo que será la titular de la instalación a estudio del presente proyecto.

1.5. **EMPLAZAMIENTO**

La Subestación Eléctrica se ubicará en la periferia de la localidad de Puente Genil en la provincia de Córdoba. Concretamente se situará en la Carretera de los Arenales. Km 3.

1.6. **CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA SUBESTACIÓN**

El objeto de este proyecto es transformar y suministrar energía. Los niveles de alta y media tensión existentes, normalizados por la instrucción técnica MIE-RAT 04, son 132 kV, 45 kV y 15 kV. La media tensión a 15 kV dispone de una posición para la alimentación del transformador de servicios auxiliares de la propia Subestación, dichos servicios funcionarán a 400/230 V.

En primer lugar tendremos una transformación de 132 kV a 45 kV. Esta transformación nos permite ofrecer suministro a una subestación y a un polígono industrial, que tiene las condiciones necesarias para poder transformar la tensión de 45 kV a la que le sea más adecuada para los consumidores. En segundo lugar, habrá otra transformación de tensión, de 45 kV a 15 kV, para poder ofrecer suministro a diferentes centros de transformación repartidos por la localidad para abastecer a viviendas, comercios...

La energía será suministrada por la compañía SEVILLANA ENDESA S.A a una tensión trifásica de 132 kV y frecuencia de 50 Hz, conectando la subestación con la línea de distribución que proviene de la Central de Biomasa de Sacyr Vallehermoso, y otra línea de la Central Hidráulica del pantano de Iznájar.

Para atender a las necesidades arriba indicadas, la potencia total instalada en esta subestación es de 75 MVA. Por motivo de previsión de alguna irregularidad o fallo en algún punto de la subestación y especulando con alguna posible ampliación, se ha diseñado esta subestación con otra línea con transformador que abastezca dicha potencia. Por lo cual, todo el diseño y cálculo está planificado para la máxima potencia a la que podría llegar a suministrar por una posible ampliación, que es de 150 MVA.

La conexión de la Subestación a la Red Eléctrica existente de Alta Tensión, se efectuará según lo definido en el documento elaborado por el CECO, de Planificación, “CRITERIOS DE PLANIFICACIÓN, DATOS DE PARTIDA PARA EL DISEÑO DE LAS SUBESTACIONES DE AT/MT DEL GRUPO ENDESA”, de referencia SFZ002.00.DOC.

Para una Subestación cuya entrada es de 132 kV, la conexión a la Red será de tipo ANTENA, de entrada y salida, como se puede observar en la imagen.

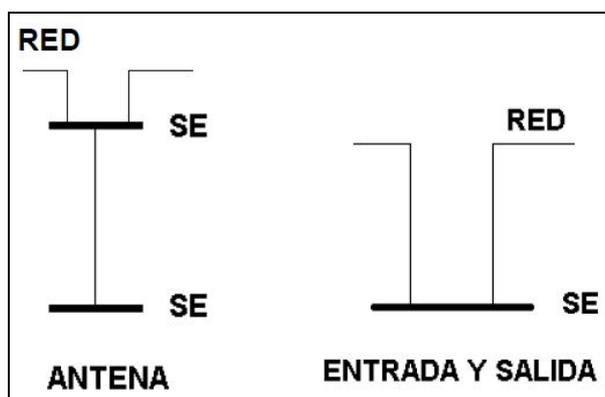


Figura 1.- Tipo de unión de la subestación con la red

Según el documento comentado anteriormente, el SFZ002.00.DOC, las características de la Subestación a estudio, se corresponde, según su función, a una Subestación URBANA, y por tanto, habrá que seleccionar la aparamenta según nos indique el documento señalado.

2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Se considera como subestación al conjunto de aparamenta eléctrica y edificios de control que sirven para realizar la función de enlace entre líneas eléctricas. Las Subestaciones deberán disponer de los elementos y equipos mínimos para permitir la explotación de la instalación con total seguridad y fiabilidad, permitir la ampliación con el mínimo de descargos y realización de los trabajos de operación y mantenimiento con plenas garantías, técnicas y de seguridad para las personas que intervienen. Todo ello, con el menor coste posible.

2.1. OBRA CIVIL

2.1.1. Movimiento de tierras

Las subestaciones eléctricas precisan que el terreno sobre el cual se ubiquen sea prácticamente llano, por lo que el acondicionamiento previo de la parcela destinada a tal fin requiere normalmente movimientos de tierra. Tales movimientos de tierra son más o menos intensos en función de la naturaleza previa del terreno.

El parque de intemperie requiere estar libre de obstáculos, particularmente en vegetación. Dicho requisito se deriva de las especificaciones establecidas en el Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión, sobre distancias de seguridad entre los diversos equipos en tensión y los elementos del entorno. En el caso de la subestación a estudio, el terreno es bastante llano y la vegetación de la zona en la que se moverán tierras está dedicada al cultivo.

2.1.2. Drenajes

Se instalarán los tubos drenantes necesarios para evacuar las aguas, de forma que no se produzca un efluente masivo y se consiga la máxima difusión posible, al objeto de evitar reclamaciones de las parcelas colindantes en las que actualmente y de modo natural se evacuan las aguas de lluvia.

2.1.3. Agua y Saneamiento

El suministro de agua al edificio se realizará con una acometida a la red municipal. Si esto no fuera posible, se dispondría de un depósito enterrado de 12 m^3 de capacidad y grupo de presión. En este segundo caso se dispondrá, además, lo necesario para el aprovechamiento de las aguas pluviales de la cubierta del edificio.

Se construirá un sistema depurador para tratamiento de las aguas residuales procedentes del edificio de control.

2.1.4. Cimentaciones

Las cimentaciones de las estructuras soporte podrán ser de tipo zapata de hormigón en masa, o de hormigón armado, en función de las condiciones del terreno obtenidas del estudio geotécnico.

Se construirá una losa de hormigón armado de 5x3 m, para el almacenaje de bidones de aceite usado.

2.1.5. Viales

Los viales interiores serán de tipo flexible o bien de firme rígido. Los de firme flexible dispondrán de una base bituminosa de 10 cm de espesor tendida sobre explanada mejorada, una base granular a base de zahorra artificial de 15 cm de

espesor, sobre la que se aplicará un riego de imprimación y doble tratamiento superficial y capa de rodadura de 5 cm de espesor.

En el caso de utilizar viales de firme rígido, estarán constituidos por una capa de zahorra compacta sobre el terreno compactado y una losa de hormigón de 15 cm de espesor, armada con malla electro soldada.

2.1.6. Parque intemperie

Para llevar a cabo la subestación, hacen falta una serie de obras previas en el terreno para poder adecuarlo a las características que debe tener un terreno en el cual se va a disponer una subestación eléctrica.

En primer lugar hay que realizar una explanación y nivelación del terreno para que toda la instalación este al mismo nivel y que ningún aparato que se ponga sobre el terreno quede inclinado por culpa del desnivel del terreno. Después hay que crear las vías de acceso necesarias para que todas las máquinas puedan entrar en la zona a trabajar.

Para el tendido de cables de alimentación y control desde el edificio de control hasta los distintos elementos se construirán zanjas. Serán zanjas de 1 metro de ancho y 50 centímetros de profundidad. Las zanjas irán tapadas por bloques de hormigón. También hay que realizar excavación en el terreno para poder insertar los aparatos tales como transformador, pórticos, etc. en sus lugares correspondientes y que resistan la acción del viento y agua. Un paso importante es el hormigonado de los elementos. La aparamenta irá colocada sobre soportes metálicos anclados al suelo mediante el hormigón.

Para evitar que personas ajenas a la subestación puedan entrar en el recinto, se cercará con una valla metálica de 2,5 metros de alta. Cubrirá la superficie de 150 x 100 metros, incluyendo la zona donde se encuentra el edificio de control.

2.1.7. Edificio de control

Se ha de construir un edificio diseñado en su forma y disposición para la ubicación de los equipos que se encargan del mando, control, comunicaciones y servicios auxiliares de la subestación.

Este edificio de dimensiones 4m x 20,3m x 10,3m (alto x largo x ancho), dispondrá de sala de mando y control, sala de comunicaciones y sala de servicios auxiliares. Albergará los equipos de comunicación, unidad central y monitores del sistema de control digital, equipos cargador-batería, cuadros de servicios auxiliares de c.c. y c.a., y centralitas de alarmas de los sistemas de seguridad y antiintrusismo.

Se dispondrán, además, las dependencias habituales para este tipo de edificios (vestuarios, archivo y un almacén-taller), según normas de ENDESA.

Para esta Subestación se han considerado cuatro zonas en el edificio de control:

- Oficina y Sala de Control, con una dimensión de 45,59 m^2
- Sala para Celdas y Transformador de Servicios Auxiliares, 45,59 m^2
- Aseo y Vestuario, dimensión de 11 m^2
- Almacén y Taller, cuya dimensión es de 82,5 m^2

También se construirá una zona techada para el almacenamiento de residuos.

2.1.8. Atarjeas o canales revisables

Este método de enterramiento de conductores aislados nos servirá para conectar la sala de mando y control, que se encuentra en el edificio de control, con el aparato eléctrico que nos proporciona dicha señal.

Se podrán utilizar canales de obra con tapas prefabricadas de hormigón o de cualquier otro material sintético de elevada resistencia mecánica (que normalmente enrasan con el nivel de suelo) manipulables a mano.

Es aconsejable separar los cables de distintas tensiones (aprovechando el fondo y las dos paredes). Incluso, puede ser preferible destinar canales distintos.

El canal debe permitir la renovación del aire.



Figura 2.- Tendido en atarjea

2.1.9. Valla de cerramiento

Se realizará un cerramiento de toda la subestación con valla metálica de acero galvanizado reforzado de dos metros de altura, rematado con alambrada de tres filas, con postes metálicos, embebidos sobre un murete corrido de hormigón de 0,5 m de altura. Esta valla tendrá dos puertas de acceso, una puerta peatonal de una hoja de 1 m de anchura, y otra para el acceso de vehículos de doble hoja y 6 m de anchura.

2.2. ESTRUCTURAS METÁLICAS DE LA SUBESTACIÓN

La Subestación en proyecto contiene una serie de estructuras metálicas que nos ayuda a distribuir el conductor, por donde circula la corriente eléctrica, a una altura adecuada para disponer de una seguridad apropiada para este tipo de construcciones. Estas estructuras son:

- Apoyos
- Pórtico
- Estructuras para apartamento
- Grapas de amarre
- Aisladores

Dada la ausencia de aparatos instalados en altura, la estructura solo debe soportar los esfuerzos propios de los cables, ello permite el uso de una estructura muy sencilla y aligerada, a la vez que de muy fácil de expansión cuando así se requiera.

2.2.1. Apoyos

Los apoyos son los elementos de las líneas aéreas que tienen como misión soportar el peso propio de los conductores, aisladores y herrajes, manteniéndolos a una altura suficiente del suelo, marcando el recorrido de la línea.

Las prescripciones oficiales establecen que para el diseño constructivo de los apoyos se habrá de tener en cuenta la accesibilidad a todas sus partes por el personal especializado, de forma que pueda realizarse eficientemente la inspección y conservación de todos los elementos estructurales que constituyen el apoyo. Debe evitarse también la existencia de cualquier tipo de cavidades sin drenaje en las que pueda acumularse el agua de lluvia.

Los apoyos utilizados en esta Subestación son metálicos, ya que son relativamente económicos, de construcción y montaje sencillos y de fácil transporte, presentando al mismo tiempo gran seguridad a toda clase de averías. Su único inconveniente, que es común a todas las estructuras metálicas expuestas al aire libre, es el gasto de conservación necesario para anular los efectos de la oxidación.

Como material de construcción de los apoyos, generalmente se emplea el acero de calidad normal, en los tubos, perfiles laminados en L, U, T, I y planchas. Para casos especiales se utiliza también el hierro fundido. Los tipos de aceros más empleados en las estructuras de los apoyos quedan recogidos en la siguiente tabla.

Tipo de Acero	Carga de Rotura	Límite Elástico
ST-37	4000 kg/cm^2	2400 kg/cm^2
ST-42	4200 kg/cm^2	2600 kg/cm^2
ST-52	5200 kg/cm^2	3600 kg/cm^2

Tabla 1.- Características de aceros

La extensión de las aplicaciones de los apoyos metálicos hace que los tipos sean muy variados y adopten muy diferentes formas; esto hace muy difícil su

clasificación. No obstante la mejor clasificación de los apoyos metálicos es la realizada en función de la forma del material empleado.

Concretamente, los apoyos utilizados en esta subestación, son apoyos de celosía de cuatro montantes que se emplean para redes de distribución a media tensión y para grandes líneas de transporte a alta tensión. Las celosías laterales se organizan preferentemente en forma de entramado triangular sencillo, si se desea mayor resistencia mecánica se disponen entramados romboidales y, en algunos casos, entramados en forma de K. La sección de estos apoyos puede ser rectangular o cuadrada, aunque se utiliza casi exclusivamente la sección cuadrada. La estructura del apoyo está constituida por perfiles laminados en L, cuya separación se mantiene fija por medio de riostras de sección rectangular o de sección en L. Los elementos que constituyen el apoyo (montantes y riostras) se unen entre sí por medio de tornillos o de remaches.

En cuanto a reglamentación, como elementos de unión se utilizan, sobre todo, los pernos, tornillos y remaches. En lo que se refiere a los materiales que deben emplearse para la construcción de apoyos metálicos no pueden utilizarse perfiles abiertos de espesor inferior a 4 mm. Cuando los perfiles fueran galvanizados por inmersión en caliente el límite anterior puede reducirse a 3 mm. En construcciones remachadas o atornilladas no podrán realizarse taladros sobre flancos de perfiles que tengan una anchura inferior a 35 mm.

No deben emplearse tornillos ni remaches de un diámetro inferior a 12 mm. Cuando los perfiles de la base del apoyo se prolonguen dentro del terreno sin recubrimiento de hormigón el espesor de los perfiles enterrados no será inferior a 6 mm y se cuidará especialmente su protección contra la oxidación, empleando agentes protectores adecuados, como galvanizado, soluciones bituminosas, etc. Cuando se utilicen tubos o perfiles cerrados debe hacerse de forma que resulten estancos.

Partes de un apoyo de celosía de perfiles laminados

De forma general, un apoyo de celosía de perfiles laminados se divide en las partes siguientes:

- *Cabeza:* El apoyo base variará en su formación dependiendo del diseño del mismo.
Existen dos posibilidades:
 1. Que esté formado por: la cabeza con su armado o cruceta correspondiente y el tramo común.
 2. Que esté formado por: la cabeza con su armado o cruceta correspondiente, el tramo común y el primer tramo base.
- *Cuerpo:* Es la parte del apoyo comprendida entre la cabeza y la sección a partir de la cual es factible ensamblar distintos tramos.
- *Tramo común:* Está compuesto por uno o dos tramos comprendidos entre la cabeza y el primer tramo base.
- *Tramos base:* Son los tramos comprendidos entre el tramo común y:
 1. La cimentación, cuando las características del terreno permiten apoyar sobre patas de igual longitud.
 2. Las zancas, cuando por las características del terreno, sea necesario imponer patas de desigual longitud.

- *Zancas*: Es el tramo inferior del apoyo que está en contacto con el terreno cuando sus patas son de longitud desigual.
- *Ancla*: Es el elemento empotrado en el hormigón de la cimentación destinado a proporcionar un punto de unión firme entre el apoyo y el terreno. Está compuesto por el anclaje propiamente dicho con su estribo y alargadera.

Los apoyos, o torres que se encuentran en este proyecto son de anclaje, apoyo con cadenas de aislamiento de amarre destinado a proporcionar un punto firme en la línea. Limitará, en ese punto, la propagación de esfuerzos longitudinales de carácter excepcional.

Destacaremos dos zonas de la Subestación donde encontramos apoyos a analizar, la zona de 132 kV y la de 45 kV.

Los apoyos elegidos son de la empresa IMEDEXSA, dedicada al diseño y fabricación de torres metálicas para tendidos eléctricos según las exigencias del nuevo Reglamento de Líneas de Alta Tensión (RD 223/2008).

ZONA 132 KV

Para la elección de los postes se necesita conocer los esfuerzos a los que está sometido, de los cuales tomaremos el caso más desfavorable de la tracción causada por los conductores (Cable parabólico con anclajes de diferente altura), además del efecto del viento sobre el apoyo. Los esfuerzos y demás cálculos necesarios se podrán consultar en el Anexo de Cálculos.

El modelo del apoyo es el **CO-27000-16-S3C**, es un apoyo de tipo CÓNDROR, que resiste hasta 27000 daN y de una altura de 16 metros. S3C hace referencia al tipo de cruceta que se selecciona y las medidas de la misma. Como se puede observar, y siguiendo las características de la Subestación, el apoyo corresponde a un simple circuito.

COTAS Y PESOS:

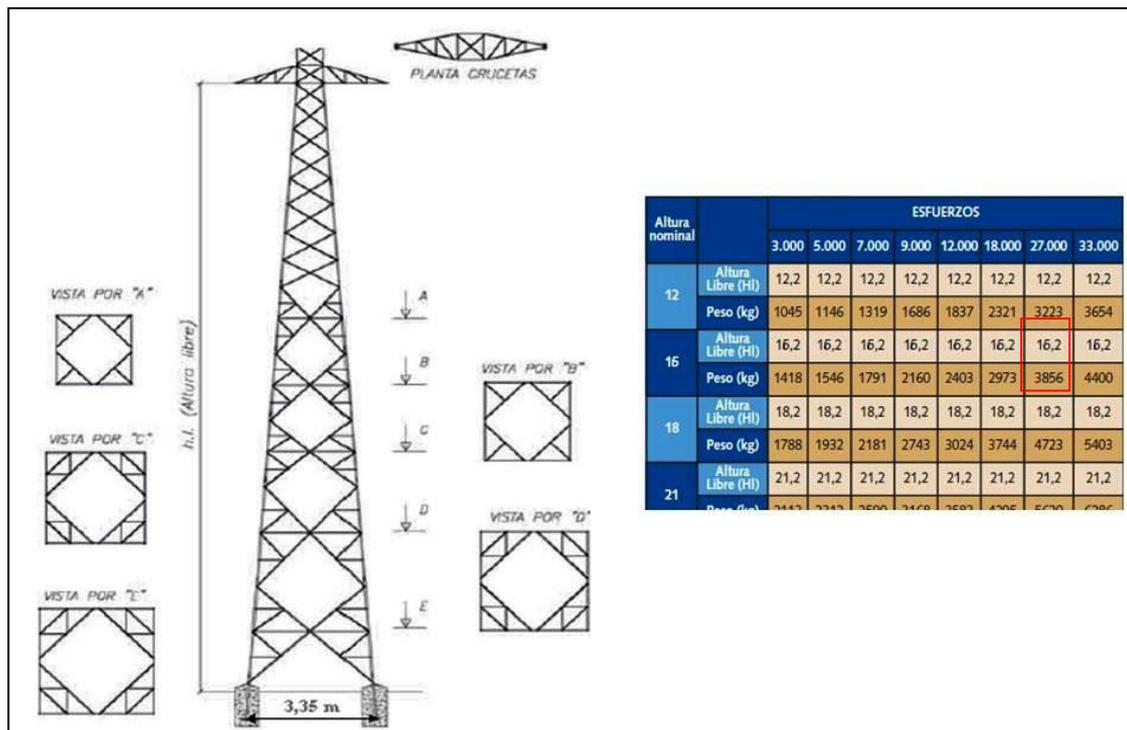


Figura 3.- Altura y peso cuerpo del apoyo Cónдор

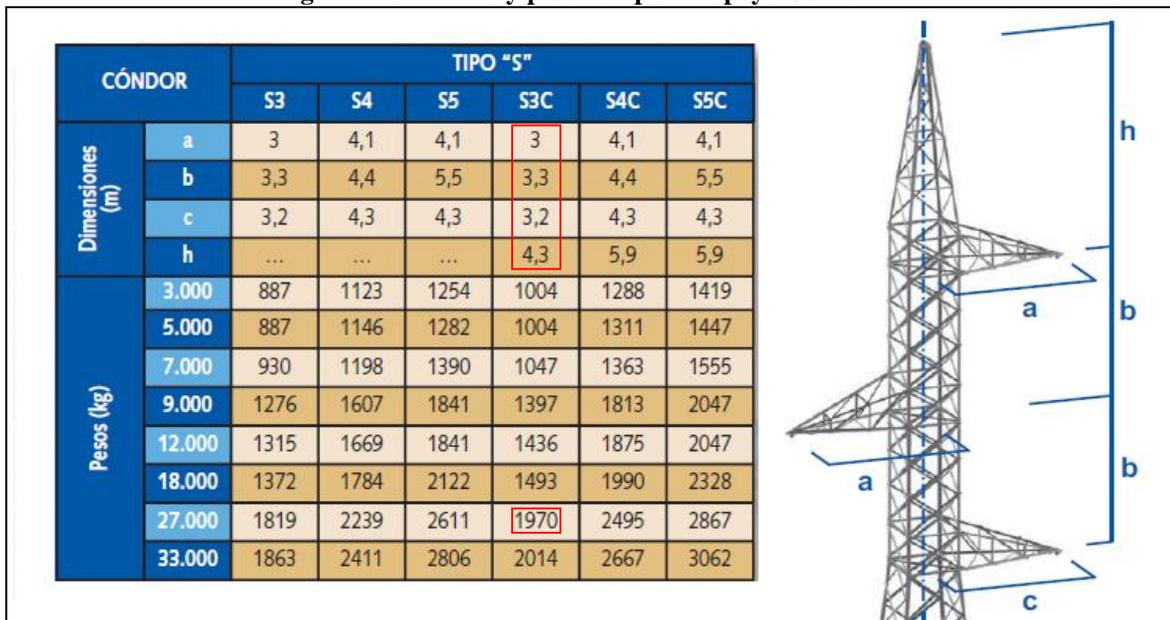


Figura 4.- Dimensiones y peso cruceta apoyo Cónдор

La cabeza es recta de 1,5 metros de ancho y la base del apoyo tiene una distancia entre sus patas de 3,35 metros.

Por los datos anteriormente descritos en las ilustraciones, se conoce el peso total del apoyo de 132 kV.

FRAGMENTOS	PESO (kg)
Cabeza modelo "S3C"	1970
Fuste	3856
TOTAL APOYO	5826

Tabla 2.- Peso total apoyo Cónдор

El peso total del apoyo no incluye el peso de los conductores, ni grapas, ni aisladores, se mencionarán más adelante.

CIMENTACIONES APOYO 132 kV:

En el caso que nos ocupa, la cimentación es del tipo fraccionada, cada montante del apoyo lleva un macizo escalonado de hormigón armado en el que se introduce un trozo de apoyo (el anclaje) que después se une al montante del apoyo por medio de cubrejuntas remachadas o atornilladas. El modelo elegido del catálogo de IMEDEXSA es la cimentación de sección cuadrada recta, cuyas características son las siguientes:

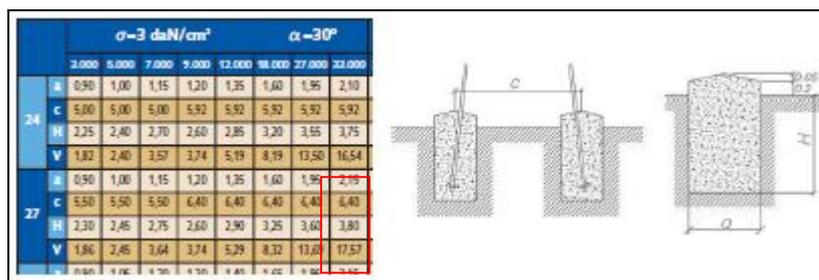


Figura 5.- Características cimentación apoyo 132 kV

ZONA 45 KV

Para la elección de los postes se necesita conocer los esfuerzos a los que está sometido, de los cuales tomaremos el caso más desfavorable de la tracción causada por los conductores (Cable parabólico con anclajes de diferente altura), además del efecto del viento sobre el apoyo. Los esfuerzos y demás cálculos necesarios se podrán consultar en el Anexo de Cálculos.

El modelo del apoyo es el Águila Real, **AGR-18000-12-SG1C**, es un apoyo que resiste hasta 18000 daN, de una altura de 16 metros y cuya cruceta es de tipo simple circuito, es decir, tresbolillo, como se puede presenciar en la imagen y representado en el modelo con SG1C.

COTAS Y PESOS:

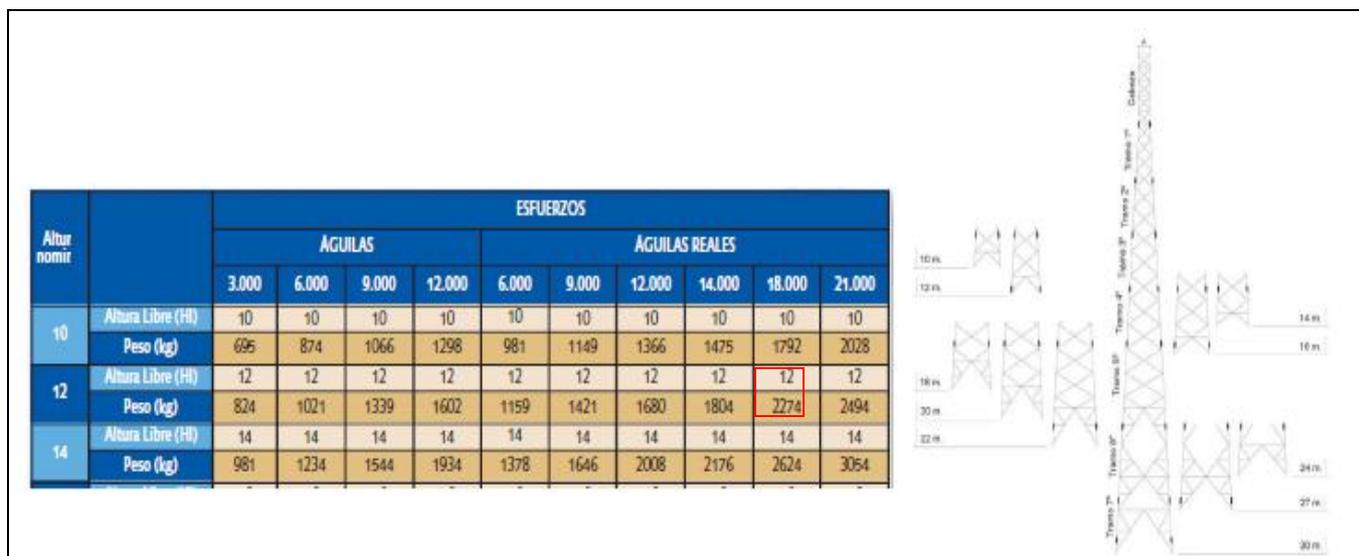


Figura 6.-Altura y peso cuerpo del apoyo Águila Real

ARMADOS		DENOMINACIÓN				
		SG1C	SG2C	SG3C	SG4C	
Dimensiones	a	2,4	2,8	2,4	2,8	
	b	2	2	3	3	
	c	2,5	2,9	2,5	2,9	
	h	3,7	4,3	3,7	4,3	
PESO (Kg)	ÁGUILAS	3.000	570	618	708	756
		6.000	591	639	723	771
		9.000	725	769	878	922
		12.000	783	827	920	964
	ÁGUILAS REALES	6.000	729	782	888	941
		9.000	800	868	980	1048
		12.000	823	891	988	1056
		14.000	879	947	1049	1117
		18.000	945	1015	1139	1209
		21.000	982	1052	1188	1258

Figura 7.-Dimensiones y peso cruzeta apoyo Águila Real

El ancho de la cabeza (A) es de 1 metro en los esfuerzos menores (3.000 y 6.000) y 1,2 metros en el resto y la distancia en la base es de 3,35 metros.

Por los datos anteriormente descritos en las ilustraciones, se conoce el peso total del apoyo de 45 kV.

FRAGMENTOS	PESO (kg)
Cabeza modelo "SG1C"	945
Fuste	2274
TOTAL APOYO	3219

Tabla 3.-Peso total apoyo Águila Real

El peso total del apoyo no incluye el peso de los conductores, ni grapas, ni aisladores, se mencionarán más adelante.

CIMENTACIONES APOYO 45 kV:

En el caso que nos ocupa, la cimentación es del tipo fraccionada, cada montante del apoyo lleva un macizo escalonado de hormigón armado en el que se introduce un trozo de apoyo (el anclaje) que después se une al montante del apoyo por medio de cubrejuntas remachadas o atornilladas.

El modelo elegido del catálogo de IMEDEXSA es la cimentación de sección cuadrada recta, cuyas características son las siguientes:

AG /AGR	$\sigma = 3 \text{ daN/cm}^2$						$\alpha = 30^\circ$	
	3.000	6.000	9.000	12.000	14.000	18.000	21.000	
10	a	0,90	0,95	1,10	1,25	1,35	1,55	1,65
	H	1,95	2,50	2,70	2,95	3,05	3,25	3,35
	V	1,58	2,26	3,27	4,61	5,56	7,81	9,12
12	a	0,90	1,00	1,15	1,30	1,40	1,60	1,70
	H	2,00	2,50	2,75	2,95	3,05	3,30	3,40
	V	1,62	2,50	3,64	4,99	5,98	8,45	9,83

Figura 8.-Características cimentación apoyo 45 kV

La distancia entre hoyos, "c" es de 3,3 metros.

2.2.2. Pórticos

La Subestación a estudio alberga dos zonas con barras, dichas barras deberán estar sujetas por una estructura metálica a la que se denomina pórtico.

Zona de 132 kV

La estructura de este pórtico estará formada por vigas y columnas de base rectangular. Además, es de tipo celosía con conexiones, entre elementos empernadas.

El pórtico de barras estará formado por columnas de 14 metros de cuerpo y 8 metros de cúpula, y una viga de 10 metros entre ejes de columna con espaciamentos de 2 metros, 3 metros, 3 metros y 2 metros para la ubicación de las barras. Entre pórtico y pórtico se ha considerado una distancia de 20 metros de longitud.

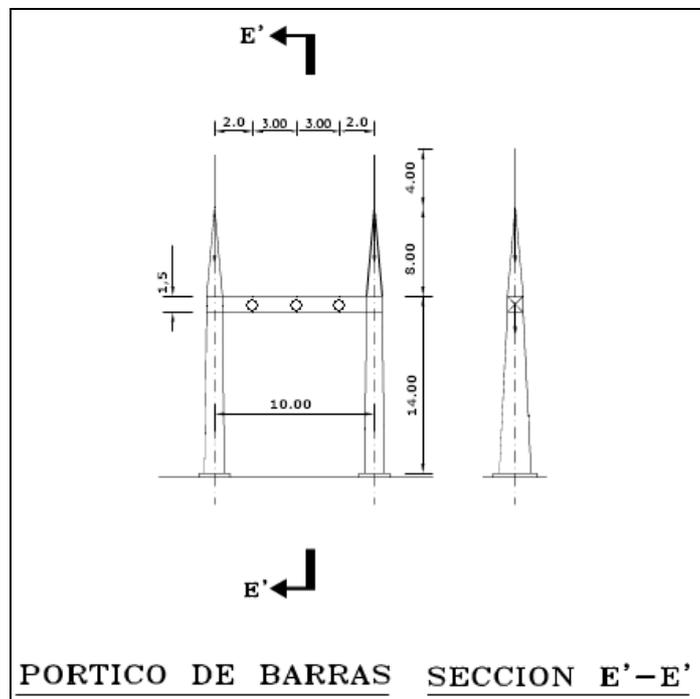


Figura 9.- Característica pórtico 132 kV

Esta estructura se ha elegido del catálogo de IMEDEXSA, modelo estándar y está pensado para el cumplimiento de distancias mínimas de seguridad, resistencia a la carga a la que está sometida y según valores mínimos de la norma 050007 de ENDESA.

Zona de 45 kV

La estructura de este pórtico estará formada por vigas y columnas de base rectangular. Además, es de tipo celosía con conexiones, entre elementos emperradas.

El pórtico de barras estará formado por columnas de 10 metros de cuerpo y 6 metros de cúpula, y una viga de 8 metros entre ejes de columna con espaciamentos de 1.5 metros, 2.5 metros, 2.5 metros y 1.5 metros para la ubicación de las barras. Entre pórtico y pórtico se ha considerado una distancia de 17 metros de longitud.

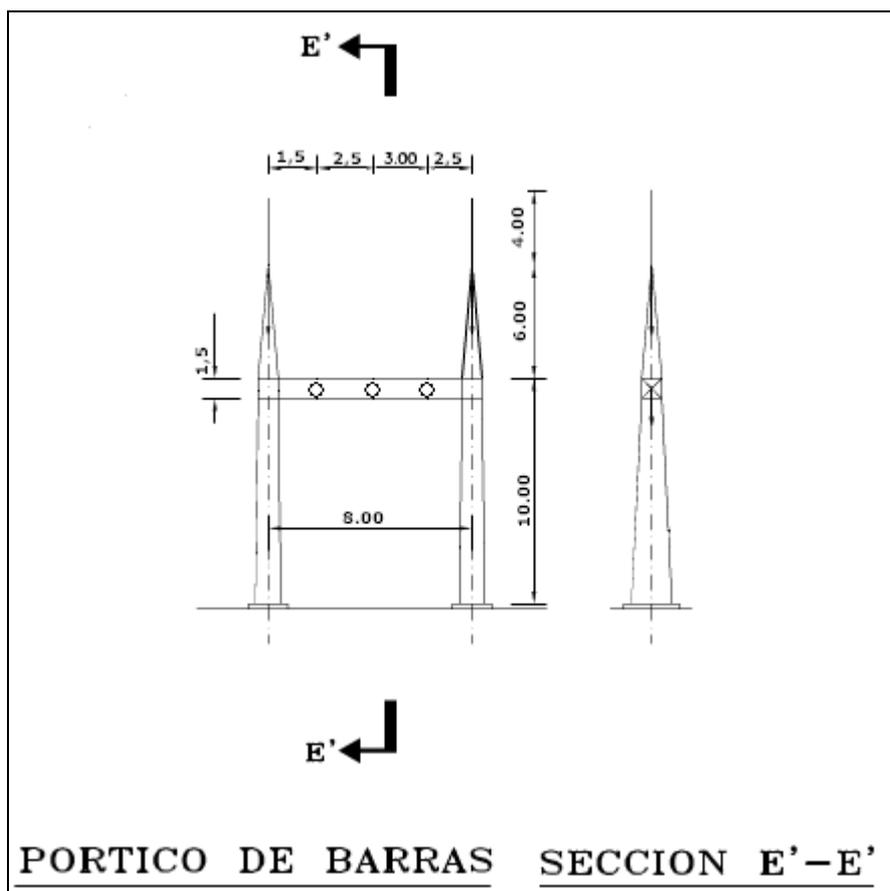


Figura 10.- Características pórtico 45 kV

Esta estructura se ha elegido del catálogo de IMEDEXSA, modelo estándar y está pensado para el cumplimiento de distancias mínimas de seguridad, resistencia a la carga a la que está sometida y según valores mínimos de la norma 050007 de ENDESA.

2.2.3. Estructuras para aparamenta

Según el reglamento RCE-ITC MIE-RAT 14, los elementos en tensión no protegidos, que se encuentren sobre los pasillos, deberán estar a una altura mínima H sobre el suelo, medida en centímetros, igual a:

$$H = 230 + d$$

Siendo “ d ” la distancia expresada en centímetros de las tablas 4 y 6 del MIE-RAT 12, dadas en función de la tensión nominal a impulso tipo rayo adoptada en la instalación.

- En las autoválvulas hay que colocar un mínimo de 1 metro de soporte, por lo que si la autoválvula mide casi dos metros, más el metro de soporte, supera la altura mínima que se necesita para las tensiones.
- Con los transformadores de tensión e intensidad ocurre lo mismo que con las autoválvulas y con colocar un soporte de un metro bastaría.

La distancia mínima entre los elementos en tensión no protegidos en los pasillos en la zona de 132 kV, como se halla en anexo de cálculos, es de 0,36 metros y para la zona de 45 kV es de 0,3 metros. Para todos aquellos elementos que no cumplan con la mínima distancia exigida, se deberá colocar sobre un soporte de perfiles metálicos normalizados.

2.2.4. Grapas de amarre

El objetivo de utilizar este tipo de material es fijar los conductores a los aisladores, además de, establecer conexión con el vano anterior. Estas grapas deben soportar una tensión mecánica del cable del 90 por 100 de la carga de rotura del mismo, sin que se produzca deslizamiento (RAT, Capítulo 3, Artículo 10).

Se conoce que el conductor utilizado en la Subestación es el 402-AL1/52-ST1A (antiguo Cóndor), cuya resistencia a la tracción mecánica es de 123,75 kN.

Por tanto, la grapa a colocar deberá soportar, al menos, el 90% de 123,75 kN, que será un total de 111,375 kN.

La grapa de amarre elegida es de la empresa ARRUTI y el modelo seleccionado de grapa es el GA-4T. Este modelo soporta una carga de rotura de 13000 daN, que corresponde a 130 kN, superior a lo que se tenía calculado. Además, otra característica a tener en cuenta para la elección de la grapa es el diámetro del conductor. Esta grapa está diseñada para un diámetro entre 20 mm y 31 mm y el conductor que tenemos a estudio tiene un diámetro de 27,2 mm, por lo que cumple con las especificaciones de la grapa.

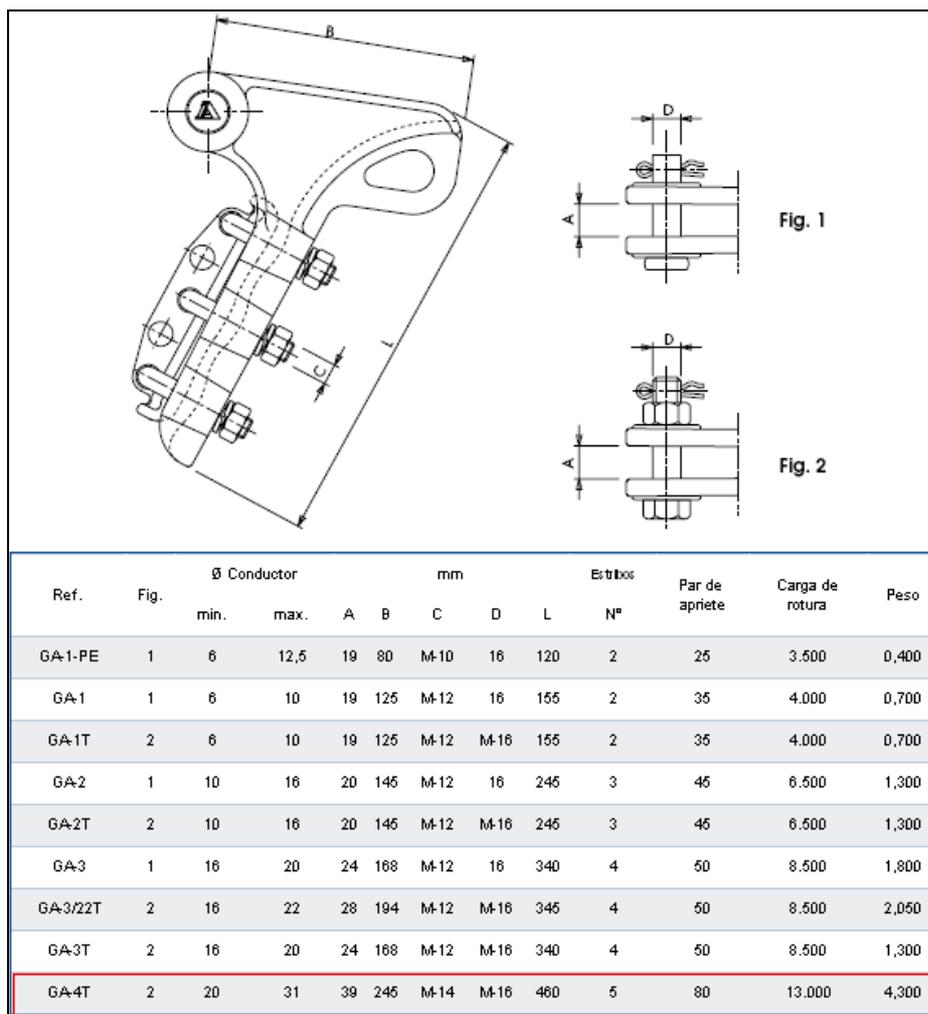


Figura 11.- Selección grapas amarre

2.2.5. Aisladores

La misión fundamental del aislador es evitar el paso de la corriente del conductor al apoyo. Este paso de corriente puede producirse por cualquiera de las causas que se citan a continuación:

- a) Por *conductividad de masa* a través de la masa del aislador, como corriente de fuga. Con los materiales actualmente empleados en la fabricación de aisladores ya no se tiene en cuenta.
- b) Por *conductividad superficial*, contorneando la parte exterior del aislador por aumento de su conductividad debido a la formación de una capa de humedad, de polvo o de sales depositadas sobre la superficie del aislador. En zonas muy contaminadas o en el borde del mar será preciso reforzar el aislamiento.
- c) Por *perforación de la masa del aislador*, que depende del espesor del mismo, aunque no varía linealmente con el mismo dependiendo igualmente de la calidad y contextura molecular del aislante (cualquier fisura microscópica pueda originar la perforación). Es del mayor interés descubrir dichos defectos mediante ultrasonidos, rayos X, luz polarizada,... Obviamente en altas tensiones el peligro es mucho mayor porque es muy difícil fabricarlos de forma que conserven sus propiedades dieléctricas en toda su masa, y por esta razón se fabrican muchas veces en varias piezas superpuestas de reducido espesor, unidas entre sí por una pasta especial.

d) Por *descarga disruptiva a través del aire*, formándose un arco entre el conductor y el soporte a través del aire. Depende de las condiciones a que se encuentre sometida la atmósfera: presión, temperatura, grado de humedad, niebla, contaminación,... Estas descargas pueden evitarse con un diseño adecuado de los aisladores que han de trabajar a la intemperie sometidos a la acción de la lluvia. El perfil de estos aisladores se realiza con una o varias ondulaciones en forma de campana, con lo que aumenta la tensión necesaria para que se forme el arco.

El aislador escogido es de vidrio, de caperuza-vástago, de elevada resistencia mecánica y con buena estabilidad para los cambios de temperatura. Los aisladores elegidos son de la empresa LA GRANJA, y debemos diferenciar entre dos zonas, la de 132 kV y la de 45 kV. Se debe tener en cuenta que los cálculos se encuentran en el anexo de cálculos.

ZONA DE 132 KV

La cadena de aisladores estará constituida por 9 elementos (se le añaden dos más a los calculados por lo comentado en la contaminación). El modelo del aislador es el U160BLP, del catálogo Aisladores La Granja, y sus características son las siguientes:

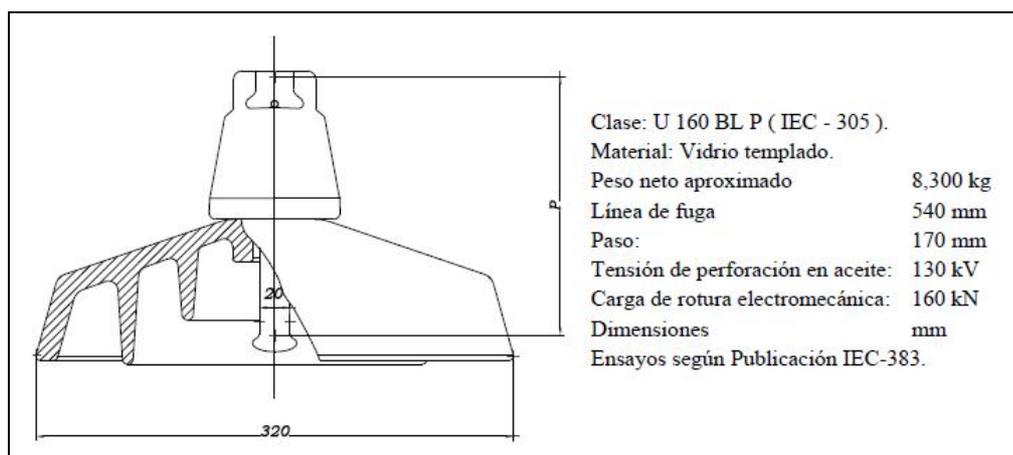


Figura 12.- Características aislador 132 kV

Esta cadena de aisladores se deberá conectar por su parte inferior, a través de una rótula, a la grapa de amarre. Esta rótula, debido a las características de la línea eléctrica, se escoge de la empresa ARRUTI, modelo R-16 que soporta la carga causada por el conductor, las características son las siguientes:

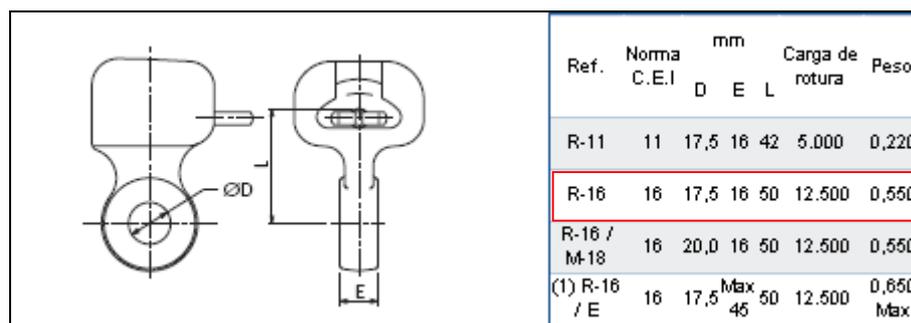


Figura 13.- Dimensiones rótula

Por la parte superior del aislador, se conectará con el apoyo con una horquilla-bola, que deberá soportar la carga a la que estará sometida a causa del conductor. Se escoge la horquilla de la empresa ARRUTI, modelo AB-16 que soporta 12500 daN, suficiente para la carga a la que estará sometida. Las características son las siguientes:

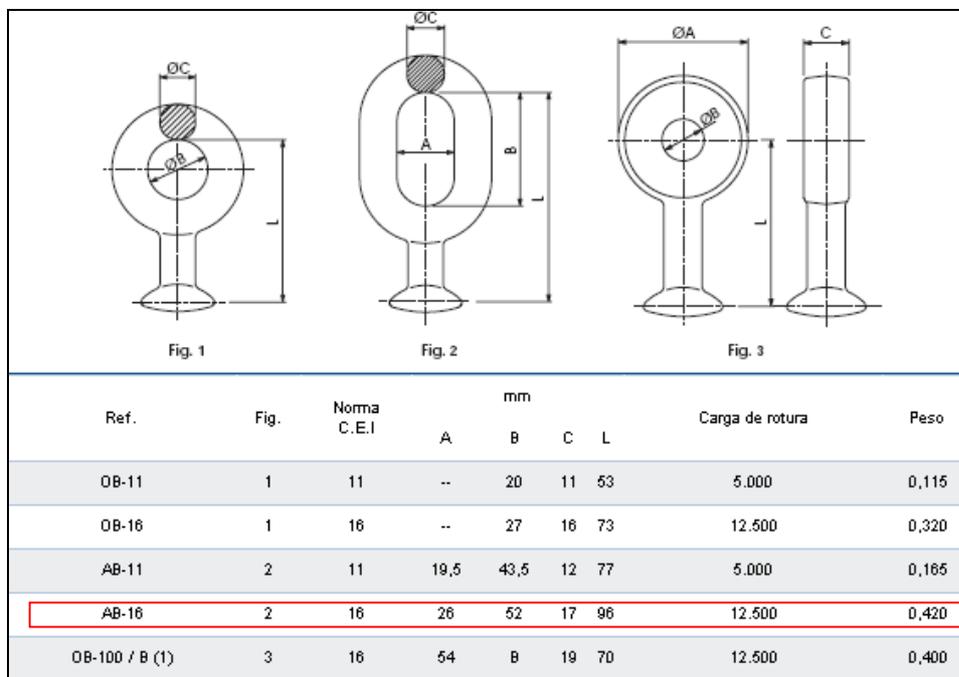


Figura 14.- Selección horquilla-bola

ZONA DE 45 KV

La cadena de aisladores estará constituida por 5 elementos (se le añaden dos más a los calculados por lo comentado en la contaminación). El modelo del aislador es el U160BLP, del catálogo Aisladores La Granja, y sus características son las siguientes:

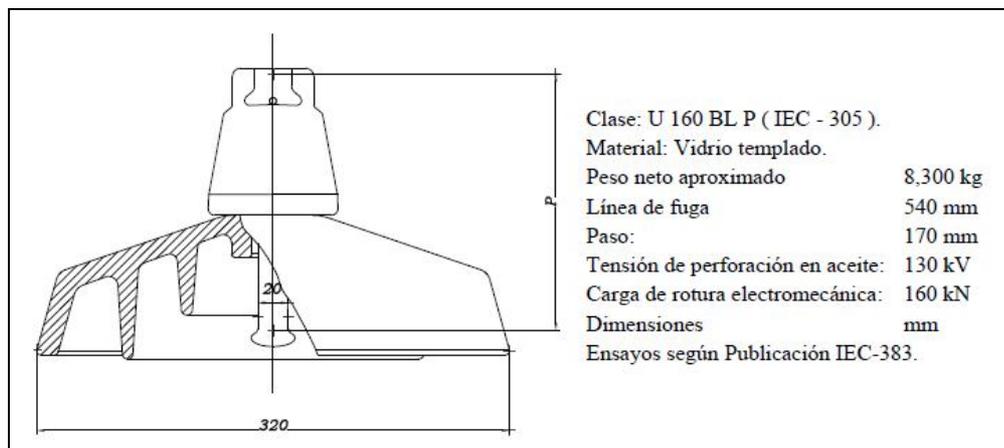
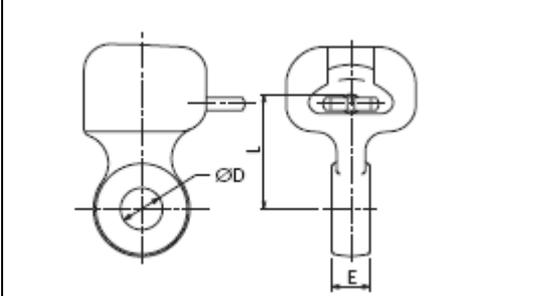


Figura 15.- Características aislador 45 kV

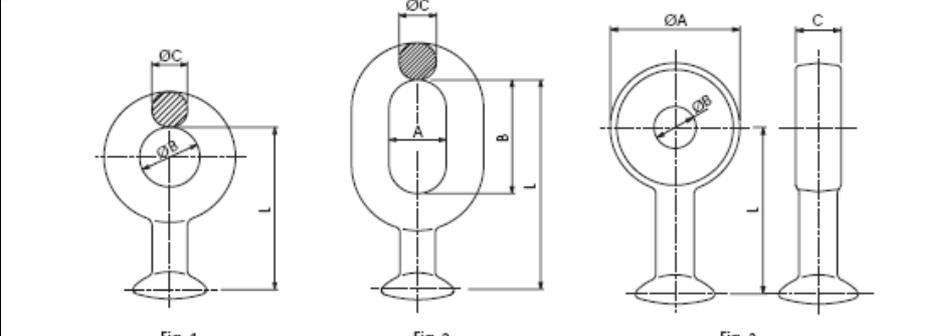
Esta cadena de aisladores se deberá conectar por su parte inferior, a través de una rótula, a la grapa de amarre. Esta rótula, debido a las características de la línea eléctrica, se escoge de la empresa ARRUTI, modelo R-16 que soporta la carga causada por el conductor, las características son las siguientes:



Ref.	Norma C.E.I	mm			Carga de rotura	Peso
		D	E	L		
R-11	11	17,5	16	42	5.000	0,220
R-16	16	17,5	16	50	12.500	0,550
R-16 / M-18	16	20,0	16	50	12.500	0,550
(1) R-16 / E	16	17,5	Max 45	50	12.500	0,650 Max

Figura 16.- Dimensiones rótula

Por la parte superior del aislador, se conectará con el apoyo con una horquilla-bola, que deberá soportar la carga a la que estará sometida a causa del conductor. Se escoge la horquilla de la empresa ARRUTI, modelo AB-16 que soporta 12500 daN, suficiente para la carga a la que estará sometida. Las características son las siguientes:



Ref.	Fig.	Norma C.E.I	mm				Carga de rotura	Peso
			A	B	C	L		
OB-11	1	11	--	20	11	53	5.000	0,115
OB-16	1	16	--	27	16	73	12.500	0,320
AB-11	2	11	19,5	43,5	12	77	5.000	0,165
AB-16	2	16	26	52	17	96	12.500	0,420
OB-100 / B (1)	3	16	54	B	19	70	12.500	0,400

Figura 17.- Selección horquilla-bola

2.3. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La red de la cual se alimenta la Subestación Eléctrica es de tipo aéreo, con una tensión de 132 kV y una frecuencia de 50 Hz. La potencia de cortocircuito en el punto de acometida, según los datos suministrados por la compañía eléctrica, es de 7201 MVA, lo que equivale a una corriente de cortocircuito de 31,5 kA eficaces.

2.3.1. APARAMENTA EN LA SUBESTACIÓN

En este apartado diferenciaremos dos zonas, la parte de la subestación que está colocada en el EXTERIOR y la parte de la subestación que está colocada en INTERIOR (15 kV).

La aparamenta eléctrica a utilizar en el EXTERIOR estará formada por:

- Conductores
- Embarrados
- Autoválvulas
- Seccionadores
- Disyuntores
- Transformadores de potencia
- Transformadores de medida y protección
- Batería de condensadores

La aparamenta eléctrica a utilizar en el INTERIOR estará formada por:

- Conductor aislado
- Botellas terminales
- Celdas
- Aparamenta de medida y protección
- Batería de corriente continua
- Transformador de servicios auxiliares
- Servicios Auxiliares

2.3.1.1. INSTALACIÓN EXTERIOR

➤ **CONDUCTORES**

En intemperie se ha utilizado conductores desnudos, a continuación se señalan en una tabla los conductores utilizados en esta subestación. La obtención de estos conductores se puede observar en el anexo de cálculos.

Entrada al embarrado de 132 kV	3x402-AL1/52-ST1A
Embarrado de 132 kV	3x402-AL1/52-ST1A
Entrada al transformador de 75 MVA(132kV)	3x402-AL1/52-ST1A
Salida del transformador de 75 MVA(45 kV)	2x3x402-AL1/52-ST1A
Embarrado de 45 kV	3x3x402-AL1/52-ST1A
Línea suministro a "Aldeas"	3x402-AL1/52-ST1A
Línea suministro "San Pancraccio"	3x402-AL1/52-ST1A
Entrada al transformador de 20 MVA(45kV)	3x402-AL1/52-ST1A

Tabla 4.- Resumen conductores desnudos

A pesar de los cálculos, se considerará la elección de un mismo conductor para cada uno de los tramos antes descritos. Se toma esta decisión por diferentes motivos:

- económicamente, resultará mas barato comprar un rollo de un mismo conductor que no trozos de diferentes secciones
- se reduciría la resistencia de contacto en derivaciones
- para los montadores tiene menos dificultad colocar la misma sección para todas las partes de la subestación

Además, todos los conductores desnudos van a ser de una misma sección, LA 455 CONDOR, el nuevo código sería 402-AL1/52-ST1A. Se elige este conductor, a pesar de que se podría colocar otro inferior como el GULL, debido a que la Normativa de ENDESA exige como mínimo este conductor para que cumpla las características mecánicas del mismo para una tensión de 132 kV.

Este conductor de aluminio-acero, se elige de la empresa TYCSA, y sus características son las siguientes:

Código	Código antiguo	Sección			N° de alambres		Diámetro del alambre		Diámetro		Masa por unidad de longitud Kg/Km	Corriente máxima admisible A	Resistencia a la tracción asignada kN
		Al	Acero	Total			Al	Acero	Alma	Conductor			
		mm ²	mm ²	mm ²	Al	Acero	mm	mm	mm	mm			
402-AL1/52-ST1A	LA 455 CONDOR	402,3	52,2	454,5	54	7	3,08	3,08	9,24	27,72	1520,5	799,69	123,75

Tabla 5.- Características conductor desnudo seleccionado

- A igualdad de resistencia eléctrica, el cable de aluminio-acero sigue siendo de mayor tamaño que el de cobre debido a que es peor conductor.
- Aún con su mayor tamaño, el cable de aluminio-acero será, a igualdad de resistencia eléctrica, un tercio menos pesado que el de cobre. Lo que representa una gran ventaja, tanto para el transporte de energía como para su colocación.
- También a igualdad de resistencia, el cable de aluminio-acero sigue siendo más económico que el cable de cobre.
- Menor efecto corona al disponer de más diámetro el cable de aluminio-acero.
- Todo el poder de tracción corresponderá al alma de acero, sirviendo el aluminio exclusivamente como conductor de energía.

➤ **EMBARRADOS**

Embarrado 132 kV

En la zona de 132 kV se emplea un sistema de doble barra siendo una de ellas de transferencia, ya que se requiere que se mantenga la continuidad del servicio. Este sistema permite que se alimente por una barra y se tenga otra de reserva para los casos de reparación o mantenimiento de la barra principal. El sistema de doble barra permite también dividir la corriente cuando se tienen varios generadores o líneas de alimentación operando en paralelo, ya que unos pueden operar sobre la barra principal y otros sobre la de transferencia.

Embarrado 45 kV

En la zona de 45 kV se emplea un sistema de doble barra siendo las dos barras principales y cada circuito posee dos seccionadores selectores de barra. Un disyuntor de enlace de barras conecta las dos barras y cuando está cerrado permite transferir una línea alimentadora de una barra a la otra sin dejar tensión al circuito alimentador mediante el accionamiento de los seccionadores selectores de barra.

Embarrado 15 kV

Es la zona donde comienza la electrificación interior y se compone de un sistema de simple barra formado por las celdas de MT.

➤ **AUTOVÁLVULAS**

Los pararrayos que se utilizarán son los óxidos metálicos que son más modernos que los de carburo de silicio y, además, carecen de explosores. En este caso elegiremos los pararrayos de la empresa INAEL, concretamente de clase estación de óxido metálico tipo “ZS”.

Los “ZS” han sido diseñados para su utilización en grandes subestaciones o en áreas donde la protección es lo primordial y se requiera una gran capacidad, tanto para soportar altos valores energéticos, como para evacuar las altas presiones que puedan producirse.

En la norma UNE-EN 60099-4, la capacidad de absorción de energía en un pararrayos, está directamente relacionada con su corriente nominal de descarga, y se selecciona exclusivamente en función del valor de la corriente prevista que va a circular por el pararrayos.

Según CEI 99-5 (Recomendación para la selección y utilización de pararrayos), los pararrayos de 10 kA de capacidad nominal de descarga serán los de utilización preferente en las redes de hasta 245 kV de tensión máxima, aunque en algunos casos podrían utilizarse pararrayos de 5 kA. En las redes cuya tensión está comprendida entre 245 kV y 420 kV, la citada norma indica que los pararrayos de 10 kA de corriente nominal de descarga son, normalmente, suficientes para la protección de las mismas.

▪ **Zona de 132 kV**

Para esta zona, como se demostrará en anexo de cálculos, elegiremos el pararrayos tipo INAEL, clase de estación de óxido metálico tipo “ZS” de tensión asignada 108 kV.

Este tipo de pararrayos tiene la característica de que la tapa superior es metálica por estar la tensión comprendida entre 3 y 240 kV.

La referencia de este pararrayos es 8110D0021J108, cuyas dimensiones son:

Altura Total (H)	Distancia En el aire	Peso neto	Separaciones mínimas	
			A*	R**
mm	Mm	kg	Mm	mm
3094	123	1392	1092	868

*A = distancia mínima entre ejes del pararrayos

**R = distancia mínima a cualquier pared

Tabla 6.- Características autoválvula 132 kV INAEL

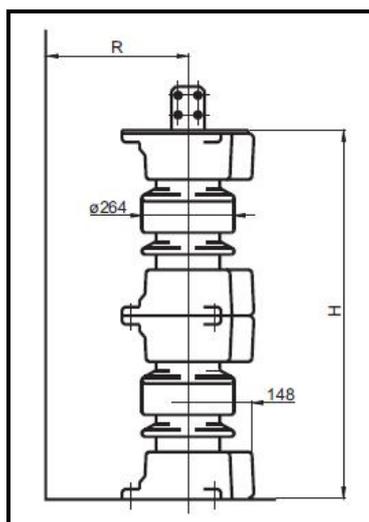


Figura 18.- Dimensiones autoválvulas 132 kV

Para 132 kV colocaremos 12 autoválvulas de este modelo: tres para cada línea de suministro de entrada (una por cada fase) y tres unidades para la entrada de cada transformador de 75 MVA (uno por cada fase)

▪ **Zona de 45 kV**

Para esta zona, como se demuestra en anexo de cálculos, elegiremos el pararrayos de la empresa INAEL, clase de estación de óxido metálico tipo “ZS” de tensión asignada de 36 kV.

Este tipo de pararrayos tiene la característica de que la tapa superior es metálica por estar la tensión comprendida entre 3 y 240 kV.

La referencia de este pararrayos es 8110D0001J036 cuyas dimensiones son:

Altura Total (H)	Distancia En el aire	Peso neto	Separaciones mínimas	
			A*	R**
mm	mm	Kg	mm	Mm
1036	49,4	694	508	356

*A = distancia mínima entre ejes del pararrayos

**R = distancia mínima a cualquier pared

Tabla 7.- Características autoválvula 45 kV INAEL

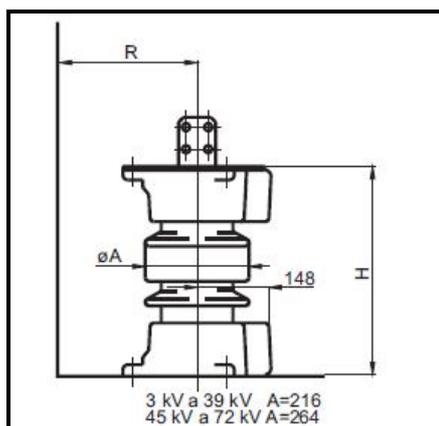


Figura 19.- Dimensiones autoválvulas 45 kV

Para la zona de 45 kV colocaremos en total, 24 autoválvulas de este modelo:

- Seis autoválvulas para la salida de cada uno de los transformadores de 75 MVA (una por cada fase), entre los dos transformadores tendríamos 12 unidades.
- Tres autoválvulas (una por fase) para la salida de la subestación “Aldeas”.
- Tres autoválvulas (una por fase) para la salida “Polígono Industrial San Pancracio”.
- Tres autoválvulas (una por fase) para la entrada a cada uno de los transformadores de 20 MVA, entre los dos transformadores tendríamos 6 unidades.

▪ **Zona de 15 kV**

Para esta zona, según cálculos, elegiremos el pararrayos de la empresa INAEL, clase de estación de óxido metálico tipo “ZS” de tensión asignada de 15 kV. Este tipo de pararrayos tiene la característica de que la tapa superior puede ser de porcelana o metálica, se elige de tipo metálica al igual que los anteriores comentados.

La referencia de este pararrayos es 8110D0001J015 cuyas dimensiones son:

Altura Total (H)	Distancia En el aire	Peso neto	Separaciones mínimas	
			A*	R**
mm	mm	Kg	mm	Mm
460	34,9	450	356	203

*A = distancia mínima entre ejes del pararrayos

**R = distancia mínima a cualquier pared

Tabla 8.- Características autoválvula 15 kV INAEL

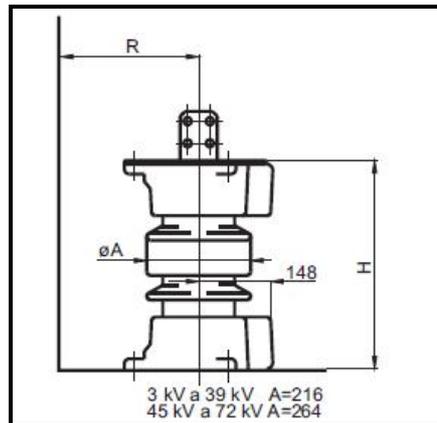


Figura 20.- Dimensiones autoválvulas 15 kV

Para 15 kV colocaremos un total de seis autoválvulas (una por cada fase) para cada una de las salidas de los transformadores de 20 MVA.

➤ **SECCIONADORES:**

SECCIONADOR PANTÓGRAFO: Se suelen utilizar para la conexión entre líneas y embarrados que se hallan a distinta altura y cruzados entre sí.

- Tensiones de servicio entre 132 kV y 400 kV
- Corrientes nominales entre 800 A y 2000 A
- Estos seccionadores tienen la capacidad de cortocircuito de 80 kA, 1 segundo. Para todos los puntos donde se utilizará este tipo de seccionador soportará la corriente de cortocircuito más desfavorable para esos puntos, calculada en el anexo de cálculos.

Para este proyecto se ha utilizado el seccionador pantógrafo de la marca MESA, concretamente el modelo SP. Las características de este seccionador son las siguientes:

- Partes conductoras y caja en aleación de aluminio
- Contactos de gran longitud que aseguran un efecto de tenaza real en los contracontactos, pudiendo ser de configuración simple (SP) o doble (SPD), en función de: la tensión, intensidad y el nivel de cortocircuito nominales. Los contactos aumentan su presión con las fuerzas electrodinámicas.
- Sistema de multicontactos en las articulaciones que aseguran un perfecto paso de la corriente.

Este seccionador se utilizará en la entrada al embarrado de 132 kV, en el acoplamiento y en la entrada al transformador de 75 MVA.

▪ **Entrada al embarrado de 132 kV y acoplamiento**

Habrá un total de dieciocho (uno por cada fase) seccionadores pantógrafos, cuya máxima corriente que deberá soportar en este punto es de 799,69 A que es lo que soporta el cable.

Por tanto, se elegir  el seccionador pantógrafo MESA SP-145/2000 cuya corriente máxima que soporta son 2000 A.

Dimensiones:

Tensión nominal (kV)	A	B	E	F(aprox)	K(aprox)	L(mín)	R(aprox)
145	3590	1500	300	2400	1670	1350	670

Tabla 9.- Dimensiones seccionador 132 kV

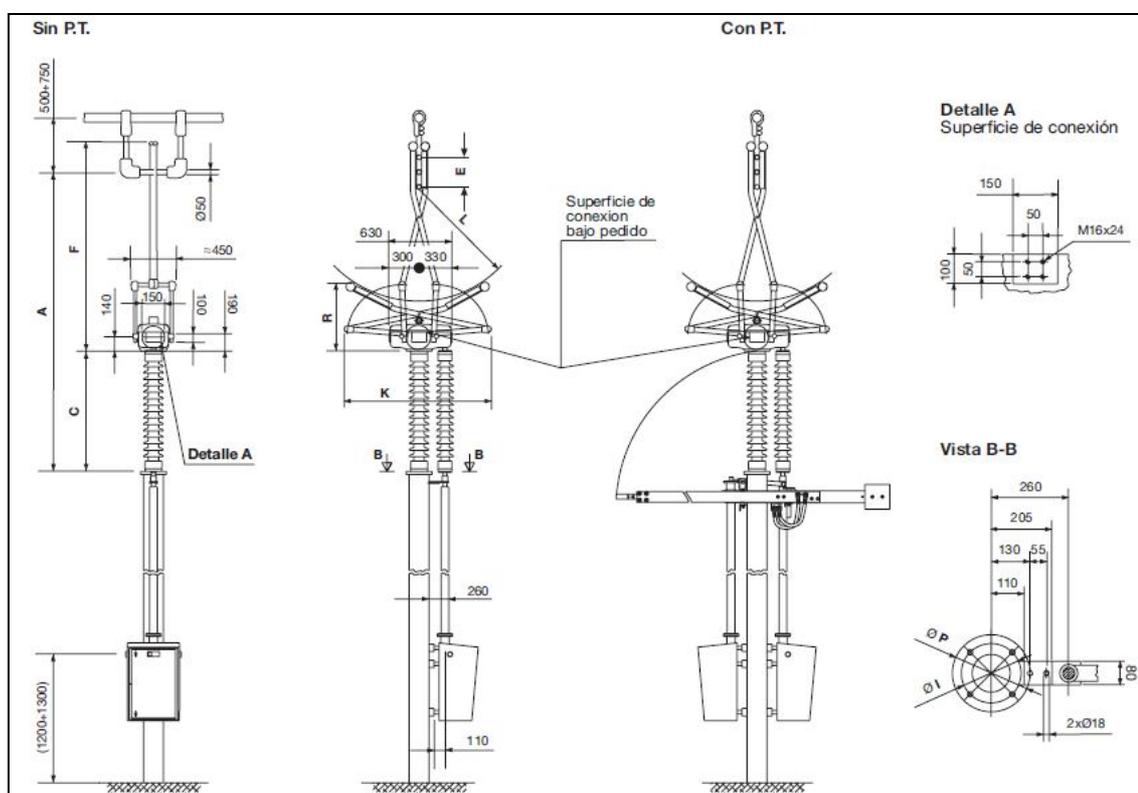


Figura 21.- Dimensiones seccionador MESA SP-145/2000

▪ **Salida del embarrado de 132 kV (entrada al trafo de 75 MVA)**

Tendremos en total de veinticuatro (uno por cada fase) seccionadores y deberán soportar una corriente máxima de 799,69 A que es lo que soporta el conductor.

Por tanto, elegiremos el seccionador pantógrafo MESA SP-145/2000, cuya corriente máxima admisible son 2000 A, se trata del mismo seccionador que en el punto anterior, por lo que las dimensiones serán las mismas.

SECCIONADOR DE TRES COLUMNAS, DE DOBLE APERTURA LATERAL: este seccionador se caracteriza por tener tres columnas, con la central giratoria, siendo las bornas de conexión cilíndrica o rectangular respectivamente, y la apertura doble lateral.

Para este proyecto se han elegido los seccionadores de la marca MESA cuyas características son las siguientes:

- Los seccionadores se suministran con cuchillas de puesta a tierra para impedir cualquier falsa maniobra, por medio de un enclavamiento apropiado.
- Las cuchillas, de fabricación normal, tienen la capacidad de cortocircuito de 31,5 kA, 1 segundo. Para todos los puntos donde se utilizará este tipo de seccionador soportará la corriente de cortocircuito más desfavorable para esos puntos, calculada en el anexo de cálculos.
- Las bases y el resto de las piezas férricas, tornillos, bulones, etc., son de acero inoxidable o galvanizados por inmersión en caliente según ISO 1461.
- El accionamiento de esta clase de seccionadores se realiza por motor eléctrico, MESA suministra los accionamientos necesarios para los seccionadores.

Este seccionador se utilizará para la salida del transformador de 75 MVA, acoplamiento barras de 45 kV y toda la zona que se encuentra a la tensión nominal de 45 kV (Subestación Aldeas, Polígono Industrial San Pancraccio y entrada al transformador de 20 MVA).

▪ **Salida del trafo de 75MVA (entrada al embarrado de 45 kV)**

Tendremos cuatro seccionadores y cada uno tendrá que soportar una corriente de 1599,38 A, ya que en este punto los conductores que tenemos son 2x3x402-AL1/52-ST1A (antiguo 2x3xLA-455 CONDOR), cuya corriente máxima admisible de un conductor es 799,69 A.

Por tanto, se ha elegido el seccionador de tres columnas de doble apertura lateral, modelo SG3C-52/1600, cuya corriente máxima admisible son 1600 A.

Sus dimensiones son las siguientes:

Referencia	Peso	A	B	C	D	E	F	H	I	K	L	M	R	S
SG3C-52/1600	328	140	60	90	160	1000	500	985	340	680	1390	105	1200	468

Tabla 10.- Dimensiones seccionador 45 kV

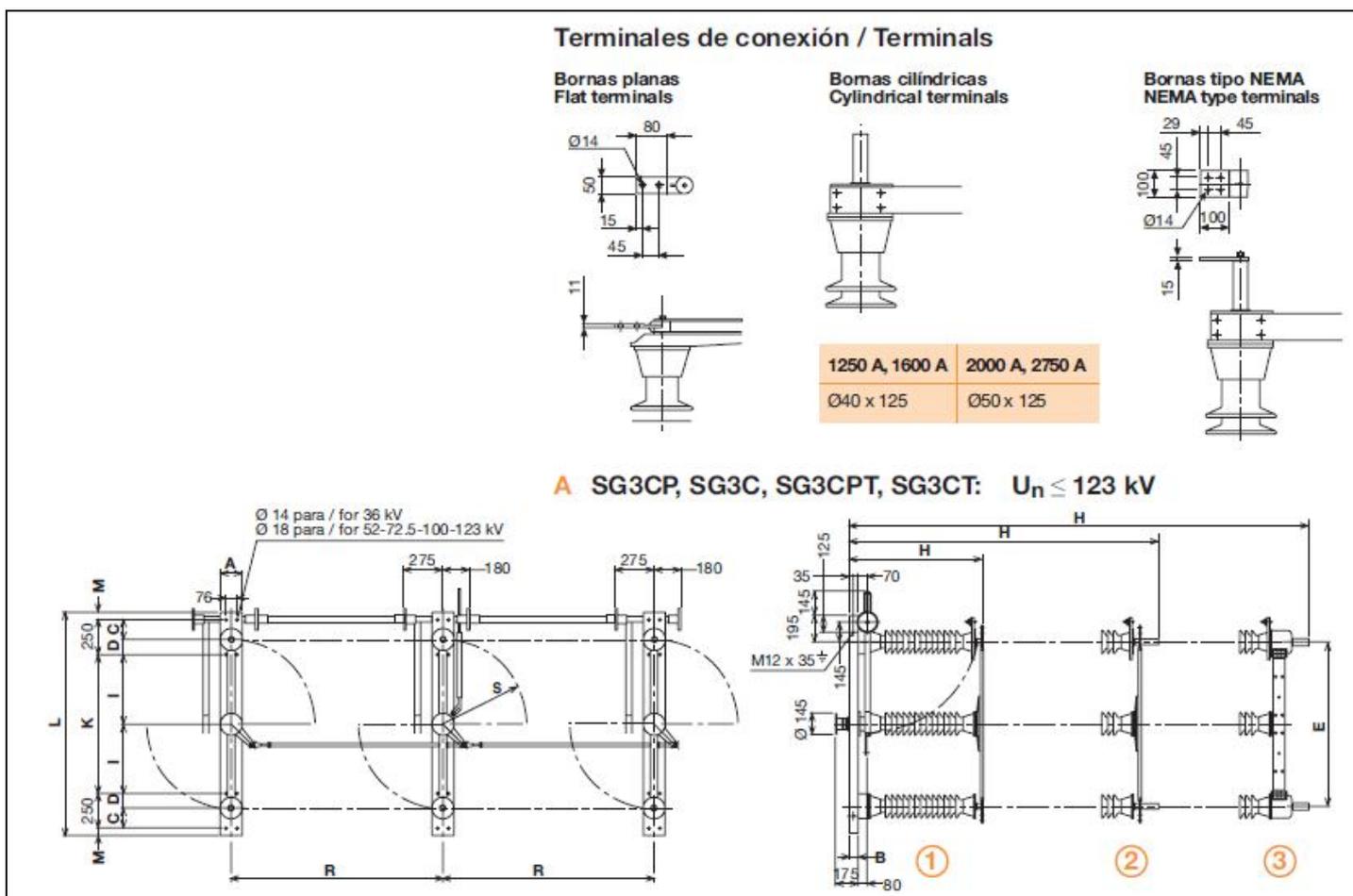


Figura 22.- Dimensiones seccionadores de MESA

Esta imagen se tendrá en cuenta para conocer las dimensiones de los seccionadores de tres columnas que se nombrarán a continuación.

▪ **Acoplamiento barras de 45 kV:**

Dispondremos de dos seccionadores por donde circulará, como corriente más desfavorable, 2399,07 A ya que en este punto tendremos el conductor 3x3x402-AL1/52-ST1A (antiguo 3x3xLA-455 CONDOR),

Se elige el seccionador de tres columnas de doble apertura lateral de MESA, modelo SG3C-52/2750, cuya corriente máxima que soporta es 2750 A.

Sus dimensiones son las siguientes:

Referencia	Peso	A	B	C	D	E	F	H	I	K	L	M	R	S
SG3C-52/2750	348	140	60	90	160	1000	500	1010	340	680	1390	105	1200	468

Tabla 11.- Dimensiones seccionadores barra 45 kV

El esquema correspondiente a este modelo de seccionador es el mismo que el seccionador que se ha colocado a la salida del transformador de 75 MVA, por tanto, por no colocar el mismo dibujo, tomaremos como referencia el anterior.

▪ **Salida Subestación “Aldeas”, salida Polígono Industrial San Pancraccio y entrada al transformador de 20 MVA:**

Como estas tres zonas llevan el mismo conductor se englobará, se elige el mismo tipo de seccionador para cada punto. Se colocarán 10 seccionadores por donde circulará como corriente más desfavorable 799,69 A. Por tanto, se elige el seccionador de tres columnas de doble apertura lateral de MESA, modelo SG3CP-52/800, cuya corriente máxima que soportan es de 800 A.

Sus dimensiones son las siguientes:

Referencia	Peso	A	B	C	D	E	F	H	I	K	L	M	R	S
SG3CP-52/800	285	140	60	90	160	1000	500	903	340	680	1390	105	1200	468

Tabla 12.- Dimensiones seccionadores salida de barras 45 kV

El esquema correspondiente a este modelo de seccionador es el mismo que el seccionador que se ha colocado a la salida del transformador de 75 MVA, por tanto, por no colocar el mismo dibujo, tomaremos como referencia el anterior.

▪ **Seccionador para Batería de Condensadores:**

Estos seccionadores estarán colocados a la salida del transformador de 20 MVA. Se colocan 4 seccionadores (dos por cada batería) en el que tendrán que soportar como corriente más desfavorable 770 A. Dos de los

seccionadores seleccionados (uno por cada batería) estarán colocado a tierra. Por tanto, los modelos seleccionados son:

- Dos seccionadores modelo SG3CP-36/1250, cuya corriente máxima que soporta es de 1250 A.
- Dos seccionadores modelo SG3CPT-36/1250, igual que el anterior pero con la diferencia de estar conectado a tierra.

Sus dimensiones son las siguientes:

Referencia	Peso	A	B	C	D	E	F	H	I	K	L	M	R	S
SG3CP-36/1250 SG3CPT-36/1250	291	140	60	90	160	800	400	650	240	480	1190	105	1000	368

Tabla 13.- Dimensiones seccionadores batería condensadores

➤ **DISYUNTORES:**

Todos los disyuntores que se van a colocar contienen gas SF6 para aislamiento y extinción del arco eléctrico. Las características físicas favorables del gas SF6 permiten diseñar disyuntores compactos y prácticamente libres de mantenimiento. Los disyuntores elegidos serán de la empresa ABB. Se irá analizando punto por punto de la subestación:

▪ **Entrada al embarrado de 132 kV y acoplamiento**

Se colocarán tres disyuntores, uno por cada línea de suministro y otro de acoplamiento. La corriente máxima que circula por este punto son 799,69 A y la corriente de cortocircuito calculada son 31,5 kA. Por tanto, se elige el disyuntor de ABB, HPL 145A1 cuya corriente máxima admisible son 3150 A y la corriente de cortocircuito máxima que puede soportar es 50 kA.

Las dimensiones en milímetros (mm) son las siguientes:

Disyuntor	A	B	C	D	E*
Tipo HPL 145A1	1280	1292	3917	5432	2500

Tabla 14.- Dimensiones disyuntor 132 kV

* Los valores reflejados son para distancia mínima entre fases (para estándares relevantes). La distancia máxima entre fases permisible es 4000.

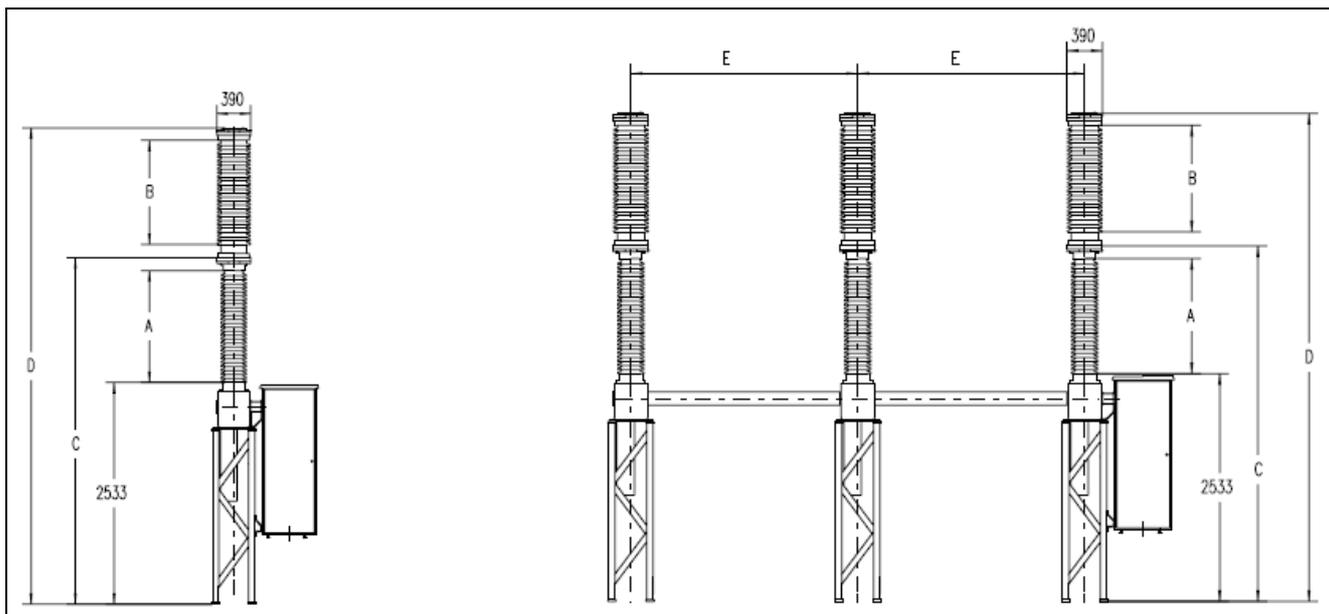


Figura 23.- Dimensiones disyuntor ABB

Este dibujo servirá para los disyuntores que se coloquen a la salida del embarrado de 132 kV, ya que las características físicas son las mismas.

▪ **Salida del embarrado de 132 kV (entrada al trafo de 75 MVA)**

Se colocan dos disyuntores, uno por cada entrada al transformador. La corriente más desfavorable que puede circular son 799,69 A y la corriente de cortocircuito calculada en este punto es de 63 kA. Por tanto, se elige el disyuntor ABB HPL 145A1 cuyo corriente máxima admisible es de 3150 A y la máxima corriente de cortocircuito que soporta es de 63 kA.

Las dimensiones en milímetros (mm) son las siguientes:

Disyuntor	A	B	C	D	E*
Tipo HPL 145A1	1280	1292	3917	5432	2500

Tabla 15.- Dimensiones disyuntor entrada transformador 75 MVA

* Los valores reflejados son para distancia mínima entre fases (para estándares relevantes). La distancia máxima entre fases permisible es 4000.

El esquema correspondiente a este modelo de disyuntor es el mismo que el disyuntor que se ha colocado a la entrada del embarrado de 132 kV, por tanto, por no colocar el mismo dibujo, tomaremos como referencia el anterior.

▪ **Salida del trafo de 75 MVA (entrada al embarrado de 45 kV)**

Se colocan dos disyuntores, uno por cada línea de salida de cada transformador, cada uno tendrá que soportar una corriente (como caso más desfavorable) de 1599,38 A y una corriente máxima de cortocircuito de 6,62 kA. Por tanto, se elegirá el disyuntor ABB SF6 EDFSK, de máxima

tensión 52 kV. La máxima corriente admisible son 2500 A y la máxima corriente de cortocircuito que soporta es de 25 kA.

Las dimensiones en milímetros (mm) son las siguientes:

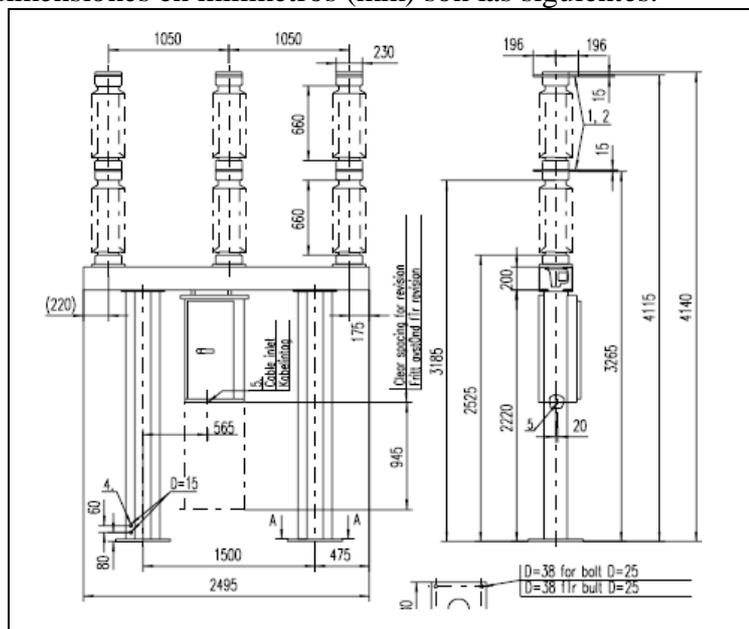


Figura 214.- Características aislador 132 kV

▪ **Acoplamiento barras de 45 kV**

Se coloca un disyuntor que deberá soportar una corriente máxima de 2399,07 A y una corriente máxima de cortocircuito calculada de 12,8 kA. Por tanto, el disyuntor escogido es el de ABB SF6 EDFSK de 52 kV y de poder de corte en cortocircuito de 25 kA y la corriente máxima que soporta es de 2500 A. El disyuntor elegido es el mismo que en el punto anterior (salida del trafo de 75 MVA) por lo que las medidas serán las mismas que en la figura.

▪ **Salidas a la Subestación “Aldeas”, al Polígono industrial San Pancracio y entrada al transformador de 20 MVA**

Como por estas tres zonas circula la misma corriente nominal, 799,69 A y, según cálculos, la corriente de cortocircuito en esos puntos es la misma, 12,8 kA, se engloba.

Se colocan cuatro disyuntores de la marca ABB, modelo SF6 EDFSK de 52 kV, de poder de corte en cortocircuito de 25 kA, soportando una corriente máxima de 2500 A. El disyuntor elegido es el mismo que en el punto anterior (salida del trafo de 75 MVA) por lo que las medidas serán las mismas que en la figura.

▪ **Disyuntor para Batería de Condensadores**

La corriente que circula por este punto es de 770 A y, según cálculos, la corriente de cortocircuito es de 6,5 kA.

Con estos datos, se colocan dos disyuntores (uno por cada batería de condensadores) de la empresa ABB, modelo SF6 EDFSK de 36 kV, de poder de corte en cortocircuito de 12,5 kA, soportando una corriente máxima de 1200 A. Por tanto, las dimensiones serán de igual valor que en los disyuntores seleccionados para 45 kV.

➤ **TRANSFORMADORES DE POTENCIA:**

Se eligen transformadores trifásicos de tensión, contruidos según las normas, de la marca “Alkargo”, con refrigeración natural por aceite (transformadores integrales en aceite).

El aceite del transformador deberá ser mineral, puesto que es biodegradable y no contiene policlorobifenilo también conocido como “piraleno” (prohibida su fabricación desde 1986).

El aceite mineral, además de usarse de dieléctrico, hace las funciones de refrigerante, el cual se dilata a medida que aumenta la carga o la temperatura ambiente de éste. Por este motivo el transformador debe diseñarse para albergar el volumen adicional del líquido sin que la presión del depósito sea excesiva.

En el transformador de tipo integral, el aumento del volumen del dieléctrico es absorbido por el sistema de refrigeración, tales como las aletas. Estas aletas son elásticas y hacen de colchón para las posibles variaciones que puede sufrir en volumen el aceite.

En esta subestación, en la zona de intemperie, se deben diferenciar dos cambios de tensión:

- De 132 kV a 45 kV
- De 45 kV a 15 kV

▪ **De 132 kV a 45 kV**

En esta zona encontramos dos transformadores de potencia de 75 MVA cada uno para el suministro total requerido en la subestación.

El transformador de potencia de 75 MVA elegido es de la empresa ALKARGO, las características de este transformador son las siguientes:

Potencia (MVA)	Pérdidas en vacío (kW)	Intensidad de vacío (%)	Pérdidas en carga (kW)	Grupo de conexión	Tensión de cortocircuito (%)
75	30	0,35	200	Dyn 11	14

Tabla 16.- Características eléctricas transformador de potencia

Y las dimensiones son:

Longitud (mm)	Anchura (mm)	Altura (mm)	Distancia e/e de ruedas (mm)	Peso de aceite (kg)	Peso a desencubar (kg)	Peso total (kg)
6200	5400	6500	1950	15150	35100	62900

Tabla 17.- Dimensiones transformador de potencia

▪ **De 45 kV a 15 kV**

En esta zona se colocan dos transformadores de potencia de 20 MVA cada uno para suministrar en las cargas de interior que están conectadas en la subestación.

El transformador de potencia de 20 MVA elegido es de la empresa ALKARGO, las características de este transformador son las siguientes:

Potencia (MVA)	Pérdidas en vacío (kW)	Intensidad de vacío (%)	Pérdidas en carga (kW)	Grupo de conexión	Tensión de cortocircuito (%)
20	14	0,5	105	Dyn 11	10

Tabla 18.- Características eléctricas transformador de potencia

Y las dimensiones son:

Longitud (mm)	Anchura (mm)	Altura (mm)	Distancia e/e de ruedas (mm)	Peso de aceite (kg)	Peso a desencubar (kg)	Peso total (kg)
4000	3350	4100	1710	5750	18550	32400

Tabla 19.- Dimensiones transformador de potencia

Según se declara en la ITC 07 del MIE RAT, constructivamente hablando los transformadores deberán de cumplir con la norma UNE 20101 y la norma UNE 20138 (Transformadores de potencia).

Además el transformador deberá disponer de un dispositivo que permita, en escalones apropiados, la regulación en carga de la tensión para asegurar la continuidad del servicio.

Se admite también la existencia de una regulación de tensión sin servicio, máquina sin servicio, a fin de adaptar su relación de transformación a las exigencias de la red. Se ha de procurar que esta operación se realice desde el exterior, sin tener que recurrir a levantar la tapa de la máquina.

Una vez instalado el transformador, si este equipa ruedas de transporte deberán ser bloqueadas con el fin de evitar desplazamientos cuando la instalación se encuentre en funcionamiento.

Por último, todos los cables de fuerza, control y señalización instalados exteriormente al transformador y que forman conjunto de él, deberán ser resistentes a la degradación por líquidos aislantes (como aceite), agentes meteorológicos y no propagarán la llama.

➤ **TRANSFORMADORES DE MEDIDA Y PROTECCIÓN:**

Los transformadores de medida y protección son los transformadores destinados a alimentar instrumentos de medida, contadores, relés y otros aparatos análogos. Los aparatos de medida y los relés de protección no pueden soportar ni elevadas tensiones ni elevadas corrientes, ya que de lo contrario se encarecería sobremanera su construcción. Por otra parte es conveniente evitar la presencia de elevadas tensiones en aquellos dispositivos que van a estar al alcance de las personas.

Hay dos clases de transformadores de medida:

- **Transformadores de intensidad para medida y protección,** es según la norma UNE 21088, un transformador en el cual la intensidad en el arrollamiento secundario es, en condiciones normales de empleo, prácticamente proporcional a la intensidad en el arrollamiento primario y desfasada con relación a ésta un ángulo próximo a cero, para un sentido adecuado de las conexiones.

La intensidad en el arrollamiento primario habrá que seleccionarlo según la corriente que circule en el punto de la Subestación donde se coloque.

La intensidad en el arrollamiento secundario, según valores nominales, son de 1 y 5 A, pero el valor que se elige es de 5 A.

Clase de precisión de un transformador, está caracterizada por un número (índice de clase) que es el límite de error de relación, expresado en % para la intensidad nominal primaria. Para esta Subestación, se selecciona como índice 0,5 para medida y 5P para protección.

- **Transformadores de tensión para medida y protección,** es según la norma UNE 21088, un transformador en el cuál la tensión en bornes del arrollamiento secundario es, en condiciones normales de empleo, prácticamente proporcional a la tensión en bornes del arrollamiento primario y desfasada con relación a ésta un ángulo próximo a cero, para un sentido apropiado de las conexiones.

La tensión en el primario, será el valor que figura en la designación del transformador, de acuerdo con la cual se determinan sus condiciones de funcionamiento, es decir, el valor de tensión del punto de la Subestación en que esté situado.

La tensión secundaria nominal para los transformadores monofásicos utilizados entre fases de redes trifásicas, es de 110 V, si estuvieran montados entre fase y tierra sería $110/\sqrt{3}$ V.

Clase de precisión de un transformador, está caracterizada por un número (índice de clase) que es el límite de error de relación, expresado en % para la tensión nominal primaria. Para esta Subestación, se selecciona como índice 0,5 para medida (contadores normales y aparatos de medida) y 3P para protección.

Tanto el transformador de tensión como el de corriente, tendrán dos devanados secundarios, uno para dedicado para la medida y el otro para protección (siempre que lo necesiten).

A continuación se destacan los transformadores empleados en la Subestación para medida y protección (los cálculos relacionados se pueden observar en el anexo de cálculos):

- **Entrada al embarrado de 132 kV, transformador de tensión**

- Marca: Artech
- Modelo: Capacitivo (por norma ENDESA) modelo DDB-145
- Características:
 - Transformador para exterior
 - Tensión máxima de servicio: 145 kV
 - Tensiones de ensayo:
 - Frecuencia industrial: 230 kV
 - Impulso tipo rayo: 550 kV cresta
 - Relación de tensión:
 - $U_{primario} = 132 \text{ kV}$
 - $U_{secundario} = 110 \text{ V}$
 - Doble secundario:
 - Medida → Potencia de precisión necesaria: 30 VA
Elección catálogo: 90 VA
 - Protección → Potencia de precisión necesaria: 25 VA
Elección catálogo: 90 VA
 - $P_{precisión \text{ en el primario}} = 90 + 90 = 180 \text{ VA}$
 - Clase 0.5 Medida
 - Protección 3P
 - Nº de transformadores necesarios con estas características: 6

Características y dimensiones del modelo DDB-145:

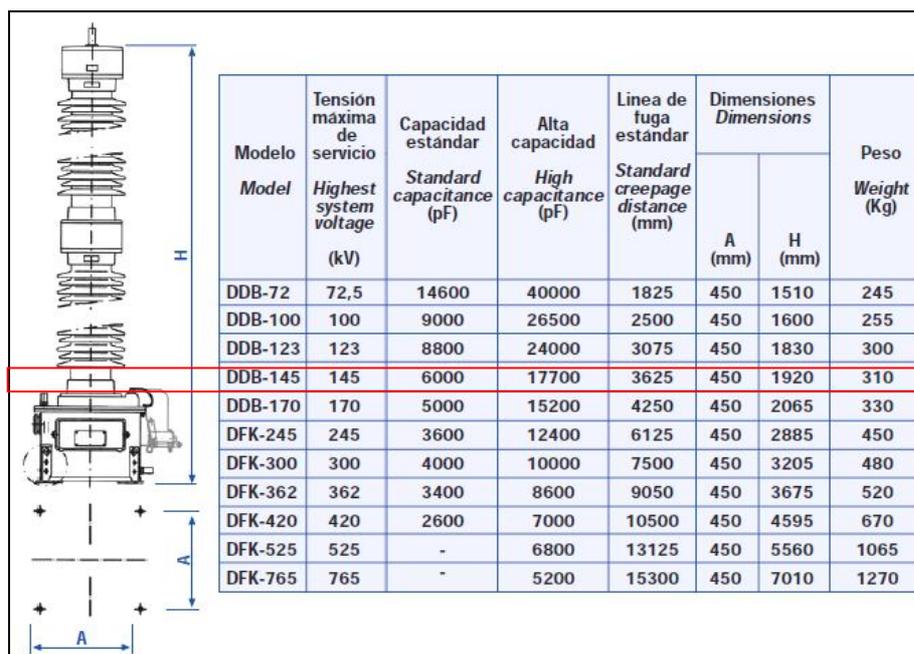


Figura 25.- Dimensiones transformador de tensión capacitivo

- **Entrada al embarrado de 132 kV, transformador de corriente**

- Marca: Arteché
- Modelo: Papel-Aceite modelo CH-145
- Características:
 - Transformador para exterior
 - Tensión máxima de servicio: 145 kV
 - Tensiones de ensayo:
 - Frecuencia industrial: 230 kV
 - Impulso tipo rayo: 550 kV cresta
 - Corriente de cortocircuito: 48 kA
 - Relación de intensidad

Arteché realiza la fabricación de transformadores de intensidad de intensidades primarias desde 1 A hasta 4800 A.

En este caso vamos a elegir un transformador relación en el primario: 800 A / 5 A.

- Doble secundario:
 - Medida → Potencia de precisión necesaria: 41 VA
Elección catálogo: 90 VA
 - Protección → Potencia de precisión necesaria: 39 VA
Elección catálogo: 90 VA
- $P_{\text{precisión en el primario}} = 90 + 90 = 180 \text{ VA}$
- Clase 0.5 Medida
- Protección 5P
- N° de transformadores necesarios con estas características: 6

- **Entrada al transformador de 75 MVA, transformador de tensión**

- Marca: Arteché
- Modelo: Inductivo, modelo UTE-145
- Características:
 - Transformador para exterior
 - Tensión máxima de servicio: 145 kV
 - Tensiones de ensayo:
 - Frecuencia industrial: 230 kV
 - Impulso tipo rayo: 550 kV cresta
 - Relación de tensión:
 - $U_{\text{primario}} = 132 \text{ kV}$
 - $U_{\text{secundario}} = 110 \text{ V}$
 - Simple secundario (no hay características de tensión para protección):
 - Medida → Potencia de precisión necesaria: 30 VA
Elección catálogo: 90 VA
 - Protección → Potencia de precisión necesaria: 0 VA
 - $P_{\text{precisión en el primario}} = 90 + 0 = 90 \text{ VA}$ (se elige de 180 VA, valor mínimo del catálogo de ARTECHE)
 - Clase 0.5 Medida
 - Protección 3P
 - N° de transformadores necesarios con estas características: 9

- **Entrada al transformador de 75 MVA, transformador de corriente**

- Marca: Arteché
- Modelo: Papel-Aceite modelo CH-145
- Características:
 - Transformador para exterior
 - Tensión máxima de servicio: 145 kV
 - Tensiones de ensayo:
 - Frecuencia industrial: 230 kV
 - Impulso tipo rayo: 550 kV cresta
 - Corriente de cortocircuito: 63 kA
 - Relación de intensidad

Arteché realiza la fabricación de transformadores de intensidad de intensidades primarias desde 1 A hasta 4800 A.

En este caso vamos a elegir un transformador relación en el primario: 800 A / 5 A.

- Doble secundario:
 - Medida → Potencia de precisión necesaria: 41 VA
Elección catálogo: 90 VA
 - Protección → Potencia de precisión necesaria: 39 VA
Elección catálogo: 90 VA
- $P_{\text{precisión en el primario}} = 90 + 90 = 180 \text{ VA}$
- Clase 0.5 Medida
- Protección 5P
- N° de transformadores necesarios con estas características: 9

- **Salida del transformador de 75 MVA, transformador de tensión**

- Marca: Arteché
- Modelo: Inductivo, modelo UTB-52
- Características:
 - Transformador para exterior
 - Tensión máxima de servicio: 52 kV
 - Tensiones de ensayo:
 - Frecuencia industrial: 90 kV
 - Impulso tipo rayo: 250 kV cresta
 - Relación de tensión:
 - $U_{\text{primario}} = 45 \text{ kV}$
 - $U_{\text{secundario}} = 110 \text{ V}$
 - Simple secundario (no hay características de tensión para protección):
 - Medida → Potencia de precisión necesaria: 30 VA
Elección catálogo: 90 VA
 - Protección → Potencia de precisión necesaria: 0 VA
 - $P_{\text{precisión en el primario}} = 90 + 0 = 90 \text{ VA}$ (se elige de 180 VA, valor mínimo del catálogo de ARTECHE)
 - Clase 0.5 Medida
 - Protección 3P
 - N° de transformadores necesarios con estas características: 6

- **Salida del transformador de 75 MVA, transformador de corriente**

- Marca: Arteché
- Modelo: Papel-Aceite modelo CH-52
- Características:
 - Transformador para exterior
 - Tensión máxima de servicio: 52 kV
 - Tensiones de ensayo:
 - Frecuencia industrial: 90 kV
 - Impulso tipo rayo: 250 kV cresta
 - Corriente de cortocircuito: 15 kA
 - Relación de intensidad

Arteché realiza la fabricación de transformadores de intensidad de intensidades primarias desde 1 A hasta 4800 A.

En este caso vamos a elegir un transformador relación en el primario: 1000 A / 5 A.

- Doble secundario:
 - Medida → Potencia de precisión necesaria: 41 VA
Elección catálogo: 90 VA
 - Protección → Potencia de precisión necesaria: 39 VA
Elección catálogo: 90 VA
- $P_{\text{precisión en el primario}} = 90 + 90 = 180 \text{ VA}$
- Clase 0.5 Medida
- Protección 5P
- N° de transformadores necesarios con estas características: 6

- **Posición de barras de 45 kV, transformador de tensión**

- Marca: Arteché
- Modelo: Inductivo, modelo UTB-52
- Características:
 - Transformador para exterior
 - Tensión máxima de servicio: 52 kV
 - Tensiones de ensayo:
 - Frecuencia industrial: 90 kV
 - Impulso tipo rayo: 250 kV cresta
 - Relación de tensión:
 - $U_{\text{primario}} = 45 \text{ kV}$
 - $U_{\text{secundario}} = 110 \text{ V}$
- Doble secundario:
 - Medida → Potencia de precisión necesaria :30 VA
Elección catálogo: 90 VA
 - Protección → Potencia de precisión necesaria: 10 VA
Elección catálogo: 90 VA
- $P_{\text{precisión en el primario}} = 90 + 90 = 180 \text{ VA}$
- Clase 0.5 Medida
- Protección 3P
- N° de transformadores necesarios con estas características: 3

- **Posición de barras de 45 kV, transformador de corriente**

- Marca: Arteché
- Modelo: Papel-Aceite modelo CH-52
- Características:
 - Transformador para exterior
 - Tensión máxima de servicio: 52 kV
 - Tensiones de ensayo:
 - Frecuencia industrial: 90 kV
 - Impulso tipo rayo: 250 kV cresta
 - Corriente de cortocircuito: 24 kA
 - Relación de intensidad

Arteché realiza la fabricación de transformadores de intensidad de intensidades primarias desde 1 A hasta 4800 A.

En este caso vamos a elegir un transformador relación en el primario: 2000 A / 5 A.

- Simple secundario (no hay características de corriente para protección):
 - Medida → Potencia de precisión necesaria: 41 VA
Elección catálogo: 90 VA
 - Protección → Potencia de precisión necesaria: 0 VA
- $P_{\text{precisión en el primario}} = 90 + 0 = 90 \text{ VA}$ (se elige de 180 VA, valor mínimo del catálogo de ARTECHE)
- Clase 0.5 Medida
- Protección 5P
- N° de transformadores necesarios con estas características: 3

- **Línea de 45 kV, transformador de tensión**

- Marca: Arteché
- Modelo: Inductivo, modelo UTB-52
- Características:
 - Transformador para exterior
 - Tensión máxima de servicio: 52 kV
 - Tensiones de ensayo:
 - Frecuencia industrial: 90 kV
 - Impulso tipo rayo: 250 kV cresta
 - Relación de tensión:
 - $U_{\text{primario}} = 45 \text{ kV}$
 - $U_{\text{secundario}} = 110 \text{ V}$
 - Doble secundario:
 - Medida → Potencia de precisión necesaria :30 VA
Elección catálogo: 90 VA
 - Protección → Potencia de precisión necesaria: 25 VA
Elección catálogo: 90 VA
 - $P_{\text{precisión en el primario}} = 90 + 90 = 180 \text{ VA}$
 - Clase 0.5 Medida
 - Protección 3P
 - N° de transformadores necesarios con estas características: 6

- **Línea de 45 kV, transformador de corriente**

- Marca: Arteché
- Modelo: Papel-Aceite modelo CH-52
- Características:
 - Transformador para exterior
 - Tensión máxima de servicio: 52 kV
 - Tensiones de ensayo:
 - Frecuencia industrial: 90 kV
 - Impulso tipo rayo: 250 kV cresta
 - Corriente de cortocircuito: 15 kA
 - Relación de intensidad

Arteché realiza la fabricación de transformadores de intensidad de intensidades primarias desde 1 A hasta 4800 A.

En este caso vamos a elegir un transformador relación en el primario: 400 A / 5 A.

- Doble secundario:
 - Medida → Potencia de precisión necesaria: 41 VA
Elección catálogo: 90 VA
 - Protección → Potencia de precisión necesaria: 39 VA
Elección catálogo: 90 VA
- $P_{\text{precisión en el primario}} = 90 + 90 = 180 \text{ VA}$
- Clase 0.5 Medida
- Protección 5P
- N° de transformadores necesarios con estas características: 6

- **Entrada al transformador de 20 MVA, transformador de tensión**

- Marca: Arteché
- Modelo: Inductivo, modelo UTB-52
- Características:
 - Transformador para exterior
 - Tensión máxima de servicio: 52 kV
 - Tensiones de ensayo:
 - Frecuencia industrial: 90 kV
 - Impulso tipo rayo: 250 kV cresta
 - Relación de tensión:
 - $U_{\text{primario}} = 45 \text{ kV}$
 - $U_{\text{secundario}} = 110 \text{ V}$
 - Simple secundario (no hay características de tensión para protección):
 - Medida → Potencia de precisión necesaria: 30 VA
Elección catálogo: 90 VA
 - Protección → Potencia de precisión necesaria: 0 VA
 - $P_{\text{precisión en el primario}} = 90 + 0 = 90 \text{ VA}$ (se elige de 180 VA, valor mínimo del catálogo de ARTECHE)
 - Clase 0.5 Medida
 - Protección 3P
 - N° de transformadores necesarios con estas características: 6

- **Entrada al transformador de 20 MVA, transformador de corriente**

- Marca: Arteché
- Modelo: Papel-Aceite modelo CH-52
- Características:
 - Transformador para exterior
 - Tensión máxima de servicio: 52 kV
 - Tensiones de ensayo:
 - Frecuencia industrial: 90 kV
 - Impulso tipo rayo: 250 kV *cresta*
 - Corriente de cortocircuito: 15 kA
 - Relación de intensidad

Arteché realiza la fabricación de transformadores de intensidad de intensidades primarias desde 1 A hasta 4800 A.

En este caso vamos a elegir un transformador relación en el primario: 400 A / 5 A.

- Doble secundario:
 - Medida → Potencia de precisión necesaria: 41 VA
Elección catálogo: 90 VA
 - Protección → Potencia de precisión necesaria: 39 VA
Elección catálogo: 90 VA
- $P_{\text{precisión en el primario}} = 90 + 90 = 180 \text{ VA}$
- Clase 0.5 Medida
- Protección 5P
- N° de transformadores necesarios con estas características: 6

- **Batería de condensadores, transformador de tensión**

- Marca: Arteché
- Modelo: Inductivo, modelo UZK-17
- Características:
 - Transformador para exterior
 - Tensión máxima de servicio: 17,5 kV
 - Tensiones de ensayo:
 - Frecuencia industrial: 38 kV
 - Impulso tipo rayo: 95 kV *cresta*
 - Relación de tensión:
 - $U_{\text{primario}} = 17,5 \text{ kV}$
 - $U_{\text{secundario}} = 110 \text{ V}$
- Doble secundario:
 - Medida → Potencia de precisión necesaria :30 VA
Elección catálogo: 90 VA
 - Protección → Potencia de precisión necesaria: 15 VA
Elección catálogo: 90 VA
- $P_{\text{precisión en el primario}} = 90 + 90 = 180 \text{ VA}$
- Clase 0.5 Medida
- Protección 3P
- N° de transformadores necesarios con estas características: 6

- **Baterías condensadores, transformador de corriente**

- Marca: Arteché
- Modelo: Papel-Aceite modelo CH-36
- Características:
 - Transformador para exterior
 - Tensión máxima de servicio: 36 kV
 - Tensiones de ensayo:
 - Frecuencia industrial: 70 kV
 - Impulso tipo rayo: 170 kV cresta
 - Corriente de cortocircuito: 15 kA
 - Relación de intensidad

Arteché realiza la fabricación de transformadores de intensidad de intensidades primarias desde 1 A hasta 4800 A.

En este caso vamos a elegir un transformador relación en el primario: 400 A / 5 A.

- Doble secundario:
 - Medida → Potencia de precisión necesaria: 41 VA
Elección catálogo: 90 VA
 - Protección → Potencia de precisión necesaria: 29 VA
Elección catálogo: 90 VA
- $P_{\text{precisión en el primario}} = 90 + 90 = 180 \text{ VA}$
- Clase 0.5 Medida
- Protección 5P
- N° de transformadores necesarios con estas características: 6

- **Baterías condensadores, transformador de corriente para desequilibrio estrellas**

- Marca: Arteché
- Modelo: Papel-Aceite modelo CH-36
- Características:
 - Transformador para exterior
 - Tensión máxima de servicio: 36 kV
 - Tensiones de ensayo:
 - Frecuencia industrial: 70 kV
 - Impulso tipo rayo: 170 kV cresta
 - Corriente de cortocircuito: 15 kA
 - Relación de intensidad

Arteché realiza la fabricación de transformadores de intensidad de intensidades primarias desde 1 A hasta 4800 A.

En este caso vamos a elegir un transformador relación en el primario: 400 A / 5 A.

- Simple secundario:
 - Medida → Potencia de precisión necesaria: 0 VA
 - Protección → Potencia de precisión necesaria: 5 VA
Elección catálogo: 90 VA
- $P_{\text{precisión en el primario}} = 90 \text{ VA}$
- Clase 0.5 Medida

- Protección 5P
- N° de transformadores necesarios con estas características: 2

MEDIDAS Y CARACTERÍSTICAS

- Transformador de Tensión Inductivo modelo UTE

Modelo <i>Model</i>	Tensión máxima de servicio <i>Highest system voltage</i> (kV)	Tensiones de ensayo <i>Test voltages</i>			Potencia térmica <i>Thermal Burden</i> (VA)	Linea de fuga estándar <i>Standard creepage distance</i> (mm)	Dimensiones <i>Dimensions</i>			Peso <i>Weight</i> (Kg)
		Frecuencia Industrial <i>Power frequency</i> (kV)	Impulso <i>Lightning Impulse (BIL)</i> (kVp)	Maniobra <i>Switching Impulse (SIL)</i> (kVp)			Fig	A x B (mm)	H (mm)	
UZK-17	17,5	38	95	-	1500	790	Fig. 1	300x300	970	85
VZK-17	17,5	38	95	-	1500	790	Fig. 2	300x300	950	100
UZK-24	24	50	125	-	1500	790	Fig. 1	300x300	970	85
VZK-24	24	50	125	-	1500	790	Fig. 2	300x300	950	100
UZK-36	36	70	170	-	1500	790	Fig. 1	300x300	970	85
VZK-36	36	70	170	-	1500	790	Fig. 2	300x300	950	100
UTB-52	52	95	250	-	1500	1300	Fig. 3	300x300	1335	95
UTD-52	52	95	250	-	2000	1300	Fig. 3	330x300	1395	150
UTB-72	72,5	140	325	-	1500	1825	Fig. 3	300x300	1335	108
UTD-72	72,5	140	325	-	2000	1825	Fig. 3	330x300	1395	150
UTE-72	72,5	140	325	-	2500	1825	Fig. 3	400x430	1645	285
UTD-100	100	185	450	-	2000	2500	Fig. 3	330x300	1690	165
UTD-123	123	230	550	-	3000	3075	Fig. 3	350x475	2120	292
UTE-123	123	230	550	-	3500	3075	Fig. 3	350x475	2120	355
UTE-145	145	275	650	-	3500	3625	Fig. 3	350x475	2105	335

Tabla 20.- Características transformador de tensión inductivo

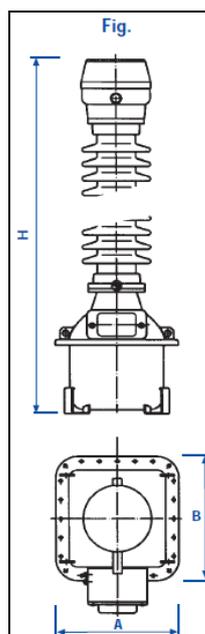


Figura 26.- Dimensiones transformador de tensión inductivo

- **Transformador de Intensidad modelo CH**

Modelo <i>Model</i>	Tensión máxima de servicio <i>Highest system voltage</i> (kV)	Línea de Fuga Estándar <i>Standard Creepage Distance</i> (mm)	Dimensiones <i>Dimensions</i>			Peso <i>Weight</i> (kg.)
			A (mm)	T (mm)	H (mm)	
CH-36	36	900	330	1.450	1.765	330
CH-52	52	1.300	330	1.450	1.765	330
CH-72	72,5	1.825	330	1.690	2.005	370
CH-100	100	2.500	330	1.690	2.005	380
CH-123	123	3.075	330	2.090	2.405	410
CH-145	145	3.625	330	2.250	2.565	430

Tabla 21.- Características transformador de corriente

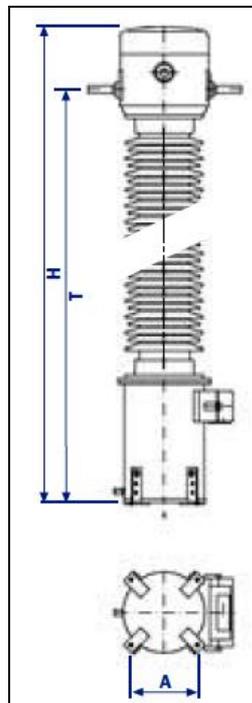


Figura 27.- Características aislador 132 kV

➤ **BATERÍA DE CONDENSADORES:**

Los condensadores estáticos son elementos pasivos del sistema eléctrico cuya finalidad es compensar la energía reactiva demandada por la carga. El resultado es reducir las pérdidas de la red y aumentar la tensión en el punto de instalación.

El montaje de los condensadores estáticos se configura en forma de baterías, usualmente en conexión "doble estrella" con neutros aislados de tierra (para no favorecer el establecimiento de armónicos) e interconectados entre sí. Esta interconexión permite detectar circulación de intensidad entre los dos neutros de las estrellas, síntoma de existencia de un problema que ocasiona el desequilibrio.

La alternativa a elegir es de la empresa LIFASA. La batería de condensadores estará formada por condensadores monofásicos configurada en dos estrellas unidas por un neutro común. La finalidad de esta conexión, como se ha comentado anteriormente, es la de incorporar una protección de desequilibrio para la detección de posibles defectos internos en los condensadores por el propio desgaste y envejecimiento de los equipos o defectos que puedan ocurrir provenientes de la red eléctrica. Combinada con fusibles internos, no solo se obtiene una gran seguridad, sino también una mayor continuidad del servicio. El número de condensadores de doble estrella siempre ha de ser un número de tres y nunca menos de seis unidades.

Según la normativa de ENDESA, las potencias recomendadas para los elementos condensadores son 200 kVAr y 333 kVAr. La empresa seleccionada para la elección del material es LIFASA. Se eligen condensadores de 300 kVAr, que aparecen en el catálogo correspondiente. LIFASA determina que el número de condensadores de doble estrella siempre ha de ser un número múltiplo de tres y nunca menos de 6 unidades. La batería de condensadores estará colocada a la salida del transformador de 20 MVA, es decir, se tendrá en la Subestación dos baterías de condensadores, uno para cada línea de 15 kV.

Según cálculos, como se puede observar en el anexo correspondiente, la batería está formada por quince unidades del modelo de referencia AMEFA6151300, que cumplen con las condiciones específicas de LIFASA, por lo que si la batería de condensadores está formada por grupos de tres condensadores, se tendrán dos baterías de condensadores de cinco grupos de tres unidades cada uno.

Condensadores Monofásicos, 15,150 kV / 50 Hz, nivel de aislamiento 70/170 kV

Referencia Reference	Potencia Power [kvar]	Capacidad F-F Capacitance P-P [μF]	Altura Height (mm)		Peso Weight [kg]
			h	H	
AMEFA6151050	50	0,69	170	488	17
AMEFA6151075	75	1,04	200	528	22
AMEFA6151100	100	1,38	250	568	22
AMEFA6151125	125	1,73	300	608	28
AMEFA6151150	150	2,08	330	648	28
AMEFA6151200	200	2,77	420	738	34
AMEFA6151250	250	3,46	520	838	40
AMEFA6151300	300	4,13	600	918	46
AMEFA6151350	350	4,85	570	888	51
AMEFA6151400	400	5,54	640	958	57
AMEFA6151450	450	6,24	710	1028	63
AMEFA6151500	500	6,93	780	1098	68
AMEFA6151600	600	8,32	920	1238	79

Tabla 22.- Selección batería condensadores

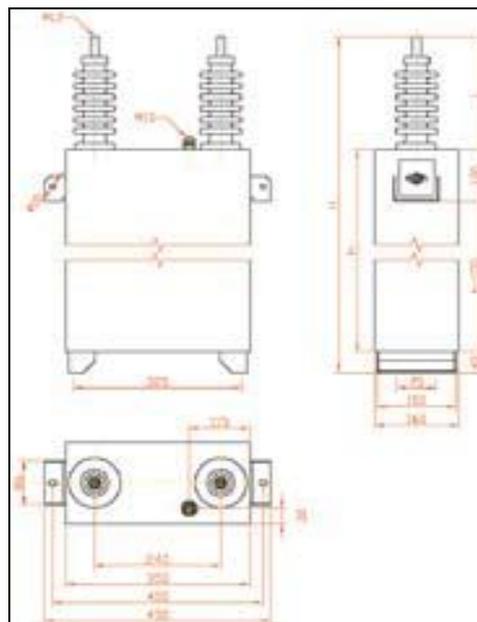


Figura 28.- Dimensiones batería condensadores

Dentro de las características de los condensadores, cabe destacar que cada uno de ellos, tendrá una resistencia de descarga incorporada que reduzca la tensión entre bornes a menos de 50 V al cabo de cinco minutos desde su conexión.

Protecciones para la Batería de Condensadores:

- (27/59)Protección de subtensión y sobretensión:

Los elementos de una BC son particularmente sensibles a sobretensiones; en permanencia, suelen admitir una sobretensión del 10% **respecto a la tensión nominal de la BC**, que puede no coincidir con la tensión habitual de red en las barras.

La protección de sobretensión puede ser a tiempo inverso (si lo recomienda el fabricante de la batería) o a tiempo independiente, siendo este último principio el más utilizado.

Para el caso del tiempo independiente, la protección puede ajustarse alrededor del 110% de U_n y con un tiempo de actuación de 5 segundos. El elemento de medida conviene conectarlo a una tensión compuesta y no a una tensión simple. En efecto, si en la red en la que estuviera conectada la BC se produjera una falta a tierra en una fase distinta a la que midiera una hipotética protección de sobretensión conectada a la tensión fase - neutro, podría provocarse un disparo intempestivo de dicha protección, debido a la sobretensión fase - tierra provocada por la falta, suponiendo que dicha falta se eliminara en tiempo superior al ajustado para la protección de sobretensión de la batería.

Al igual que en el caso de la protección de sobretensión, interesa conectar la protección de subtensión entre fases. Con ello se consigue, en este caso, evitar disparos intempestivos para faltas a tierra en la red, precisamente en la misma fase en la que midiera una hipotética protección de subtensión conectada a tensión fase - tierra.

- (2x50/51+50/51N)Protección de sobreintensidad que además incorpora las funciones de Detección de Fallo Interruptor y Vigilancia bobina de Disparo
- Relé de desequilibrio (47), detecta la posible corriente que puede circular entre las dos estrellas.

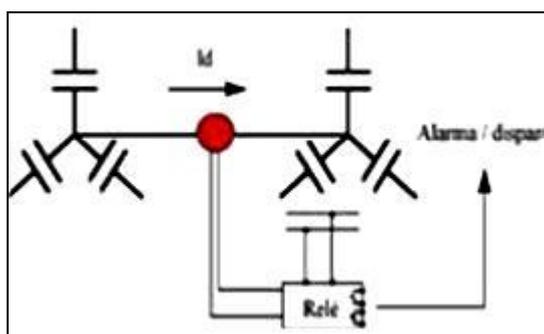


Figura 29.- Relé protección desequilibrio

Elementos asociados a los condensadores. Reactancias/inductancias de choque:

En el momento de la conexión de un condensador se producen corrientes muy elevadas que pueden ser muy perjudiciales bien para el condensador, o bien para los materiales que forman la batería y otros equipos de nuestra instalación.

Por tanto, para disminuir su valor será necesaria la colocación de reactancias de choque que se calcularán según la corriente en función de la potencia de cortocircuito en ese punto y de la potencia de la batería.

$$I_p = \sqrt{2} \cdot I_n \cdot \sqrt{\frac{S_{cc}}{Q_c}}$$

Se comprueba para un condensador:

$$Q_c = \sqrt{3} \cdot V_n \cdot I_n \cdot \text{sen} \varphi \Rightarrow I_n = \frac{4400 \text{ kVAr}}{\sqrt{3} \cdot 15 \text{ kV}} = 169 \text{ A}$$

$S_{cc} = 166,63 \text{ MVA}$ (Cortocircuito en anexo de Cálculos)

$$I_p = \sqrt{2} \cdot I_n \cdot \sqrt{\frac{S_{cc}}{Q_c}} = \sqrt{2} \cdot 169 \cdot \sqrt{\frac{166,63 \cdot 10^6}{4400 \cdot 10^3}} = 1470 \text{ A}$$

Si I_p resulta mayor que $100 \cdot I_n$, que es el valor máximo admisible según norma, será necesario equipar al condensador de reactancias de choque por fase. Como se ha comprobado, en el caso a estudio no hará falta colocar reactancias de choque.

2.3.1.2. INSTALACIÓN INTERIOR:

La aparamenta a usar estará formada por:

- Conductor aislado
- Botellas terminales
- Celdas
- Aparamento de medida y protección
- Batería de corriente continua
- Transformador de servicios auxiliares
- Servicios Auxiliares

➤ CONDUCTOR AISLADO

Los conductores aislados aparecen a partir del secundario del transformador de 20 MVA, es decir, para la línea del secundario de este transformador y cada una de las salidas hacia la carga correspondiente. Los conductores aislados se colocan de la empresa GENERAL CABLE, concretamente el modelo HERSATENE – FOC (no propagador de llama).



Figura 30.- Composición conductor aislado seleccionado

Cuyas características son las siguientes:

HERSATENE RHZ1 H-16 AI
TENSIÓN: 12/20 kV

									
	mm ²	mm	mm	kg/km	mm	A	A	Ohm/km	µF/km
1240113	35	18,9	27,1	745	410	145	120	0,15	0,146
1240114	50	19,9	27,4	790	415	170	140	0,142	0,158
1240115	70	21,6	30,2	935	455	210	170	0,134	0,179
1240116	95	23,1	31,7	1045	480	255	205	0,127	0,198
1240117	120	24,9	34,1	1195	515	295	235	0,123	0,219
1240118	150	26,1	35,3	1275	530	335	260	0,119	0,233
1240119	185	27,5	36,7	1450	555	385	295	0,114	0,25
1240120	240	30,2	39,4	1655	595	455	345	0,109	0,282
1240121	300	32,3	41,5	1900	625	520	390	0,105	0,307
1240122	400	35,0	44,9	2235	675	610	445	0,102	0,339
1240123	500	38,7	48,0	2655	720	720	510	0,098	0,383
1240124	630	42,7	52,0	3215	780	840	580	0,095	0,429

Tabla 23.- Características conductores aislados

DESIGNACIÓN

La designación de los cables objeto de esta Norma, se efectuará de acuerdo con la Norma UNE por medio de siglas que indiquen las siguientes características.

- Aislamiento, polietileno reticulado, se designará por la letra R
- Pantalla, se designará por la letra H
- Cubierta exterior, poliolefina, no propagadora de llama, se designará por los caracteres Z1-S
- Tensión asignada, U₀/U en kV
- Cable unipolar, se designará por la cifra 1 seguida del signo x
- Sección nominal del cable en mm²
- Forma circular compacta, se designará por la letra K
- El símbolo Al, cuando sean conductores de Aluminio
- El signo +, seguido de la letra H y de la sección de la pantalla metálica, en mm²
- Además, la obturación longitudinal entre la cubierta y la pantalla semiconductor externa, se indicará mediante las letras OL.

Por tanto, el conductor elegido a la salida del transformador de 20 MVA, considerando que es conductor al aire protegidos del sol, es:

HERSATENE W.B. RHZ1-S 12/20 kV 1 x 630 K Al + H 16 OL

Designa un cable unipolar de 12/20 kV, de 630 mm² de sección de Aluminio, de forma circular compacta, aislado con polietileno reticulado, con pantalla de cobre de 16 mm², con cubierta de poliolefina y con obturación longitudinal entre la cubierta y la pantalla semiconductor externa.

Por otro lado, el conductor de la salida de las celdas a las cargas, considerando que es conductor enterrado en tubo se designará:

HERSATENE W.B. RHZ1-S 12/20 kV 1 x 400 K Al + H 16 OL

Designa un cable unipolar de 12/20 kV, de 400 mm² de sección de Aluminio, de forma circular compacta, aislado con polietileno reticulado, con pantalla de cobre de 16 mm², con cubierta de poliolefina y con obturación longitudinal entre la cubierta y la pantalla semiconductor externa.

En resumen, los conductores aislados que se tienen son:

Salida del transformador de 20 MVA	HERSATENE W.B. RHZ1-S 12/20 kV 3 x 630 K Al + H 16 OL
Salida de las celdas a las cargas	HERSATENE W.B. RHZ1-S 12/20 kV 3 x 400 K Al + H 16 OL

Tabla 24.- Conductores aislados seleccionados

➤ **BOTELLAS TERMINALES**

Su papel consiste en conectar el cable y los equipos periféricos o la red. Los elementos constitutivos de un terminal son: la deflexión o reparto del campo eléctrico, la línea de fuga y las conexiones.

La deflexión. Se realiza mediante:

- un cono deflector en elastómero, premoldeado o encintado (a partir de 6 kV). La deflexión se efectúa con la forma geométrica del refuerzo del aislamiento en forma de doble cono, al final de la pantalla del cable. Se reconstruye luego en el cono, en el lado pantalla, una superficie conductora que prolonga la pantalla del cable. De esta manera se esparcen las líneas equipotenciales y se disminuyen artificialmente los esfuerzos locales.
- los repartidores lineales de elastómero premoldeado a encintado (hasta 36 kV). En este caso, se utilizan las propiedades de reparto lineal de la tensión de ciertos materiales para disminuir los esfuerzos locales.

Estos elementos de deflexión o de reparto de la tensión sirven para canalizar las líneas de campo al terminarse el semiconductor exterior del cable.

La línea de fuga. Es la distancia de aislamiento medida a lo largo de la superficie de separación entre los puntos de tensión y de puestos a tierra. Sirve para evitar la conducción directa por contorno en el fluido circundante (aire o gas o aceite). La línea de fuga es un concepto común para los terminales tipo interior y los terminales tipo exterior utilizados a la vez dentro y fuera de los recintos.

Coficiente de contaminación mm/kV x tensión máxima = línea de fuga del terminal (mm)

Las conexiones. Sirven para transmitir la potencia al usuario y deben corresponderse con la sección del cable. Se efectúan en dos etapas: mediante la conexión del conductor del cable en el terminal y mediante la conexión del terminal a la red.
 El conector metálico es de la misma naturaleza que el conductor del cable (cobre o aluminio).

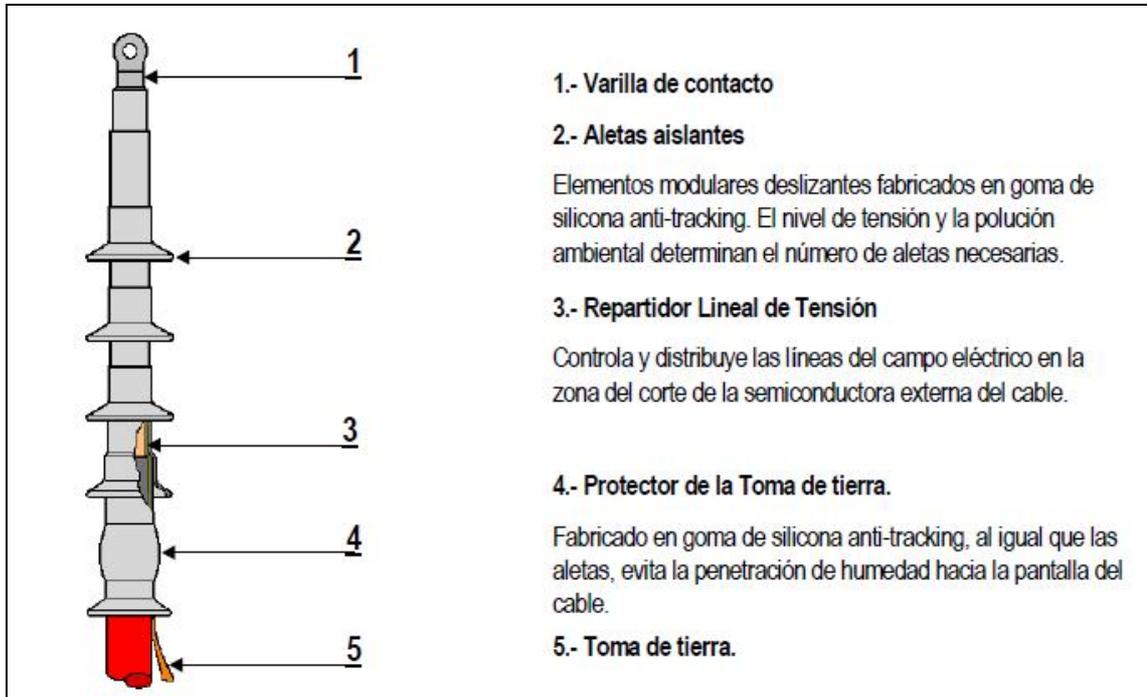


Figura 31.- Partes botella terminal

En el caso que nos ocupa, se coloca una botella terminal por fase, tres en total, para la salida del transformador de 20 MVA. Como se tienen dos transformadores de estas características, se necesitarán un total de seis botellas terminales. Dichos terminales deberán tener las características necesarias para acoplarle un conductor aislado de 630 mm^2 de sección.
 Este material se elige de la misma empresa que la del conductor aislado GENERAL CABLE, cuyas características son:



Figura 32.- Características botellas terminales

➤ CELDAS

Para la realización de la instalación se eligen los componentes que ofrece la firma ORMAZABAL, que dispone en su Sistema CGP de la gama de celdas modulares CGP.1 de Distribución Primaria tipo GIS, de Simple y Doble Barra, con aislamiento en SF₆, para el proyecto en desarrollo se ha considerado Simple Barra.

Las características principales de este producto son las siguientes:

- Certificación de resistencia ante arco interno (hasta 31,5 kA/1 s) Clase IAC AFL según ICE 62271-200.
- Conjunto de sellado y aislado en SF₆: Instalación, montaje en campo, ampliación y sustitución sin manipulación de gas.
- Pasatapas de hasta 2000 A para conectores acodados.
- Gama completa de simple y doble barra hasta 36 kV
- Estructura compartimentada metálica independiente con compartimentos de aparata separados.
- Presostatos en cada uno de los compartimentos de aparata.
- Accesibilidad frontal
- Zonas de maniobras (automatizada y manual).
- Modularidad y extensibilidad futura.

En las subestaciones eléctricas en los que la aparata a instalar es modular, los parámetros básicos para la elección de ésta son los siguientes:

- Tensión asignada: en el caso del presente proyecto será de 24 kV.
- La intensidad asignada en las funciones de línea y embarrado: en este caso se ha elegido 2000 A.
- La intensidad de corta duración admisible: 25 kA. Este dato depende de la compañía suministradora.

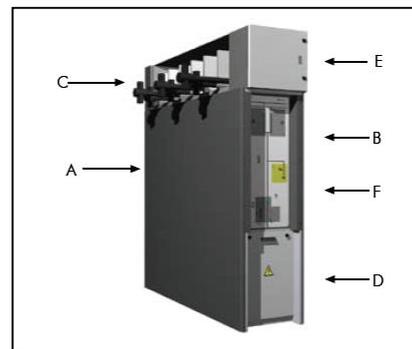
Teniendo en cuenta las características necesarias de la instalación las celdas a instalar serán modelo “CGP” de la marca mencionada anteriormente.

En primer lugar se redacta las características que ofrece este modelo de celdas para la instalación objeto del presente proyecto.

Estas celdas tienen las características de que forman un sistema de equipo modular de reducidas dimensiones para MT, con aislamiento y corte en gas, cuyos embarrados se conectan utilizando unos elementos de unión denominados “ORMALINK”, consiguiendo una conexión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas (polución, salinidad, inundación, etc.). Por ello el cálculo del embarrado viene implícito en la selección de la celda.

Estas celdas poseen las siguientes características constructivas:

- a y b) Compartimento de aparamenta
- c) Compartimento de barras
- d) Compartimento de cables
- e) Compartimento de control
- f) Interfaz de operaciones



a y b) Compartimento de aparamenta: sellados de por vida y con aislamiento en SF6, albergan los elementos de corte y maniobra según la siguiente disposición:

- Un compartimento para cada uno de los seccionadores de línea, uno al tratarse de simple barra.
- Un compartimento para el Interruptor Automático y el Seccionador de puesta a tierra.

Diseñados y ensayados para soportar un arco interno de hasta 31,5 kA/1 s, los compartimentos de aparamenta están fabricados en acero inoxidable y sellados de por vida. Ante arcos internos los gases que se generen pueden ser canalizados y enfriados a través de una chimenea situada en su parte posterior. Sus pasatapas superiores permiten la conexión al embarrado, mientras que los inferiores a los cables de Media Tensión.

Los presostatos compensados por temperatura, instalados en cada uno de los compartimentos de aparamenta de la celda, facilitan la monitorización de la presión de gas existente en cada una de ellas.

c) Compartimento de barras: situado en la parte superior de la celda, tiene como función el alojamiento del embarrado.

Cada una de las fases que componen el embarrado, presenta un aislamiento sólido y apantallado, puesto a tierra a través de la pletina colectora de tierra específica del compartimento. Gracias a esta disposición monofásica, la celda presenta una excelente fiabilidad en términos de continuidad del servicio. La instalación de un sistema de segregación de fases mediante placas metálicas puestas a tierra, permite soportar un arco interno de 31,5 kA/1 s.

d) Compartimento de cables: aloja en su interior frontalmente los pasatapas para conectores acodados. Ubicado en la zona interior de la celda y de acceso frontal, dispone para su acceso de una tapa enclavada con el sistema de puesta a tierra.

Este compartimento puede suministrarse preparado para soportar un arco interno de 31,5 kA/1 s, cumpliendo los criterios de la norma IEC 62271-200.

En síntesis, este compartimento está dimensionado para albergar en su interior los siguientes elementos:

- Hasta cuatro bornas apantalladas de conexión reforzada por fase.
- Bridas de sujeción para los cables de media tensión.
- Pletinas de puesta a tierra.
- Transformadores de intensidad toroidales.
- Transformadores de tensión enchufables.
- Autoválvulas.

Todos los elementos de la envolvente y por tanto de la base, están conectados a tierra por medio de un conductor constituido por una pletina de cobre diseñada para soportar la intensidad de corta duración asignada. Esta pletina no necesita ser desmontada para la introducción o extracción de un cable y su terminal correspondiente.

e) Compartimento de control: dispuesto en la parte superior de la celda e independiente de la zona de media tensión, está habilitado para la instalación de los equipos de medida y relés de protección, y contiene el bornero de señales de mando debidamente identificadas.

Las conexiones con la zona de maniobra se realizan mediante conectores, aumentando así la flexibilidad del conjunto, permitiendo en obre el montaje y conexión del cajón de control de una forma sencilla y directa.

f) Interfaz de operaciones: situada en la parte central incluye, junto con el sinóptico personalizado, los elementos de maniobra y señalización.

Enclavamientos: La función de los enclavamientos incluidos en todas las celdas presentan las siguientes funcionalidades:

- No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado, y recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal si el seccionador de puesta a tierra está conectado.
- No se pueda quitar la tapa frontal si el seccionador de puesta a tierra está abierto, y a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

En el caso del armario de Baja Tensión, será el adecuado para la ubicación de un interruptor de corte en carga cuyas características descriptivas se detallan más adelante.

A continuación se comentan cada una de las celdas por separado, definiendo sus características necesarias para la presente instalación:

○ **Celda de acoplamiento longitudinal de barras**

Esta celda tiene como función permitir el acoplamiento de las barras de una Celda de Media Tensión con las barras de otra celda.

Esta celda está equipada una con envolvente metálica tal y como ya sea comentado en las características generales, está formada por un módulo, el cual comercialmente se denomina “CPG.1-C”, el cual poseerá las siguientes características:

Incluye un interruptor automático de corte en vacío y los seccionadores de puesta a tierra en serie con él en un compartimento de aparamenta y dos seccionadores de línea en sus compartimentos correspondientes.

Características eléctricas:

Tensión asignada:	24 kV
Intensidad asignada:	2000 A
Intensidad de corta duración (1 s), eficaz:	25 kA
Intensidad de corta duración (1 s), cresta:	50 kA
Nivel de aislamiento	
➤ Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases:	50 kV
➤ Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta):	125 kV
Capacidad de cierre (cresta):	50 kA
Capacidad de corte:	
➤ Corriente principalmente activa:	2000 A

Tabla 25.- Características eléctricas celdas acoplamiento longitudinal barras

Características físicas:

Ancho:	600 mm
Fondo:	2004 mm
Alto:	2500 mm
Peso:	1400 kg

Tabla 26.- Dimensiones celdas MT, acoplamiento longitudinal de barras

Otras características constructivas:

Mando interruptor:	Manual
--------------------	--------

En la Subestación se colocan dos celdas de acoplamiento longitudinal de barras (uno por cada línea de 15 kV que se tienen).

○ **Celda de salida**

Es aquella celda encargada de proteger el conductor que alimenta a los consumidores, equipada con interruptor de corte en carga y seccionador de puesta a tierra.

Esta celda está equipada una con envolvente metálica tal y como ya sea comentado en las características generales, está formada por un módulo, el cual comercialmente se denomina “CGP.1-V1”, el cual poseerá las siguientes características:

Formada por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables.

Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

Características eléctricas:

Tensión asignada:	24 kV
Intensidad asignada:	2000 A
Intensidad de corta duración (1 s), eficaz:	25 kA
Intensidad de corta duración (1 s), cresta:	50 kA
Nivel de aislamiento:	
➤ Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases:	50 kV
➤ Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta):	125 kV
Capacidad de cierre (cresta):	50 kA
Capacidad de corte:	
➤ Corriente principalmente activa:	2000 A

Tabla 27.- Características eléctricas celdas de salida

Características físicas:

Ancho:	600 mm
Fondo:	2004 mm
Alto:	2500 mm
Peso:	1100 kg

Tabla 28.- Dimensiones celdas salida

Otras características constructivas:

Mando interruptor:	Manual
--------------------	--------

Puesto que la instalación es en bucle se instalarán cuatro cabinas como la descrita, haciendo la función de salida de línea hacia los consumidores, que en este caso será la potencia demandada por la ciudad.

o **Celda de protección general**

Para la variante de simple barra se dispone de un compartimento de aparamenta con un interruptor-seccionador de tres posiciones (cerrado/abierto/puesta a tierra), incluyendo protección con fusibles. Los fusibles se alojan en el interior de tubos portafusible estancos, que a su vez se encuentran en el compartimento de aparamenta, reforzando su nivel de aislamiento. La acción combinada por fusión de un fusible permite la apertura tripolar del interruptor. La función de esta celda es la de proteger el transformador de Servicios Auxiliares. La designación de esta celda según ORMAZABAL es CPG.1-F.

Características eléctricas:

Tensión asignada:	24 kV
Intensidad asignada:	2000 A
Intensidad de corta duración (1 s), eficaz:	25 kA
Intensidad de corta duración (1 s), cresta:	50 kA
Nivel de aislamiento	
➤ Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases:	50 kV
➤ Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta):	125 kV
Capacidad de corte:	
➤ Corriente principalmente activa:	2000 A

Tabla 29.- Características eléctricas celdas protección general

Características físicas:

Ancho:	600 mm
Fondo:	2004 mm
Alto:	2500 mm
Peso:	1000 kg

Tabla 30.- Dimensiones celdas protección general

○ **Celda de medida:**

Esta celda está formada por 3 transformadores de intensidad y 3 de tensión. El equipo de medida compuesto por los contadores, placas de comprobación y reloj, se encuentra situado fuera de la celda para evitar cualquier riesgo para la persona que realiza la lectura. Dicha celda se encuentra precintada por la Empresa Suministradora Eléctrica.

La celda cuyo nombre comercial es CPG.1 ekorRPS-TCP posee las dimensiones necesarias para incorporar los transformadores de cada tipo mencionados (tensión e intensidad), normalizados en las distintas compañías suministradoras de electricidad, en este caso, SEVILLANA-ENDESA. Las características de la celda son:

La tapa de la celda cuenta con los dispositivos que evitan la posibilidad de contactos indirectos y permiten el sellado de la misma, para garantizar la no manipulación de las conexiones.

Características eléctricas:

Tensión asignada:	24 kV
-------------------	-------

Características físicas:

Ancho:	800 mm
Fondo:	2004 mm
Alto:	2500 mm
Peso:	1200 kg

Tabla 31.- Dimensiones celda medida

Otras características constructivas:

Transformadores de medida:	3 TT y 3 TI
----------------------------	-------------

Tal y como prescribe la ITC-08 del MIE-RAT, los transformadores de medida y protección cumplirán con lo prescrito en la norma UNE 21088 y tendrán la potencia y grado de precisión correspondientes a las características de los aparatos que van a alimentar.

Deberán ponerse a tierra todas las partes metálicas de los transformadores de medida que no se encuentren sometidos a tensión.

Asimismo deberá conectarse a tierra un punto del circuito o circuitos secundarios de los transformadores de medida. Esta puesta a tierra deberá hacerse directamente en las bornas secundarias de los transformadores de medida, excepto en aquellos casos en que la instalación aconseje otro montaje.

En los circuitos secundarios de los transformadores de medida se aconseja la instalación de dispositivos que permitan la separación, para su verificación o

sustitución, de aparatos por ellos alimentados o la inserción de otros, sin necesidad de desconectar la instalación y, en el caso de los transformadores de intensidad, sin interrumpir la continuidad del circuito secundario.

La instalación de los transformadores de medida se hará de forma que sean fácilmente accesibles para su verificación o su eventual sustitución.

En el caso de transformadores de tensión, deberán tenerse muy en cuenta tanto sus características y las de la instalación, como los valores de la tensión de servicio, para evitar en lo posibles la aparición de los fenómenos de ferorresonancia.

Queda prohibido la instalación de contadores, máxímetros, relojes, bloques de prueba, etcétera, sobre los frentes de las celdas de medida donde la proximidad de elementos a alta tensión (MIE-RAT 12) presentan riesgos de accidentes para el personal encargado de las operaciones de verificación, cambio de horario y lectura.

Teniendo en cuenta dichas prescripciones de instalación según reglamento, a continuación se detallan las características que deberán poseer los tranformadores de medida.

Transformadores de tensión

Relación de transformación:	$17500/\sqrt{3} - 110 - 110/\sqrt{3} \text{ V}$
Sobretensión admisible en permanencia:	1,2 Un en permanencia
Factor nominal de tensión Un / 8h	1,9 Un durante 8 horas
Medida	
➤ Potencia:	50 VA
➤ Clase de precisión:	0,5
Protección	
➤ Potencia:	50 VA
➤ Clase de precisión:	3 P

Tabla 32.- Características eléctricas transformador de tensión celda medida

Transformadores de intensidad

Relación de transformación:	2000 A/5-5 A
Intensidad térmica:	1,2 In
Medida	
➤ Potencia:	15 VA
➤ Clase de precisión:	0,5 s
Protección	
➤ Potencia:	30 VA
➤ Clase de precisión:	5 P 20

Tabla 33.- Características transformador corriente celda medida

➤ **APARAMENTA DE MEDIDA Y PROTECCIÓN**

Medida

En la Subestación se deberá de tener controlados una serie de datos que nos afecta en la distribución, como son: la corriente, la tensión, la frecuencia, el factor de potencia y contadores de potencia. Por ello, se colocan a la salida de los transformadores de medida y protección: amperímetros, voltímetros, frecuencímetros, cosfímetros, vatímetros, contadores de activa y de reactiva. Estos aparatos, al igual que los relés hacen referencia a las medidas tomadas en cada uno de los disyuntores.

Una pequeña descripción de los aparatos:

- Voltímetro: Un voltímetro es un instrumento que sirve para medir la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico.
- Amperímetro: Un amperímetro es un instrumento que sirve para medir la intensidad de corriente que está circulando por un circuito eléctrico.
- Frecuencímetro: Un frecuencímetro es un instrumento que sirve para medir la frecuencia, contando el número de repeticiones de una onda en un intervalo de tiempo, mediante el uso de un contador que acumula el número de periodos. Dado que la frecuencia se define como el número de eventos de una clase particular ocurridos en un período, es generalmente sencilla su medida.
- Cosfímetro: un cosfímetro es un instrumento encargado de medir el factor de potencia.
- Vatímetro: El vatímetro es un instrumento electrodinámico para medir la potencia eléctrica o la tasa de suministro de energía eléctrica de un circuito eléctrico dado
- Contador de activa: es un instrumento encargado de contar la energía activa de la línea.
- Contador de reactiva: es un instrumento encargado de contar la energía reactiva de la línea.

Como en los relés, el esquema de conexión realizado se crea colocando cada aparato individualmente, pero en la realidad se escoge un módulo que ya hace la función de todos los elementos antes descritos.

El módulo es de la empresa ARTECHE, modelo DM 900, cuyas medidas son las siguientes:

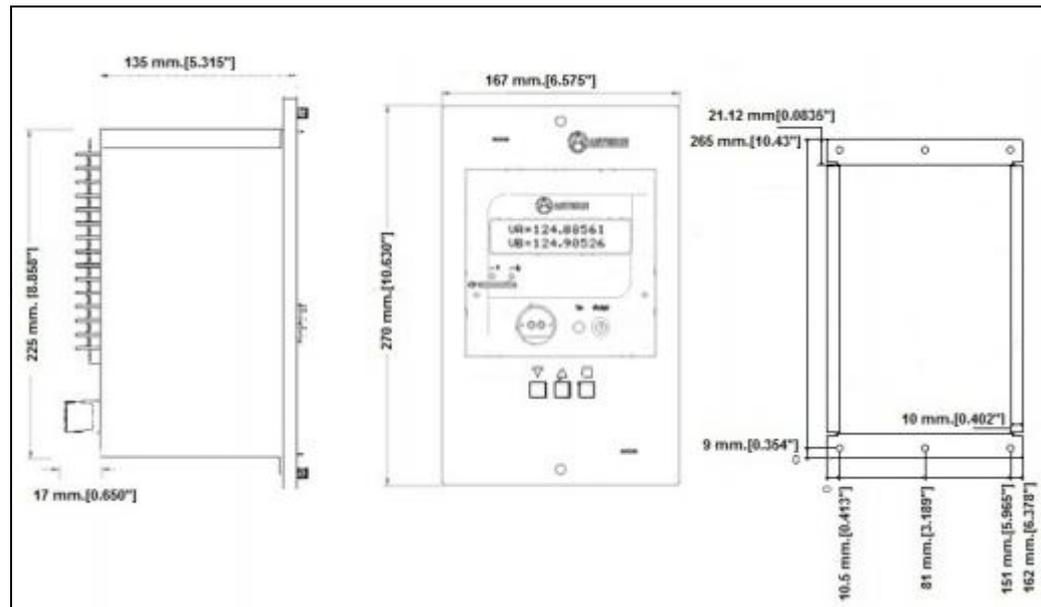


Figura 33- Características módulo medida

Como en los cálculos de los transformadores de medida y protección se necesitan los consumos de cada aparato de medida (ya que se consideran colocados individualmente para realizar un proceso más exacto en los cálculos del proyecto), se enumeran, a continuación dichos consumos.

- Voltímetro: 6 VA (conectado en tensión)
- Watímetro: 4 VA (conectado en tensión) y 3 VA (conectado en corriente)
- Contador activa: 5 VA (conectado en tensión) y 3 VA (conectado en corriente)
- Contador reactiva: 5 VA (conectado en tensión) y 3 VA (conectado en corriente)
- Frecuencímetro: 5 VA (conectado en tensión en fase R)
- Cosfímetro: 5 VA (conectado en tensión en fase R) y 6 VA (conectado en corriente en fase R)
- Amperímetro: 6 VA

Protección

Los dispositivos de protección habituales garantizan que la instalación eléctrica, en buena medida, quede protegida frente a los distintos tipos de faltas o defectos más habituales. La tarea de coordinar los distintos dispositivos de protección y maniobra para conseguir esa selectividad de las protecciones a la hora de actuar es competencia de los relés de protección.

Los relés a utilizar en la Subestación son los siguientes:

Relé de Sobreintensidad (50/51)

El aparato actúa cuando la corriente que circula sobrepasa la corriente nominal. Su consumo es de 5 VA.

- El relé temporizado de sobreintensidad independiente: es la combinación de relés de tiempo y de intensidad, cuando se detecta una sobreintensidad

se pone en funcionamiento el mecanismo de tiempo que es totalmente independiente de la magnitud de la intensidad.

- El relé temporizado de sobreintensidad térmico: este tipo de relé actúa al cabo de unos segundos de producirse la sobrecarga, disminuyendo el tiempo de disparo fuertemente al aumentar la intensidad

Relé de Sobretenión y Subtenión (59/27)

Su comportamiento es similar al relé de sobreintensidad no retardado, distinguiéndose dos tipos: de *mínima* y *máxima* tenión.

- El relé de mínima tenión actúa cuando la tenión de red disminuye a un valor que pudiera ser peligroso para los receptores ($< 85\%$ de VL) y que persiste durante cierto tiempo.
- El relé de máxima tenión tiene la misión de evitar la elevación de la tenión de red a valores superiores al máximo previsible.

El consumo de este relé es de 10 VA para el de sobretenión y 5 VA para el de subtenión.

Relé Direccional (21)

La misión básica de este tipo de proteccón es la de conseguir una selectividad en la instalacón a base de determinar cuál es la direccón del defecto producido. Cuando la potencia medida por el relé no lleva el sentido de circulacón que le corresponde, el relé actúa. La manera de determinar el sentido de circulacón de la potencia es por medio de la composicón vectorial de los flujos creados por una bobina de corriente y una bobina de tenión. El consumo de este relé es de 10 VA.

Relé Diferencial (87)

Las protecciones diferenciales, en general, son en realidad sistemas de proteccón selectivos o cerrados, en los que la operacón de la proteccón y la selectividad de la misma dependen de la comparacón de las intensidades de cada uno de los extremos de la zona protegida.

Estas protecciones están basadas en la primera ley de Kirchhoff, por lo que la actuacón de la misma dependerá de que la suma de las corrientes que llegan al nudo, o zona protegida, no sea cero.

En condiciones normales, la suma de las corrientes que circulen por la bobina del relé será cero, no produciéndose en tal caso la actuacón del mismo. Pero cuando se produzca una anomalía en la zona protegida y dicha diferencia de corrientes tenga un valor distinto a cero por la bobina del relé, éste actuará en el circuito de mando del disyuntor correspondiente.

El consumo de este relé es de 10 VA.

Relé de Sobretensión Homopolar (64)

Se utiliza para detección de fallas a tierra, sistemas de alta resistencia a tierra o sistemas trifásicos compensados. También se utiliza para detección de fallas a tierra, corriente de generadores mediante la medida de directamente conectados al barraje. El consumo de este relé es de 5 VA.

Relé de Subfrecuencia (81)

Para mantener una calidad de servicio se ha de mantener estable la frecuencia, para lo cual es necesario que exista un equilibrio entre la generación y el consumo. Estos relés pueden realizar la medida de frecuencia con valores de tensión muy inferiores al nominal (en torno al 10%), aunque por razones de utilización se diseñan para ser bloqueados cuando la tensión de servicio baja por debajo del 50%. El consumo de este relé es de 5 VA.

Relé de desequilibrio (47)

Detecta la posible corriente que puede circular entre las dos estrellas. Su consumo es de 5 VA.

Relé de Temperatura (49)

Estos dispositivos son termómetros acondicionados con microinterruptores para mandar señales de alarma de disparo para la desconexión de carga o para arrancar ventiladores para la protección del transformador.

Relé Buchholz (63)

En los transformadores de potencia que disponen de refrigeración por aceite, con su correspondiente depósito de expansión, la gran mayoría de las averías internas se ven reflejadas en la calidad del aceite. Estas alteraciones del aceite se manifiestan en el momento en que se calienta anormalmente, por medio de la formación de gases (con un característico burbujeo). El burbujeo del gas se puede detectar muy bien por medio de un relé Buchholz, el cual se basa en la apertura o cierre de un contacto mediante una gota de mercurio, todo ello dentro de una ampolla que se balancea con las burbujas.

Los relés se van a elegir de la empresa ARTECHE, concretamente, unos módulos en donde aparecen todos los relés que se necesitan según las partes de la Subestación. Aunque en los planos se realizan con los relés colocados individualmente y, para el cálculo de los transformadores de medida y protección también se considerarán colocados individualmente, en la realidad se utilizarán módulos de agrupación de relés.

A continuación, se describen los relés que llevarán asignado cada parte de la Subestación, así como el módulo elegido de la empresa ARTECHE:

- Entrada al embarrado de 132 kV
 - Relé de Sobretensión y Subtensión (59/27)
 - Relé Direccional (21)
 - Relé de Sobreintensidad (50/51)

Miramos en el catálogo de Artech, y elegimos para la protección de las líneas de entrada el smART P500-LT.

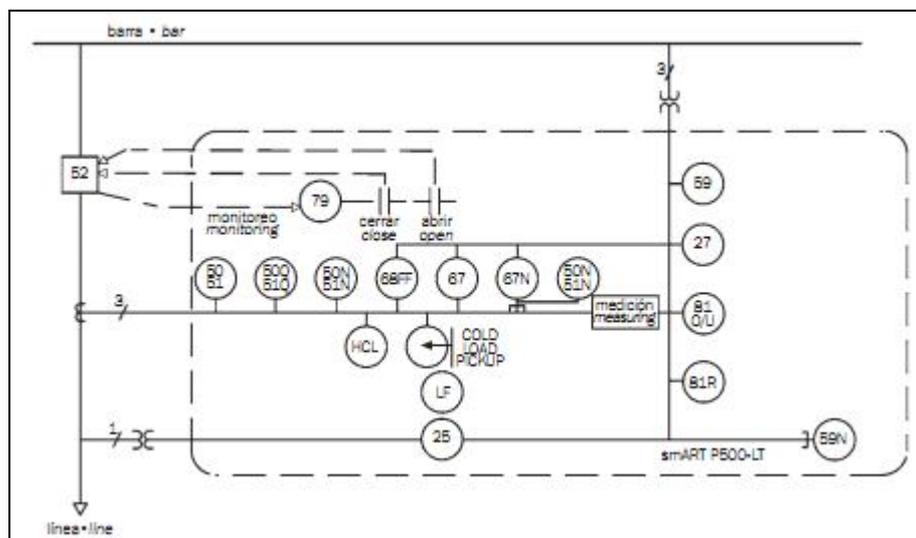


Figura 34.- Protección línea entrada

Estos relés van asociados al DISYUNTOR 52-1.

- Protección del transformador de 75 MVA (salida y entrada al transformador)
 - Relé de Sobreintensidad (50/51)
 - Relé de Diferencial (87)
 - Relé Bouchold (63)
 - Relé de Temperatura (49)

Miramos en el catálogo de Artech, y elegimos para la protección del transformador el modelo PD 300-2.

El modelo PD 300-2 lleva incorporados los relés 50/51, 49 y 87, que son los que nos hacen falta, ya que el propio transformador de potencia lleva incorporados el Buchholz.

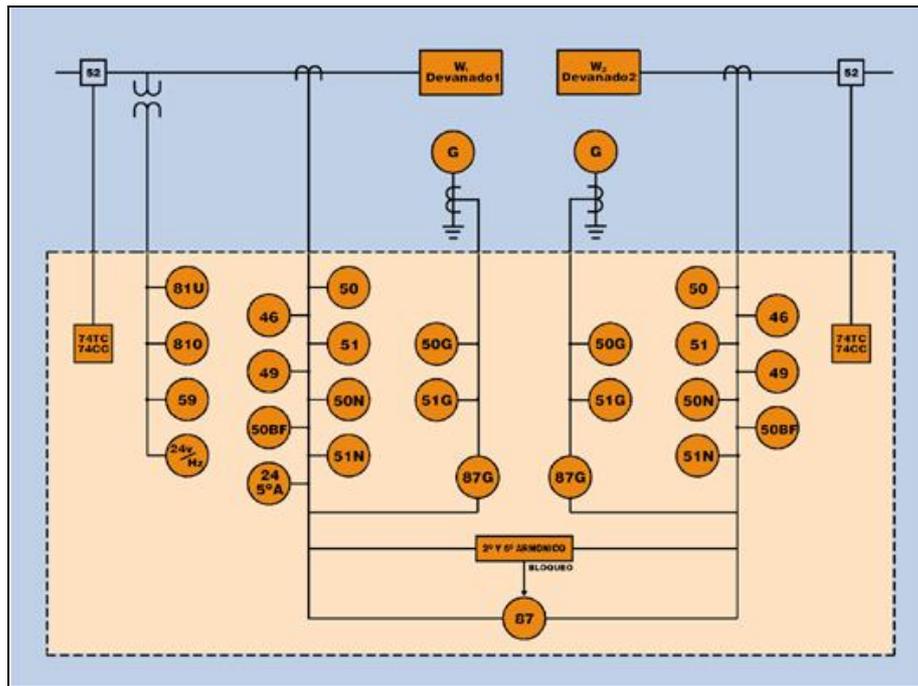


Figura 35.- Protección transformador potencia

Estos relés van asociados al DISYUNTOR 52-2 y al DISYUNTOR 52-3.

- Posición de barras de 45 kV
 - Relé de Sobretensión Homopolar (64)
 - Relé de Subfrecuencia (81)

Miramos en el catálogo de Artech, y elegimos para la protección de las líneas de entrada el smART P500-AL

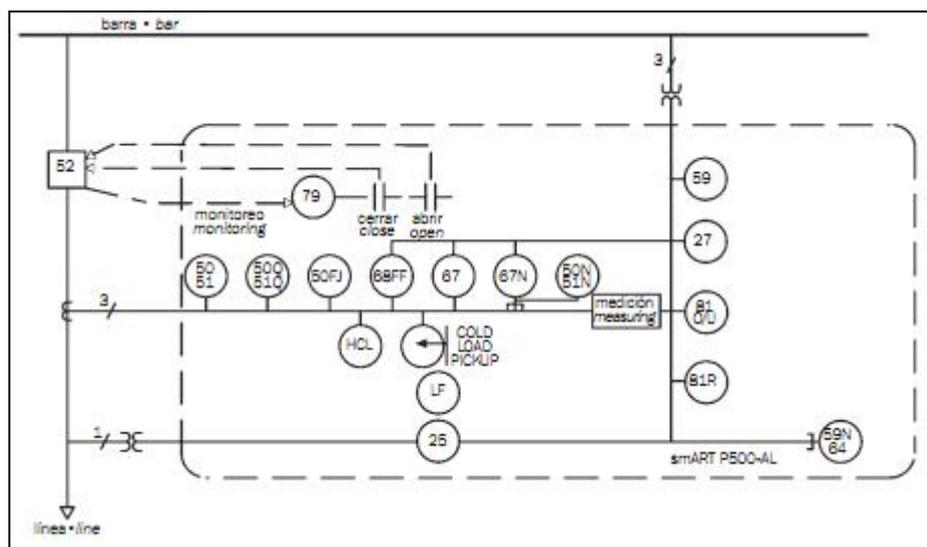


Figura 36.- Protección barras 45 kV

Estos relés van asociados al DISYUNTOR 52-4.

- Protección Baterías de Condensadores
- Relé de Sobretensión y Subtensión (59/27)
- Relé de Sobreintensidad (50/51)

Para la batería de condensadores colocamos de la casa Arteché el modelo PL300BC-A:

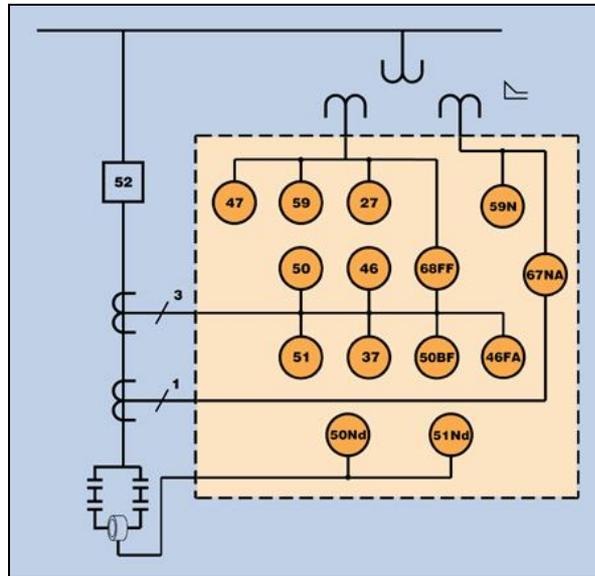


Figura 38.- Protección baterías condensadores

Estos relés van asociados al DISYUNTOR 52-7.

A parte, la batería de condensadores llevará un relé de protección de desequilibrio (47), asociado con un transformador de intensidad acoplado al neutro de las estrellas que forman la batería de condensadores. El relé se elige de la empresa ARTECHE, siendo totalmente independiente (sin ningún otro relé).

Dimensiones:

- smART P500

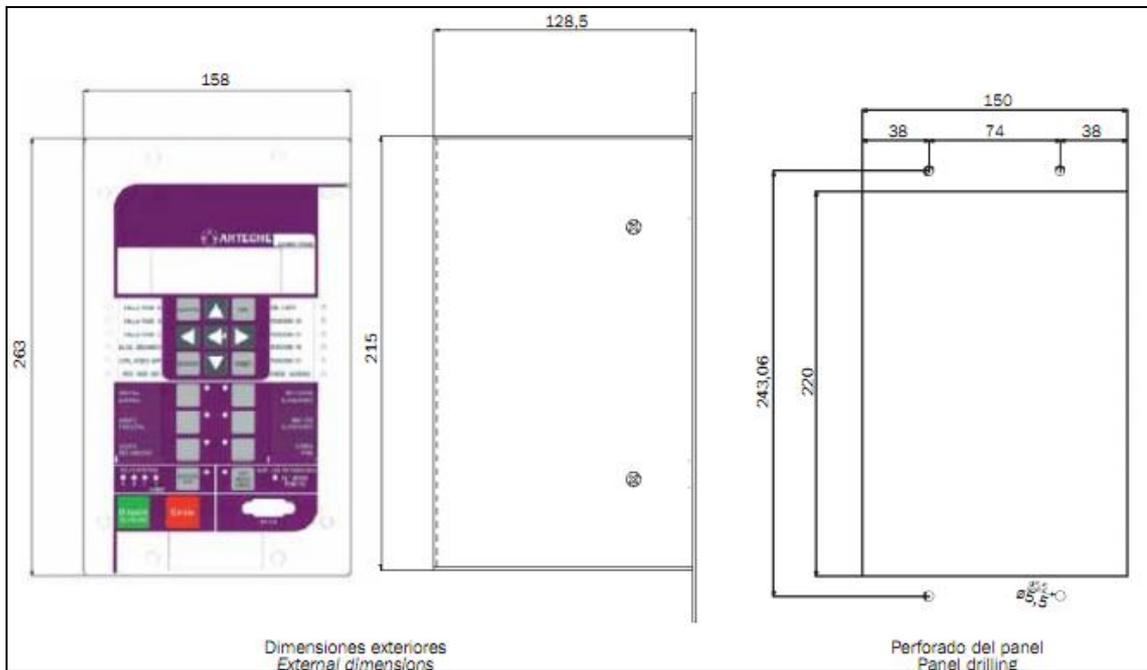


Figura 39.- Dimensiones módulo protección smART P500

- PD300 y PL300

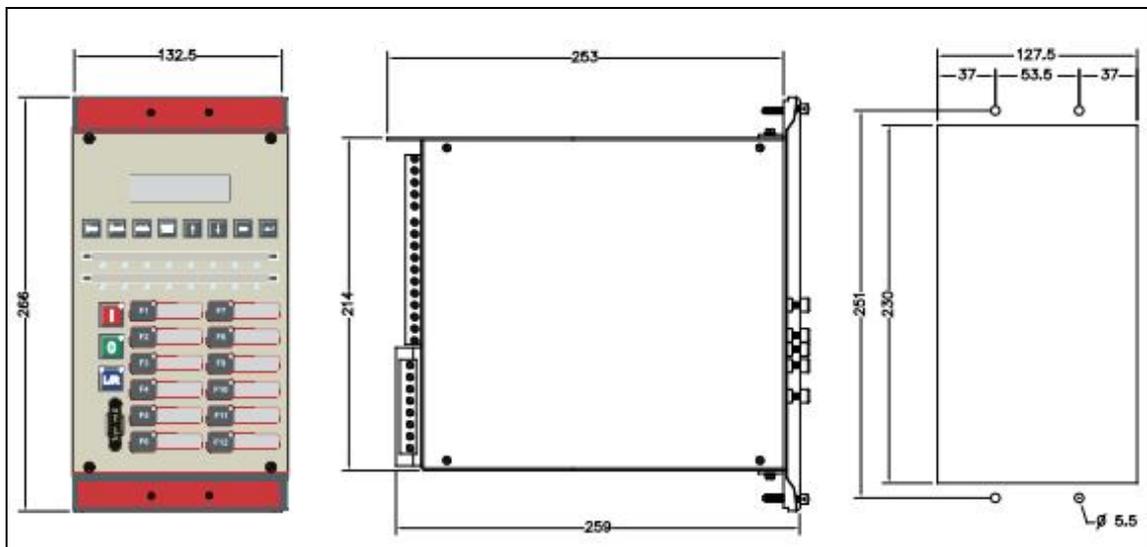


Figura 40.- Dimensiones módulo protección PD300 y PL300

➤ **BATERÍA DE CORRIENTE CONTINUA**

Las baterías forman una parte importante de las subestaciones transformadoras, ya que tienen como función principal almacenar la energía que se utiliza en el disparo de los interruptores, por lo que deben hallarse siempre en óptimas condiciones de funcionamiento. Dichas baterías forman parte de los servicios auxiliares de la subestación. El sistema de baterías se utiliza para energizar:

- Circuitos de mando, indicación de posición y alarmas.
- Circuitos de Protección de Primer Nivel.
- Circuitos de Protección de Segundo Nivel.
- Circuitos de energía para los motores de los accionamientos eléctricos de la aparamenta.
- Circuitos de Comunicaciones y Telecontrol

Según normativa de Endesa, concretamente el documento SDC00100, con el fin de asegurar la alimentación de todos los circuitos y poder dotar a todos los equipos de la Subestación que lo requieran de un doble circuito de fuente de alimentación de la protección –contacto de la protección -bobina disparo, las cargas se repartirán entre dos distribuciones de corriente, denominadas **Batería1** y **Batería2**.

La evolución de los Servicios Auxiliares de corriente continua en función del crecimiento de la Subestación determina la puesta en paralelo de tantos módulos de alimentación por cada distribución.

Las dos distribuciones de corriente: **Batería 1** y **Batería 2** podrán socorrerse mutuamente cerrando el seccionador de unión barras (S1); de esta forma se facilita el mantenimiento de los módulos de alimentación.

Distribución Batería 1

En la Tabla siguiente se indican las salidas que se conectan a esta distribución con sus funciones y cargas máximas.

Nombre	Imáx. (A)	Puntas (A)	Servicios que alimenta
Alarmas	0,2	-	Contactos de alarma de los aparatos
Mando y Prot. AT	5	74	Mando aparamenta AT, Protecciones Nivel 1
Mando y Prot. MT	10,6	28	Mando aparamenta MT, Protecciones Nivel 1

Tabla 34.- Cargas batería corriente continua 1

Según catálogo, el modelo recomendado para la subestación es:

Casa: BP Solar

Modelo: Baterías Fulmen PowerBlock, s190

I = 190 Ah

R = 1,9 mΩ

Peso = 13,6 Kg.

Medidas = 206 x 103 x 403 mm

Distribución Batería 2

En la Tabla siguiente se indican las salidas que se conectan a esta distribución con sus funciones y cargas máximas.

Nombre	Imáx. (A)	Puntas (A)	Servicios que alimenta
Motores AT		19 114	Seccionadores y Disyuntores AT
Motores MT		6,4 38,4	Seccionadores y Disyuntores MT

Tabla 35.- Cargas batería corriente continua 2

Según catálogo, el modelo recomendado para la subestación es:

Casa: BP Solar

Modelo: Baterías Fulmen PowerBlock, s750

I = 735 Ah

R = 0,66 mΩ

Peso = 37 Kg.

Medidas = 206 x 166 x 519 mm

➤ TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES

Como se ha comentado se ubicará en el interior de la caseta de la Subestación un único transformador, el cual según las necesidades mismo deberá poseer las siguientes características para dar servicio.

Se elige un transformador trifásico reductor de tensión, construido según las normas citadas ENDESA, de la marca "Alkargo", con neutro accesible en el secundario, de una potencia 160 kVA y refrigeración por circulación natural del aire, de tensión primaria 16 kV y tensión secundaria 420 V en vacío.

Características constructivas:

Regulación en el primario	+/- 5%, +/- 2,5%, +10%
Tensión de cortocircuito (Vcc):	6%
Grupo de conexión:	Dyn11

Tabla 36.- Características constructivas transformador servicios auxiliares

Características físicas:

Las características se observan en la tabla siguiente, donde las dimensiones que refleja hacen referencia a la imagen que acompaña a dicha tabla.

Potencia asignada kVA		100	160	250	400	630	800	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500	
Longitud.	A	1.100	1.140	1.230	1.350	1.530	1.590	1.680	1.740	1.830	1.830	1.980	
Anchura.	B	650	650	800	800	800	800	800	1.020	1.020	1.020	1.270	
Altura.	C	1.200	1.210	1.280	1.400	1.580	1.620	1.680	1.900	2.060	2.240	2.260	
Diametro Rueda.	D	125						200					
Distancia entre ejes de ruedas	E	520		670				820			1.070		
Altura libre de rueda	F	35						45					
Espesor rueda	G	40						70					
Anchura de bastidor	H	650		800				1.020			1.270		
Altura terminal AT	J	810	820	830	1.020	1.100	1.120	1.190	1.140	1.430	1.610	1.640	
Altura terminal BT	K	1.130	1.140	1.230	1.380	1.560	1.560	1.620	1.820	1.960	2.140	2.180	
Distancia entre fases	L	370	380	410	450	510	530	560	580	610	610	660	
Dimension terminal BT	M	40		60	80	100			100	100	120		
Espesor terminal BT	N	5		6	6	8			10	12	12		
Separación terminal BT	P	165	175	185	200	210	220	230	235	270	280	290	
Peso, Kg.	Q	710	830	1.080	1.530	2.020	2.220	2.740	3.390	4.100	4.500	5.600	

Tabla 37.- Características técnicas transformador servicios auxiliares

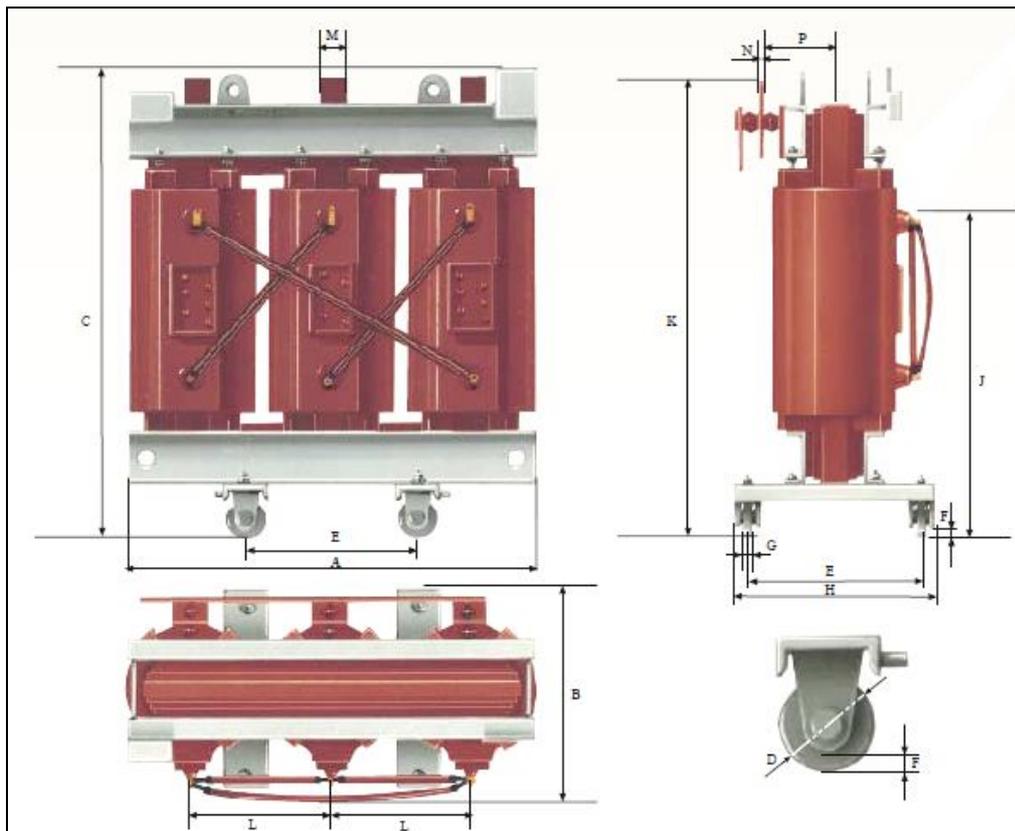


Figura 41.- Dimensiones transformador servicios auxiliares

Ventilación

Para evitar calentamientos excesivos, perjudiciales para un correcto funcionamiento, es necesario disipar la energía térmica producida por el transformador durante su funcionamiento.

La circulación natural del aire se dirige desde la parte inferior hacia la superior (efecto chimenea) y las dimensiones de las aperturas son función de las pérdidas a disipar y de la temperatura del aire entrante y saliente de la celda.

La apertura inferior debe estar situada cercana al transformador, lo más bajo posible, mientras que la superior debe tener una sección del 15% mayor para tener en cuenta la menor densidad del aire caliente.

- Cálculo

La cantidad de aire necesaria puede ser calculada según la siguiente fórmula:

$$Q = Pt / 1,15 \cdot \Delta\theta [m^3 / s]$$

La superficie neta de la rejilla inferior viene dada por la fórmula:

$$S = 10,752 \cdot (Pt / \sqrt{H \cdot \theta^2}) [m^2]$$

Siendo:

Pt = pérdidas totales a eliminar en kW.

θ = diferencia de temperatura en °C, entre el aire de entrada y el de salida.

Q = aporte de aire en m³/s que atraviesa la rejilla.

H = distancia en metros, entre la mitad del transformador y la mitad de la rejilla superior de la celda.

S = superficie neta en m² (excluida la rejilla) de la apertura inferior.

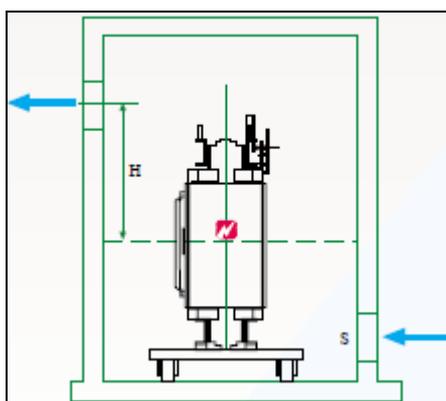


Figura 42.- Ventilación transformador servicios auxiliares

Según se declara en la ITC 07 del MIE RAT, constructivamente hablando los transformadores deberán de cumplir con la norma UNE 20101 y la norma UNE 20138 (Transformadores de potencia).

Además el transformador deberá disponer de un dispositivo que permita, en escalones apropiados, la regulación en carga de la tensión para asegurar la continuidad del servicio.

Se admite también la existencia de una regulación de tensión sin servicio, máquina sin servicio, a fin de adaptar su relación de transformación a las exigencias de la red. Se ha de procurar que esta operación se realice desde el exterior, sin tener que recurrir a levantar la tapa de la máquina.

La unión entre las celdas y el transformador se efectuará con conductores de aluminio de sección de 95mm^2 con aislamiento XLPE.

Una vez instalado el transformador en su interior, si este equipa ruedas de transporte deberán ser bloqueadas con el fin de evitar desplazamientos cuando la instalación se encuentre en funcionamiento.

Por último, todos los cables de fuerza, control y señalización instalados exteriormente al transformador y que forman conjunto de él, deberán ser resistentes a la degradación por líquidos aislantes, agentes meteorológicos y no propagaran la llama.

➤ **SERVICIOS AUXILIARES**

Los circuitos de alimentación del Alumbrado y pequeña fuerza formarán parte del cuadro de distribución de los servicios auxiliares de corriente alterna de la Subestación, cuyas características funcionales y constructivas se definen en los documentos SFC002 y SDC002 respectivamente de la Normativa ENDESA.

El cuadro de distribución de los servicios auxiliares de corriente alterna, se instalará en un armario metálico con puerta transparente y bastidor giratorio de $2000 \times 800 \times 600$ mm. que cumplirá con lo indicado en la Norma GE NNC002 “Armarios metálicos para equipos de control y protección”.

Dos módulos del citado cuadro de distribución general se destinaran a:

- Distribución, protección y mando de la instalación de Alumbrado General y de Emergencia.
- Distribución y protección de la instalación de Pequeña Fuerza.

Todos los cálculos justificativos correspondientes a los apartados siguientes se podrán observar en el apartado de anexo de cálculos.

ALUMBRADO

La Subestación dispondrá de los siguientes tipos de alumbrado:

- Alumbrado general, utilizado cuando exista alimentación de la red general procedente del Cuadro de Distribución de corriente alterna de Servicios Auxiliares de la Subestación.
- Alumbrado de emergencia, utilizado cuando se produzca el fallo del alumbrado general por falta de tensión en la red general y exista presencia de personal en la instalación, detectada por encendido de algún punto de luz del alumbrado normal.

Las luminarias estarán distribuidas en dos sectores, con alimentación y protección independiente, de forma que el encendido de un solo grupo reduzca uniformemente a la mitad el nivel de iluminación.

Las luminarias seleccionadas son de la empresa INDALUX, modelo 402-IFT-D-EL, tipo 2x36W FD G13. Número de unidades utilizadas, 4.

- **Alumbrado dependencias**, en el almacén y aseo, la iluminación se realizará con regletas de superficie sin reflector aptas para uno o dos tubos fluorescentes de 36 W.

Dispondrá de un solo circuito de alimentación.

Para el almacén se deben colocar 4 luminarias de la empresa INDALUX, modelo 402-IFK, tipo 2x36W FD G13.

Para el aseo se necesita 1 luminaria de la empresa INDALUX, modelo 402-IFK, tipo 2x36W FD G13. Además, se le colocará un punto de luz de 26 W para la zona del inodoro.

Alumbrado exterior:

	Nivel de Iluminación
- Parque AT	5 / 20 Lux
- Puerta acceso	20 Lux
- Zona valla perimetral	20 Lux

En el cuadro de distribución en el modulo de alumbrado, se instalará un automatismo de encendido por célula fotoeléctrica, con conmutadores de tres posiciones en cada uno de los circuitos de alimentación.

El encendido del alumbrado de cada grupo se realizará según la posición adoptada en el conmutador:

Posición 0: Fuera de servicio.

Posición 1: Manual.

Posición 2: Automático por célula fotoeléctrica.

- **Alumbrado Parque AT**, como sistema de iluminación normal del Parque AT, se adopta un alumbrado mediante luminarias provistas de lámparas de 250 W, de vapor de sodio de alta presión, montadas sobre la estructura metálica, mediante brazos murales a la altura de 3 m sobre el nivel del suelo ó sobre columnas de acero inoxidable de 3 m de altura.

La luminaria se instalara en la columna de la estructura, teniendo en cuenta que para su mantenimiento no sea necesario su desplazamiento, ni dejar sin tensión los equipos de AT más cercanos.

Cuando por las dimensiones de la instalación imposibiliten el montaje de luminarias sobre estructura ó columnas soporte, se instalara proyectores provistos de lámparas de 250 W, de vapor de sodio de alta presión.

Los equipos de encendido se instalarán en cajas estancas adecuadas a este fin.

Las luminarias estarán distribuidas en dos sectores, con alimentación y protección independiente, de forma que el encendido de un grupo de un nivel de iluminación de 5 lux. El encendido de los dos grupos dará un nivel de iluminación de 20 lux.

Para el alumbrado del Parque AT se deben colocar 6 luminarias de la empresa INDALUX, modelo IKC-VT, tipo 1x250 W ME E40.

- **Alumbrado de accesos y de la valla exterior**, el nivel medio de iluminación será como mínimo de 20 lux en una franja de 6 m de ancho y a lo largo de la valla perimetral de la Subestación, con un factor de uniformidad medio de 0,25.

Para la iluminación de accesos y zonas exteriores se utilizarán luminarias equipadas con lámparas de vapor de sodio de alta presión, instaladas sobre columnas o báculos de acero galvanizado.

Al igual que el alumbrado del Parque AT, el tipo de encendido se realizará según la posición adoptada para el conmutador instalado en el cuadro de distribución.

Para el acceso se deben colocar 1 luminaria de la empresa INDALUX, modelo IKC-VT, tipo 1x250W ME E40.

Para la valla exterior se deben colocar 26 luminarias de la empresa INDALUX, modelo IKC-VT, tipo 1x250W ME E40.

Alumbrado de Emergencia

El alumbrado de emergencia se montará únicamente el interior del edificio. Se realizará mediante equipos autónomos gobernados por un dispositivo de control a distancia temporizado a 5 min, de forma que el encendido definitivo de los equipos se producirá cuando falte la tensión alterna o cuando ésta descienda al 70 % de su valor normal y exista presencia de personal en la instalación, detectada por estar en posición conectado uno de los interruptores del alumbrado normal.

Cada equipo estará dotado de un tubo fluorescente de 8 W cuyo flujo luminoso sea de 440 lúmenes como mínimo. Dichos equipos irán fijados en las paredes del edificio y situados de forma que permitan señalar las vías de salida al exterior, el alumbrado de emergencia entrará en servicio en su totalidad.

Las líneas que alimentan directamente los circuitos individuales de las lámparas de los alumbrados especiales están protegidos por interruptores automáticos con una intensidad nominal de 10 amperios como máximo. Una misma línea no podrá alimentar más de 12 puntos de luz o si en la dependencia considerada, existiesen varios puntos de luz de alumbrado especial, estos deberán ser repartidos al menos entre dos líneas diferentes, aunque su número sea inferior a doce.

El modelo seleccionado es NOVA N10 TCA, cuyo consumo es de 11 W y un flujo luminoso de 485 lúmenes y un total de seis unidades.

PEQUEÑA FUERZA

Los elementos de protección y distribución de la pequeña fuerza se instalarán en el Módulo de Pequeña Fuerza del armario general. Desde este Módulo constituido por barras repartidoras (3F+N) para una intensidad nominal de 100 A, capacidad térmica de 15 kA y dinámica de 38 kA (cresta) y con protección magnetotérmica y diferencial.

Sectores y circuitos**Máquina 1:** Alimentación a Batería de corriente continua 1 (L.F1)

Situación: Sala para celdas MT y transformador servicios auxiliares

Suministro: Trifásico

$$P_n = 5000 \text{ W}$$

$$I_n = 7.22 \text{ A}$$

$$\cos \delta = 1$$

Observación: el suministro eléctrico en alterna no circula directamente hacia la batería de corriente alterna ya que este elemento sólo puede consumir corriente continua, es por ello que conectará entre el consumo en alterna y la batería de corriente continua un inversor modelo TC25/110 de la empresa asp.

Máquina 2: Alimentación a Batería de corriente continua 2 (L.F2)

Situación: Sala para celdas MT y transformador servicios auxiliares

Suministro: Trifásico

$$P_n = 9 \text{ kW}$$

$$I_n = 13 \text{ A}$$

$$\cos \delta = 1$$

Observación: el suministro eléctrico en alterna no circula directamente hacia la batería de corriente alterna ya que este elemento sólo puede consumir corriente continua, es por ello que conectará entre el consumo en alterna y la batería de corriente continua un inversor modelo TC25/110 de la empresa asp.

Máquina 3: Calefacción y aire acondicionado (Climatización) (L.F3)

Situación: Oficina/Sala de Control

Suministro: Trifásico

$$P_n = 3500 \text{ W}$$

$$I_n = 7.43 \text{ A}$$

$$\cos \delta = 0.85$$

Según ITC-BT-47, los conductores que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor, por tanto, la potencia a considerar es:

$$P = 1.25 \cdot 3500 \text{ W} = 4375 \text{ W} \text{ y por tanto, su } I_n = 7.43 \text{ A}$$

Tomas de corriente

Cuadro General: L.F4

Situación: Oficinas, Sala para celdas MT y aseo

Suministro: Monofásico

$$P_n = 3680 \text{ W}$$

$$I_n = 16 \text{ A}$$

$$\cos \delta = 1$$

Cuadro General: L.F5

Situación: Taller/Almacén

Suministro: Monofásico

$$P_n = 3680 \text{ W}$$

$$I_n = 16 \text{ A}$$

$$\cos \delta = 1$$

Cuadro General: L.F6

Situación: Varios

Suministro: Trifásico

$$P_n = 17.6 \text{ kW}$$

$$I_n = 32 \text{ A}$$

$$\cos \delta = 1$$

CONDUCTORES

La instalación será de superficie.

Los conductores serán de reducida emisión de humos y estarán formados por conductores de cobre electrolítico tipo recocido, tensión nominal a la frecuencia de 50 Hz, Vo/V - 0,6/1 kV, del tipo multipolar o unifilar.

El cable multipolar, que cumplirán con la Norma GE NNC007, se utilizará en todas las acometidas desde el Cuadro General hasta los distintos sectores y en la distribución y alimentación a los aparatos receptores. Su tendido se realizará por las bandejas existentes, teniendo en cuenta su disponibilidad o por canaleta de PVC autoextinguible.

Cuando el número de conductores no justifique la instalación de la canaleta, circularán por el interior de tubos de PVC rígido autoextinguible sin curvas.

El cable unifilar solamente se utilizará en la distribución y alimentación a los aparatos receptores. Su tendido se realizará por canaleta de PVC autoextinguible, por el interior de tubos de PVC rígido autoextinguible con curvas o tubos coarrugados en el caso de instalación empotrada.

Para los circuitos que alimenten receptores en el exterior de la Subestación, se utilizará cable multipolar y su tendido se realizará por zanjas de cables, protegidos a la salida con tubo de PVC rígido autoextinguible sin curvas.

DETECCIÓN DE INCENDIOS

El equipo de detección constará de una serie de elementos detectores, instalados en lugares apropiados, que ante la presencia de humo y calor, otros, activan una alarma, que será recogida en una Central de Incendios controlada por microprocesador y conectada con el sistema de control. Concretamente se utiliza la central convencional de detección de incendios de la empresa Schneider Electric, modelo CCFD4804, central de 4 zonas de detección convencionales, pudiendo mezclar hasta 30 dispositivos (detectores y pulsadores) en la misma zona de detección. Dimensiones: 354x280x100 mm.

EQUIPO DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS

En cada habitáculo, a excepción del aseo, se coloca un extintor de polvo seco de 6 kg. en las proximidades de la entrada principal de cada sala. Además, en la sala para celdas y transformador de servicios auxiliares, se coloca un extintor de CO₂ de 5 kg. (también conocidos como Nieve Carbónica o Anhídrido Carbónico), situado en la entrada principal de dicha zona.

2.3.2. RED DE TIERRAS

El objetivo de una conexión a tierra es proveer un medio para facilitar el flujo de la corriente del sistema de potencia a tierra en condiciones normales y condiciones de falta.

La oposición que se presenta a la circulación de esta corriente se llama resistencia de tierra.

Las características de una conexión a tierra, varían con las composiciones y el estado físico del terreno, así como de la extensión, calibre del conductor y configuración de la malla de tierras. El terreno puede estar formado por combinación de materiales naturales de diferente resistividad, puede ser homogéneo y en algunos casos estar formado por granito, arena o roca, etc.

Consecuentemente, las características de una conexión a tierra (resistencia óhmica), varían con las estaciones del año, y se producen por cambios en la temperatura, contenido de humedad (sales solubles en los estratos), composición y compactación del terreno.

La construcción de redes de tierra tiene por objeto reducir la resistencia de tierra; la cual esta formada por un conjunto de conductores enterrados a una profundidad de 80 centímetros, formando una configuración cuadrículada y conectados mediante soldadura cadweld entre sí. Todo el equipo eléctrico y estructuras metálicas instalados en la subestación deben estar solidamente conectado a esta malla de tierras.

Las funciones de la red de tierra son las siguientes:

1. Proporcionar un circuito de muy baja impedancia, para conducir o drenar a tierra las corrientes producidas por sobretensiones.
2. Evitar que durante la circulación de corrientes de falta a tierra, puedan producirse diferencias de potencial entre distintos puntos de la subestación que puedan ser peligrosos, y que pongan en riesgo la seguridad del personal.
3. Brindar una referencia de potencial “cero” durante la operación del sistema eléctrico, como lo hace para las conexiones de los neutros de equipos eléctricos conformados por devanados, evitando sobrevoltajes que pudieran resultar peligrosos para los mismos y para el personal.
4. Conexiones a tierra que se realicen temporalmente durante maniobras o mantenimiento de la instalación.
5. La disponibilidad de una conexión a tierra para protección contra descargas atmosféricas.
6. Facilitar la operación de los dispositivos de protección para la liberación de fallas a tierra.

Se diferenciarán dos tierras en la subestación:

- Tierra de Protección (para los herrajes y neutros de los transformadores de potencia): será un mallazo de cable de cobre desnudo de 95 mm², de dimensiones 150x100.
Se conectan todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales de todos los aparatos y equipos instalados en la Subestación, se unen a la tierra de protección,
- Tierra de Servicio, Con objeto de evitar tensiones peligrosas en BT, debido a faltas en la red de MT, el neutro del sistema de BT se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de MT, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un

cable de cobre aislado. Estará compuesta por cable de cobre desnudo y 8 picas en hilera separadas entre sí 8 metros. Esta tierra se situará alejada de la mencionada anteriormente a veinte metros de profundidad con respecto a la malla.

3. RESUMEN PRESUPUESTO

Presupuesto ejecución material	3.881.132 €
Gastos generales, 13%	504.547,16 €
Beneficio Industrial, 6%	232.867,92 €
I.V.A, 18%	831.338,47 €
TOTAL	5.449.885,55 €

El coste de la “Subestación Eléctrica 132/45/15 kV” asciende a una cantidad de cinco millones cuatrocientos cuarenta y nueve mil ochocientos ochenta y cinco euros con cincuenta y cinco céntimos.

4. CONSIDERACIONES FINALES

En los apartados anteriores se han expuesto cuantas particularidades han servido de base para la confección de este Proyecto, cumpliéndose cuantas prescripciones afectan a la instalación, contenidas en el vigente Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.

También se han tenido en cuenta las recomendaciones de la Compañía suministradora de la zona a realizar la instalación SEVILLANA-ENDESA.

Se acompañan los planos necesarios para la interpretación del contenido del proyecto.

Los materiales a utilizar, serán los citados en el presente proyecto, con objeto de cumplir las características requeridas por la instalación. Estos deberán ser aceptados por el Técnico Director de obra antes de su instalación.

El montaje se realizará con arreglo a la más depurada técnica y por especialistas avalados por la experiencia en instalaciones análogas, bajo las órdenes y supervisión del Director de obra.

Considerando suficientes los datos aportados para su estudio por parte de los Organismos Oficiales, quedo a su disposición para cumplimentar cuanto fuese requerido y se espera que este proyecto merezca servir de base para la construcción y posterior puesta en servicio de la instalación proyectada.

Puente Genil, Mayo de 2011

D. MANUEL BERRAL ARJONA

ANEXO DE SEGURIDAD

1. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

1.1. INTRODUCCIÓN

La ley **31/1995**, de 8 de noviembre de 1995, de **Prevención de Riesgos Laborales** tiene por objeto la determinación del cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

Como ley establece un marco legal a partir del cual las **normas reglamentarias** irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.

Estas normas complementarias quedan resumidas a continuación:

- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

1.2. DERECHOS Y OBLIGACIONES

1.2.1. DERECHO A LA PROTECCIÓN FRENTE A LOS RIESGOS LABORALES

Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.

A este efecto, el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, con las especialidades que se recogen en los artículos siguientes en materia de evaluación de riesgos, información, consulta, participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente y vigilancia de la salud.

1.2.2. PRINCIPIOS DE LA ACCIÓN PREVENTIVA

El empresario aplicará las medidas preventivas pertinentes, con arreglo a los siguientes principios generales:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se pueden evitar.

- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.
- Adoptar las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.
- Prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador.

1.2.3. EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS

La acción preventiva en la empresa se planificará por el empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, que se realizará, con carácter general, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad, y en relación con aquellos que estén expuestos a riesgos especiales. Igual evaluación deberá hacerse con ocasión de la elección de los equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo.

De alguna manera se podrían clasificar las causas de los riesgos en las categorías siguientes:

- Insuficiente calificación profesional del personal dirigente, jefes de equipo y obreros.
- Empleo de maquinaria y equipos en trabajos que no corresponden a la finalidad para la que fueron concebidos o a sus posibilidades.
- Negligencia en el manejo y conservación de las máquinas e instalaciones. Control deficiente en la explotación.
- Insuficiente instrucción del personal en materia de seguridad.

Referente a las máquinas herramienta, los riesgos que pueden surgir al manejarlas se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Se puede producir un accidente o deterioro de una máquina si se pone en marcha sin conocer su modo de funcionamiento.
- La lubricación deficiente conduce a un desgaste prematuro por lo que los puntos de engrase manual deben ser engrasados regularmente.
- Puede haber ciertos riesgos si alguna palanca de la máquina no está en su posición correcta.
- El resultado de un trabajo puede ser poco exacto si las guías de las máquinas se desgastan, y por ello hay que protegerlas contra la introducción de virutas.
- Puede haber riesgos mecánicos que se deriven fundamentalmente de los diversos movimientos que realicen las distintas partes de una máquina y que pueden provocar que el operario:
- Entre en contacto con alguna parte de la máquina o ser atrapado entre ella y cualquier estructura fija o material.

- Sea golpeado o arrastrado por cualquier parte en movimiento de la máquina.
- Ser golpeado por elementos de la máquina que resulten proyectados.
- Ser golpeado por otros materiales proyectados por la máquina.
- Puede haber riesgos no mecánicos tales como los derivados de la utilización de energía eléctrica, productos químicos, generación de ruido, vibraciones, radiaciones, etc.

Los movimientos peligrosos de las máquinas se clasifican en cuatro grupos:

- Movimientos de rotación. Son aquellos movimientos sobre un eje con independencia de la inclinación del mismo y aún cuando giren lentamente. Se clasifican en los siguientes grupos:
 - Elementos considerados aisladamente tales como árboles de transmisión, vástagos, brocas, acoplamientos.
 - Puntos de atrapamiento entre engranajes y ejes girando y otras fijas o dotadas de desplazamiento lateral a ellas.
- Movimientos alternativos y de traslación. El punto peligroso se sitúa en el lugar donde la pieza dotada de este tipo de movimiento se aproxima a otra pieza fija o móvil y la sobrepasa.
- Movimientos de traslación y rotación. Las conexiones de bielas y vástagos con ruedas y volantes son algunos de los mecanismos que generalmente están dotadas de este tipo de movimientos.
- Movimientos de oscilación. Las piezas dotadas de movimientos de oscilación pendular generan puntos de "tijera" entre ellas y otras piezas fijas.

Las actividades de prevención deberán ser modificadas cuando se aprecie por el empresario, como consecuencia de los controles periódicos previstos en el apartado anterior, su inadecuación a los fines de protección requeridos.

1.2.4. EQUIPOS DE TRABAJO Y MEDIOS DE PROTECCIÓN

Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda presentar un riesgo específico para la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que:

- La utilización del equipo de trabajo quede reservada a los encargados de dicha utilización.
- Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizados por los trabajadores específicamente capacitados para ello.

El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos.

1.2.5. INFORMACIÓN, CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES

El empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban todas las informaciones necesarias en relación con:

- Los riegos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos.

Los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos competentes en esta materia, dirigidas a la mejora de los niveles de la protección de la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, en materia de señalización en dichos lugares, en cuanto a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en las obras de construcción y en cuanto a utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

1.2.6. FORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES

El empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva.

1.2.7. MEDIDAS DE EMERGENCIA

El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa, así como la posible presencia de personas ajenas a la misma, deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento.

1.2.8. RIESGO GRAVE E INMINENTE

Cuando los trabajadores estén expuestos a un riesgo grave e inminente con ocasión de su trabajo, el empresario estará obligado a:

- Informar lo antes posible a todos los trabajadores afectados acerca de la existencia de dicho riesgo y de las medidas adoptadas en materia de protección.
- Dar las instrucciones necesarias para que, en caso de peligro grave, inminente e inevitable, los trabajadores puedan interrumpir su actividad y además estar en condiciones, habida cuenta de sus conocimientos y de los medios técnicos puestos a su disposición, de adoptar las medidas necesarias para evitar las consecuencias de dicho peligro.

1.2.9. VIGILANCIA DE LA SALUD

El empresario garantizará a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo, optando por la realización de aquellos reconocimientos o pruebas que causen las menores molestias al trabajador y que sean proporcionales al riesgo.

1.2.10. DOCUMENTACIÓN

El empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la siguiente documentación:

- Evaluación de los riesgos para la seguridad y salud en el trabajo, y planificación de la acción preventiva.
- Medidas de protección y prevención a adoptar.
- Resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo.
- Práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores.
- Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo.

1.2.11. COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES EMPRESARIALES

Cuando en un mismo centro de trabajo desarrollen actividades trabajadores de dos o más empresas, éstas deberán cooperar en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos laborales.

1.2.12. PROTECCIÓN DE TRABAJADORES ESPECIALMENTE SENSIBLES A DETERMINADOS RIESGOS

El empresario garantizará, evaluando los riesgos y adoptando las medidas preventivas necesarias, la protección de los trabajadores que, por sus propias características personales o estado biológico conocido, incluidos aquellos que tengan reconocida la situación de discapacidad física, psíquica o sensorial, sean específicamente sensibles a los riesgos derivados del trabajo.

1.2.13. PROTECCIÓN DE LA MATERNIDAD

La evaluación de los riesgos deberá comprender la determinación de la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de las trabajadoras en situación de embarazo o parto reciente, a agentes, procedimientos o condiciones de trabajo que puedan influir negativamente en la salud de las trabajadoras o del feto, adoptando, en su caso, las medidas necesarias para evitar la exposición a dicho riesgo.

1.2.14. PROTECCIÓN DE LOS MENORES

Antes de la incorporación al trabajo de jóvenes menores de dieciocho años, y previamente a cualquier modificación importante de sus condiciones de trabajo, el empresario deberá efectuar una evaluación de los puestos de trabajo a desempeñar por los mismos, a fin de determinar la naturaleza, el grado y la duración de su exposición, teniendo especialmente en cuenta los riesgos derivados de su falta de experiencia, de su inmadurez para evaluar los riesgos existentes o potenciales y de su desarrollo todavía incompleto.

1.2.15. RELACIONES DE TRABAJO TEMPORALES, DE DURACIÓN DETERMINADA Y EN EMPRESAS DE TRABAJO TEMPORAL

Los trabajadores con relaciones de trabajo temporales o de duración determinada, así como los contratados por empresas de trabajo temporal, deberán disfrutar del mismo nivel de protección en materia de seguridad y salud que los restantes trabajadores de la empresa en la que prestan sus servicios.

1.2.16. OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS

Corresponde a cada trabajador velar, según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas, por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.

Los trabajadores, con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán en particular:

- Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario.
- No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes.
- Informar de inmediato un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente.

1.3. SERVICIOS DE PREVENCIÓN

1.3.1. PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES

En cumplimiento del deber de prevención de riesgos profesionales, el empresario designará uno o varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad, constituirá un servicio de prevención o concertará dicho servicio con una entidad especializada ajena a la empresa.

Los trabajadores designados deberán tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y de los medios precisos y ser suficientes en número, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos a que están expuestos los trabajadores.

En las empresas de menos de seis trabajadores, el empresario podrá asumir personalmente las funciones señaladas anteriormente, siempre que desarrolle de forma habitual su actividad en el centro de trabajo y tenga capacidad necesaria.

El empresario que no hubiere concertado el Servicio de Prevención con una entidad especializada ajena a la empresa deberá someter su sistema de prevención al control de una auditoría o evaluación externa.

1.3.2. SERVICIOS DE PREVENCIÓN

Si la designación de uno o varios trabajadores fuera insuficiente para la realización de las actividades de prevención, en función del tamaño de la empresa, de los riesgos a que están expuestos los trabajadores o de la peligrosidad de las actividades desarrolladas, el empresario deberá recurrir a uno o varios servicios de prevención propios o ajenos a la empresa, que colaborarán cuando sea necesario.

Se entenderá como servicio de prevención el conjunto de medios humanos y materiales necesarios para realizar las actividades preventivas a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, asesorando y asistiendo para ello al empresario, a los trabajadores y a sus representantes y a los órganos de representación especializados.

1.4. CONSULTA Y PARTICIPACION DE LOS TRABAJADORES

1.4.1. CONSULTA DE LOS TRABAJADORES

El empresario deberá consultar a los trabajadores, con la debida antelación, la adopción de las decisiones relativas a:

- La planificación y la organización del trabajo en la empresa y la introducción de nuevas tecnologías, en todo lo relacionado con las consecuencias que éstas pudieran tener para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- La organización y desarrollo de las actividades de protección de la salud y prevención de los riesgos profesionales en la empresa, incluida la designación de los trabajadores encargados de dichas actividades o el recurso a un servicio de prevención externo.
- La designación de los trabajadores encargados de las medidas de emergencia.
- El proyecto y la organización de la formación en materia preventiva.

1.4.2. DERECHOS DE PARTICIPACIÓN Y REPRESENTACIÓN

Los trabajadores tienen derecho a participar en la empresa en las cuestiones relacionadas con la prevención de riesgos en el trabajo.

En las empresas o centros de trabajo que cuenten con seis o más trabajadores, la participación de éstos se canalizará a través de sus representantes y de la representación especializada.

1.4.3. DELEGADOS DE PREVENCIÓN

Los Delegados de Prevención son los representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos en el trabajo. Serán designados por y entre los representantes del personal, con arreglo a la siguiente escala:

- De 50 a 100 trabajadores: 2 Delegados de Prevención.
- De 101 a 500 trabajadores: 3 Delegados de Prevención.

- De 501 a 1000 trabajadores: 4 Delegados de Prevención.
- De 1001 a 2000 trabajadores: 5 Delegados de Prevención.
- De 2001 a 3000 trabajadores: 6 Delegados de Prevención.
- De 3001 a 4000 trabajadores: 7 Delegados de Prevención.
- De 4001 en adelante: 8 Delegados de Prevención.

En las empresas de hasta treinta trabajadores el Delegado de Prevención será el Delegado de Personal. En las empresas de treinta y uno a cuarenta y nueve trabajadores habrá un Delegado de Prevención que será elegido por y entre los Delegados de Personal.

2. DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACION DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

2.1. INTRODUCCION

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las *normas reglamentarias* las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a *garantizar que en los lugares de trabajo exista una adecuada señalización de seguridad y salud*, siempre que los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente a través de medios técnicos de protección colectiva.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **485/1997** de 14 de Abril de 1.997 establece las *disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo*, entendiéndose como tales aquellas señalizaciones que referidas a un objeto, actividad o situación determinada, proporcionen una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual.

2.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO

La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- Las características de la señal.
- Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.
- La extensión de la zona a cubrir.
- El número de trabajadores afectados.

Para la señalización de desniveles, obstáculos u otros elementos que originen riesgo de caída de personas, choques o golpes, así como para la señalización de riesgo eléctrico, presencia de materias inflamables, tóxicas, corrosivas o riesgo biológico, podrá optarse por una señal de advertencia de forma triangular, con un pictograma

característico de color negro sobre fondo amarillo y bordes negros.

Las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de color blanco o amarillo.

Los equipos de protección contra incendios deberán ser de color rojo.

La señalización para la localización e identificación de las vías de evacuación y de los equipos de salvamento o socorro (botiquín portátil) se realizará mediante una señal de forma cuadrada o rectangular, con un pictograma característico de color blanco sobre fondo verde.

La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal.

Los medios y dispositivos de señalización deberán ser limpiados, mantenidos y verificados regularmente.

3. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO

3.1. INTRODUCCION

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las ***normas reglamentarias*** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a *garantizar que de la presencia o utilización de los equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores en la empresa o centro de trabajo no se deriven riesgos para la seguridad o salud de los mismos*.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto ***1215/1997*** de 18 de Julio de 1.997 establece las ***disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo***, entendiéndose como tales cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.

3.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO

El empresario adoptará las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos.

Deberá utilizar únicamente equipos que satisfagan cualquier disposición legal o reglamentaria que les sea de aplicación.

Para la elección de los equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta los siguientes factores:

- Las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar.
- Los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- En su caso, las adaptaciones necesarias para su utilización por trabajadores discapacitados.

Adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones adecuadas. Todas las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo se realizará tras haber parado o desconectado el equipo. Estas operaciones deberán ser encomendadas al personal especialmente capacitado para ello.

El empresario deberá garantizar que los trabajadores reciban una formación e información adecuadas a los riesgos derivados de los equipos de trabajo. La información, suministrada preferentemente por escrito, deberá contener, como mínimo, las indicaciones relativas a:

- Las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las situaciones o formas de utilización anormales y peligrosas que puedan preverse.
- Las conclusiones que, en su caso, se puedan obtener de la experiencia adquirida en la utilización de los equipos de trabajo.

3.2.1. DISPOSICIONES MÍNIMAS GENERALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO

Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y no deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria.

Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo de caída de objetos o de proyecciones deberá estar provisto de dispositivos de protección adecuados a dichos riesgos.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.

Si fuera necesario para la seguridad o la salud de los trabajadores, los equipos de trabajo y sus elementos deberán estabilizarse por fijación o por otros medios.

Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar

riesgo de accidente por contacto mecánico, deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas.

Las zonas y puntos de trabajo o mantenimiento de un equipo de trabajo deberán estar adecuadamente iluminadas en función de las tareas que deban realizarse.

Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de los trabajadores.

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo o indirecto de la electricidad y los que entrañen riesgo por ruido, vibraciones o radiaciones deberá disponer de las protecciones o dispositivos adecuados para limitar, en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos.

Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos.

La utilización de todos estos equipos no podrá realizarse en contradicción con las instrucciones facilitadas por el fabricante, comprobándose antes del iniciar la tarea que todas sus protecciones y condiciones de uso son las adecuadas.

Deberán tomarse las medidas necesarias para evitar el atrapamiento del cabello, ropas de trabajo u otros objetos del trabajador, evitando, en cualquier caso, someter a los equipos a sobrecargas, sobrepresiones, velocidades o tensiones excesivas.

3.2.2. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO MOVILES

Los equipos con trabajadores transportados deberán evitar el contacto de éstos con ruedas y orugas y el aprisionamiento por las mismas. Para ello dispondrán de una estructura de protección que impida que el equipo de trabajo incline más de un cuarto de vuelta o una estructura que garantice un espacio suficiente alrededor de los trabajadores transportados cuando el equipo pueda inclinarse más de un cuarto de vuelta. No se requerirán estas estructuras de protección cuando el equipo de trabajo se encuentre estabilizado durante su empleo.

Las carretillas elevadoras deberán estar acondicionadas mediante la instalación de una cabina para el conductor, una estructura que impida que la carretilla vuelque, una estructura que garantice que, en caso de vuelco, quede espacio suficiente para el trabajador entre el suelo y determinadas partes de dicha carretilla y una estructura que mantenga al trabajador sobre el asiento de conducción en buenas condiciones.

Los equipos de trabajo automotores deberán contar con dispositivos de

frenado y parada, con dispositivos para garantizar una visibilidad adecuada y con una señalización acústica de advertencia. En cualquier caso, su conducción estará reservada a los trabajadores que hayan recibido una información específica.

3.2.3. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA ELEVACION DE CARGAS

Deberán estar instalados firmemente, teniendo presente la carga que deban levantar y las tensiones inducidas en los puntos de suspensión o de fijación. En cualquier caso, los aparatos de izar estarán equipados con limitador del recorrido del carro y de los ganchos, los motores eléctricos estarán provistos de limitadores de altura y del peso, los ganchos de sujeción serán de acero con "pestillos de seguridad" y los carriles para desplazamiento estarán limitados a una distancia de 1 m de su término mediante topes de seguridad de final de carrera eléctricos.

Deberá figurar claramente la carga nominal.

Deberán instalarse de modo que se reduzca el riesgo de que la carga caiga en picado, se suelte o se desvíe involuntariamente de forma peligrosa. En cualquier caso, se evitará la presencia de trabajadores bajo las cargas suspendidas. Caso de ir equipadas con cabinas para trabajadores deberá evitarse la caída de éstas, su aplastamiento o choque.

Los trabajos de izado, transporte y descenso de cargas suspendidas, quedarán interrumpidos bajo régimen de vientos superiores a los 60 km/h.

3.2.4. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA MOVIMIENTO DE TIERRAS Y MAQUINARIA PESADA EN GENERAL

Las máquinas para los movimientos de tierras estarán dotadas de faros de marcha hacia adelante y de retroceso, servofrenos, freno de mano, bocina automática de retroceso, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y antiimpactos y un extintor.

Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar los riesgos por atropello.

Durante el tiempo de parada de las máquinas se señalará su entorno con "señales de peligro", para evitar los riesgos por fallo de frenos o por atropello durante la puesta en marcha.

Si se produjese contacto con líneas eléctricas el maquinista permanecerá inmóvil en su puesto y solicitará auxilio por medio de las bocinas. De ser posible el salto sin riesgo de contacto eléctrico, el maquinista saltará fuera de la máquina sin tocar, al unísono, la máquina y el terreno.

Antes del abandono de la cabina, el maquinista habrá dejado en reposo,

en contacto con el pavimento (la cuchilla, cazo, etc.), puesto el freno de mano y parado el motor extrayendo la llave de contacto para evitar los riesgos por fallos del sistema hidráulico.

Las pasarelas y peldaños de acceso para conducción o mantenimiento permanecerán limpios de gravas, barros y aceite, para evitar los riesgos de caída.

Se prohíbe el transporte de personas sobre las máquinas para el movimiento de tierras, para evitar los riesgos de caídas o de atropellos.

Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los cortes (taludes o terraplenes) a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras, para evitar los riesgos por caída de la máquina.

Se señalarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico.

Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m. del borde de la excavación (como norma general).

No se debe fumar cuando se abastezca de combustible la máquina, pues podría inflamarse. Al realizar dicha tarea el motor deberá permanecer parado.

Se prohíbe realizar trabajos en un radio de 10 m entorno a las máquinas de hinca, en prevención de golpes y atropellos.

Las cintas transportadoras estarán dotadas de pasillo lateral de visita de 60 cm de anchura y barandillas de protección de éste de 90 cm de altura. Estarán dotadas de encauzadores antidesprendimientos de objetos por rebose de materiales. Bajo las cintas, en todo su recorrido, se instalarán bandejas de recogida de objetos desprendidos.

Los compresores serán de los llamados "silenciosos" en la intención de disminuir el nivel de ruido. La zona dedicada para la ubicación del compresor quedará acordonada en un radio de 4 m. Las mangueras estarán en perfectas condiciones de uso, es decir, sin grietas ni desgastes que puedan producir un reventón.

Cada tajo con martillos neumáticos, estará trabajado por dos cuadrillas que se turnarán cada hora, en prevención de lesiones por permanencia continuada recibiendo vibraciones. Los pisones mecánicos se guiarán avanzando frontalmente, evitando los desplazamientos laterales. Para realizar estas tareas se utilizará faja elástica de protección de cintura, muñequeras bien ajustadas, botas de seguridad, cascos antirruído y una mascarilla con filtro mecánico recambiable.

3.2.5. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LA MAQUINARIA HERRAMIENTA

Las máquinas-herramienta estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento y sus motores eléctricos estarán protegidos por la carcasa.

Las que tengan capacidad de corte tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.

Las que se utilicen en ambientes inflamables o explosivos estarán protegidas mediante carcasas antideflagrantes. Se prohíbe la utilización de máquinas accionadas mediante combustibles líquidos en lugares cerrados o de ventilación insuficiente.

Se prohíbe trabajar sobre lugares encharcados, para evitar los riesgos de caídas y los eléctricos.

Para todas las tareas se dispondrá una iluminación adecuada, en torno a 100 lux.

En prevención de los riesgos por inhalación de polvo, se utilizarán en vía húmeda las herramientas que lo produzcan.

Las mesas de sierra circular, cortadoras de material cerámico y sierras de disco manual no se ubicarán a distancias inferiores a tres metros del borde de los forjados, con la excepción de los que estén claramente protegidos (redes o barandillas, petos de remate, etc). Bajo ningún concepto se retirará la protección del disco de corte, utilizándose en todo momento gafas de seguridad antiproyección de partículas. Como normal general, se deberán extraer los clavos o partes metálicas hincadas en el elemento a cortar.

Con las pistolas fija-clavos no se realizarán disparos inclinados, se deberá verificar que no hay nadie al otro lado del objeto sobre el que se dispara, se evitará clavar sobre fábricas de ladrillo hueco y se asegurará el equilibrio de la persona antes de efectuar el disparo.

Para la utilización de los taladros portátiles y rozadoras eléctricas se elegirán siempre las brocas y discos adecuados al material a taladrar, se evitará realizar taladros en una sola maniobra y taladros o rozaduras inclinadas a pulso y se tratará no recalentar las brocas y discos.

En las tareas de soldadura por arco eléctrico se utilizará yelmo del soldar o pantalla de mano, no se mirará directamente al arco voltaico, no se tocarán las piezas recientemente soldadas, se soldará en un lugar ventilado, se verificará la inexistencia de personas en el entorno vertical de puesto de trabajo, no se dejará directamente la pinza en el suelo o sobre la perfilera, se escogerá el electrodo adecuada para el cordón a ejecutar y se suspenderán los trabajos de soldadura con vientos superiores a 60 km/h y a la intemperie con régimen de lluvias.

En la soldadura oxiacetilénica (oxicorte) no se mezclarán botellas de gases distintos, éstas se transportarán sobre bateas enjauladas en posición vertical y atadas, no se ubicarán al sol ni en posición inclinada y los mecheros

estarán dotados de válvulas antirretroceso de la llama. Si se desprenden pinturas se trabajará con mascarilla protectora y se hará al aire libre o en un local ventilado.

4. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION

4.1. INTRODUCCION

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las *normas reglamentarias* las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a *garantizar la seguridad y la salud en las obras de construcción*.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **1627/1997** de 24 de Octubre de 1.997 establece las *disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción*, entendiéndose como tales cualquier obra, pública o privada, en la que se efectúen trabajos de construcción o ingeniería civil.

La obra en proyecto referente a la *Ejecución de una Línea Eléctrica de Alta Tensión* se encuentra incluida en el **Anexo I** de dicha legislación, con la clasificación **a) Excavación, b) Movimiento de tierras, c) Construcción, e) Acondicionamiento o instalación, k) Mantenimiento y l) Trabajos de pintura y de limpieza**.

Al tratarse de una obra con las siguientes condiciones:

- a) El presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto es inferior a 75 millones de pesetas.
- b) La duración estimada es inferior a 30 días laborables, no utilizándose en ningún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- c) El volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, es inferior a 500.

Por todo lo indicado, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un *estudio básico de seguridad y salud*. Caso de superarse alguna de las condiciones citadas anteriormente deberá realizarse un estudio completo de seguridad y salud.

4.2. ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD

4.2.1. RIESGOS MAS FRECUENTES EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION

Los *Oficios* más comunes en la obra en proyecto son los siguientes:

- Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.
- Relleno de tierras.
- Encofrados.
- Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.
- Trabajos de manipulación del hormigón.
- Montaje de estructura metálica
- Montaje de prefabricados.
- Albañilería.
- Instalación eléctrica definitiva y provisional de obra.

Los *riesgos más frecuentes* durante estos oficios son los descritos a continuación:

- Deslizamientos, desprendimientos de tierras por diferentes motivos (no emplear el talud adecuado, por variación de la humedad del terreno, etc).
- Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramienta y maquinaria pesada en general.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.
- Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.
- Los derivados de los trabajos pulverulentos.
- Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos, etc).
- Desprendimientos por mal apilado de la madera, planchas metálicas, etc.
- Cortes y heridas en manos y pies, aplastamientos, tropiezos y torceduras al caminar sobre las armaduras.
- Hundimientos, rotura o reventón de encofrados, fallos de entibaciones.
- Contactos con la energía eléctrica (directos e indirectos), electrocuciones, quemaduras, etc.
- Cuerpos extraños en los ojos, etc.
- Agresión por ruido y vibraciones en todo el cuerpo.
- Microclima laboral (frío-calor), agresión por radiación ultravioleta, infrarroja.
- Agresión mecánica por proyección de partículas.
- Golpes.
- Cortes por objetos y/o herramientas.
- Incendio y explosiones.
- Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.
- Carga de trabajo física.
- Deficiente iluminación.
- Efecto psico-fisiológico de horarios y turno.

4.2.2. MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER GENERAL

Se establecerán a lo largo de la obra letreros divulgativos y señalización de los

riesgos (vuelco, atropello, colisión, caída en altura, corriente eléctrica, peligro de incendio, materiales inflamables, prohibido fumar, etc), así como las medidas preventivas previstas (uso obligatorio del casco, uso obligatorio de las botas de seguridad, uso obligatorio de guantes, uso obligatorio de cinturón de seguridad, etc).

Se habilitarán zonas o estancias para el acopio de material y útiles (ferralla, perfilera metálica, piezas prefabricadas, material eléctrico, etc).

Se procurará que los trabajos se realicen en superficies secas y limpias, utilizando los elementos de protección personal, fundamentalmente calzado antideslizante reforzado para protección de golpes en los pies, casco de protección para la cabeza y cinturón de seguridad.

El transporte aéreo de materiales y útiles se hará suspendiéndolos desde dos puntos mediante eslingas, y se guiarán por tres operarios, dos de ellos guiarán la carga y el tercero ordenará las maniobras.

El transporte de elementos pesados se hará sobre carretilla de mano y así evitar sobreesfuerzos.

Los andamios sobre borriquetas, para trabajos en altura, tendrán siempre plataformas de trabajo de anchura no inferior a 60 cm (3 tablones trabados entre sí), prohibiéndose la formación de andamios mediante bidones, cajas de materiales, bañeras, etc.

Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

La distribución de máquinas, equipos y materiales en los locales de trabajo será la adecuada, delimitando las zonas de operación y paso, los espacios destinados a puestos de trabajo, las separaciones entre máquinas y equipos, etc.

El área de trabajo estará al alcance normal de la mano, sin necesidad de ejecutar movimientos forzados.

Se vigilarán los esfuerzos de torsión o de flexión del tronco, sobre todo si el cuerpo está en posición inestable.

Se evitarán las distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte, así como un ritmo demasiado alto de trabajo.

Se tratará que la carga y su volumen permitan asirla con facilidad.

Se recomienda evitar los barrizales, en prevención de accidentes.

Se debe seleccionar la herramienta correcta para el trabajo a realizar, manteniéndola en buen estado y uso correcto de ésta. Después de realizar las tareas, se guardarán en lugar seguro.

La iluminación para desarrollar los oficios convenientemente oscilará en torno a los 100 lux.

Es conveniente que los vestidos estén configurados en varias capas al comprender entre ellas cantidades de aire que mejoran el aislamiento al frío. Empleo de guantes, botas y orejeras. Se resguardará al trabajador de vientos mediante apantallamientos y se evitará que la ropa de trabajo se empape de líquidos evaporables.

Si el trabajador sufriese estrés térmico se deben modificar las condiciones de trabajo, con el fin de disminuir su esfuerzo físico, mejorar la circulación de aire, apantallar el calor por radiación, dotar al trabajador de vestimenta adecuada (sombrero, gafas de sol, cremas y lociones solares), vigilar que la ingesta de agua tenga cantidades moderadas de sal y establecer descansos de recuperación si las soluciones anteriores no son suficientes.

El aporte alimentario calórico debe ser suficiente para compensar el gasto derivado de la actividad y de las contracciones musculares.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada a las condiciones de humedad y resistencia de tierra de la instalación provisional).

Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.

4.2.3. MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER PARTICULAR PARA CADA OFICIO

Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas

Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.

Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación, para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno, señalizándose además mediante una línea esta distancia de seguridad.

Se eliminarán todos los bolos o viseras de los frentes de la excavación que por su situación ofrezcan el riesgo de desprendimiento.

La maquinaria estará dotada de peldaños y asidero para subir o bajar de la cabina de control. No se utilizará como apoyo para subir a la cabina las llantas, cubiertas, cadenas y guardabarros.

Los desplazamientos por el interior de la obra se realizarán por caminos señalizados.

Se utilizarán redes tensas o mallazo electrosoldado situadas sobre los taludes, con un solape mínimo de 2 m.

La circulación de los vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de la excavación no superior a los 3 m. para vehículos ligeros y de 4 m para pesados.

Se conservarán los caminos de circulación interna cubriendo baches, eliminando blandones y compactando mediante zahorras.

El acceso y salida de los pozos y zanjas se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en la parte superior del pozo, que estará provista de zapatas antideslizantes.

Cuando la profundidad del pozo sea igual o superior a 1,5 m., se entibará (o encamisará) el perímetro en prevención de derrumbamientos.

Se efectuará el achique inmediato de las aguas que afloran (o caen) en el interior de las zanjas, para evitar que se altere la estabilidad de los taludes.

En presencia de líneas eléctricas en servicio se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

Se procederá a solicitar de la compañía propietaria de la línea eléctrica el corte de fluido y puesta a tierra de los cables, antes de realizar los trabajos.

La línea eléctrica que afecta a la obra será desviada de su actual trazado al límite marcado en los planos.

La distancia de seguridad con respecto a las líneas eléctricas que cruzan la obra, queda fijada en 5 m., en zonas accesibles durante la construcción.

Se prohíbe la utilización de cualquier calzado que no sea aislante de la electricidad en proximidad con la línea eléctrica.

Relleno de tierras.

Se prohíbe el transporte de personal fuera de la cabina de conducción y/o en número superior a los asientos existentes en el interior.

Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar las polvaredas. Especialmente si se debe conducir por vías públicas, calles y

carreteras.

Se instalará, en el borde de los terraplenes de vertido, sólidos topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso.

Se prohíbe la permanencia de personas en un radio no inferior a los 5 m. en torno a las compactadoras y apisonadoras en funcionamiento.

Los vehículos de compactación y apisonado, irán provistos de cabina de seguridad de protección en caso de vuelco.

Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.

Los paquetes de redondos se almacenarán en posición horizontal sobre durmientes de madera capa a capa, evitándose las alturas de las pilas superiores al 1'50 m.

Se efectuará un barrido diario de puntas, alambres y recortes de ferralla en torno al banco (o bancos, borriquetas, etc.) de trabajo.

Queda prohibido el transporte aéreo de armaduras de pilares en posición vertical.

Se prohíbe trepar por las armaduras en cualquier caso.

Se prohíbe el montaje de zunchos perimetrales, sin antes estar correctamente instaladas las redes de protección.

Se evitará, en lo posible, caminar por los fondillos de los encofrados de jácenas o vigas.

Trabajos de manipulación del hormigón.

Se instalarán fuertes topes final de recorrido de los camiones hormigonera, en evitación de vuelcos.

Se prohíbe acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 2 m. del borde de la excavación.

Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.

Se procurará no golpear con el cubo los encofrados, ni las entibaciones.

La tubería de la bomba de hormigonado, se apoyará sobre caballetes, arriostrándose las partes susceptibles de movimiento.

Para vibrar el hormigón desde posiciones sobre la cimentación que se hormigona, se establecerán plataformas de trabajo móviles formadas por un mínimo de tres tablonos, que se dispondrán perpendicularmente al eje de la zanja

o zapata.

Montaje de elementos metálicos.

Los elementos metálicos (báculos, postes, etc) se apilarán ordenadamente sobre durmientes de madera de soporte de cargas, estableciendo capas hasta una altura no superior al 1'50 m.

Las operaciones de soldadura en altura, se realizarán desde el interior de una guindola de soldador, provista de una barandilla perimetral de 1 m. de altura formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié. El soldador, además, amarrará el mosquetón del cinturón a un cable de seguridad, o a argollas soldadas a tal efecto en la perfilera.

Se prohíbe la permanencia de operarios dentro del radio de acción de cargas suspendidas.

Se prohíbe la permanencia de operarios directamente bajo tajos de soldadura.

El ascenso o descenso, se realizará mediante una escalera de mano provista de zapatas antideslizantes y ganchos de cuelgue e inmovilidad dispuestos de tal forma que sobrepase la escalera 1 m. la altura de desembarco.

El riesgo de caída al vacío se cubrirá mediante la utilización de redes de horca (o de bandeja).

Montaje de prefabricados.

El riesgo de caída desde altura, se evitará realizando los trabajos de recepción e instalación del prefabricado desde el interior de una plataforma de trabajo rodeada de barandillas de 90 cm., de altura, formadas por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm., sobre andamios (metálicos, tubulares de borriquetas).

Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas en prevención del riesgo de desplome.

Los prefabricados se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes dispuestos por capas de tal forma que no dañen los elementos de enganche para su izado.

Se paralizará la labor de instalación de los prefabricados bajo régimen de vientos superiores a 60 Km/h.

Albañilería.

Los escombros y cascotes se evacuarán diariamente, para evitar el riesgo de pisadas sobre materiales.

Pintura y barnizados.

Se prohíbe almacenar pinturas susceptibles de emanar vapores inflamables con los recipientes mal o incompletamente cerrados, para evitar accidentes por generación de atmósferas tóxicas o explosivas.

Se prohíbe realizar trabajos de soldadura y oxicorte en lugares próximos a los tajos en los que se empleen pinturas inflamables, para evitar el riesgo de explosión o de incendio.

Se tenderán redes horizontales sujetas a puntos firmes de la estructura, para evitar el riesgo de caída desde alturas.

Se prohíbe la conexión de aparatos de carga accionados eléctricamente (puentes grúa por ejemplo) durante las operaciones de pintura de carriles, soportes, topes, barandillas, etc., en prevención de atrapamientos o caídas desde altura.

Instalación eléctrica provisional de obra.

El montaje de aparatos eléctricos será ejecutado por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.

El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar.

Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos.

La distribución general desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios, se efectuará mediante manguera eléctrica antihumedad.

El tendido de los cables y mangueras, se efectuará a una altura mínima de 2 m. en los lugares peatonales y de 5 m. en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.

Los empalmes provisionales entre mangueras, se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad.

Las mangueras de "alargadera" por ser provisionales y de corta estancia pueden llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales.

Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.

Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.

Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a "pies derechos" firmes.

Las maniobras a ejecutar en el cuadro eléctrico general se efectuarán subido a una banqueta de maniobra o alfombrilla aislante.

Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie.

La tensión siempre estará en la clavija "hembra", nunca en la "macho", para evitar los contactos eléctricos directos.

Los interruptores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:

300 mA. Alimentación a la maquinaria.

30 mA. Alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad.

30 mA. Para las instalaciones eléctricas de alumbrado.

Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.

El neutro de la instalación estará puesto a tierra.

La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.

El hilo de toma de tierra, siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos.

La iluminación mediante portátiles cumplirá la siguiente norma:

- Portalámparas estanco de seguridad con mango aislante, rejilla protectora de la bombilla dotada de gancho de cuelgue a la pared, manguera antihumedad, clavija de conexión normalizada estanca de seguridad, alimentados a 24 V.
- La iluminación de los tajos se situará a una altura en torno a los 2 m., medidos desde la superficie de apoyo de los operarios en el puesto de trabajo.
- La iluminación de los tajos, siempre que sea posible, se efectuará cruzada con el fin de disminuir sombras.
- Las zonas de paso de la obra, estarán permanentemente iluminadas evitando rincones oscuros.

No se permitirá las conexiones a tierra a través de conducciones de agua.

No se permitirá el tránsito de carretillas y personas sobre mangueras eléctricas, pueden pelarse y producir accidentes.

No se permitirá el tránsito bajo líneas eléctricas de las compañías con elementos longitudinales transportados a hombro (pértigas, reglas, escaleras de mano y asimilables). La inclinación de la pieza puede llegar a producir el contacto eléctrico.

4.2.4. MEDIDAS ESPECIFICAS PARA TRABAJOS EN LA PROXIMIDAD DE INSTALACIONES ELECTRICAS EN ALTA TENSION

Los *Oficios más comunes* en las instalaciones de alta tensión son los siguientes.

- Instalación de apoyos metálicos o de hormigón.
- Instalación de conductores desnudos.
- Instalación de aisladores cerámicos.
- Instalación de crucetas metálicas.
- Instalación de aparatos de seccionamiento y corte (interruptores, seccionadores, fusibles, etc).
- Instalación de limitadores de sobretensión (autoválvulas pararrayos).
- Instalación de transformadores tipo intemperie sobre apoyos.
- Instalación de dispositivos antivibraciones.
- Medida de altura de conductores.
- Detección de partes en tensión.
- Instalación de conductores aislados en zanjas o galerías.
- Instalación de envolventes prefabricadas de hormigón.
- Instalación de celdas eléctricas (seccionamiento, protección, medida, etc).
- Instalación de transformadores en envolventes prefabricadas a nivel del terreno.
- Instalación de cuadros eléctricos y salidas en B.T.
- Interconexión entre elementos.
- Conexión y desconexión de líneas o equipos.
- Puestas a tierra y conexiones equipotenciales.
- Reparación, conservación o cambio de los elementos citados.

Los *Riesgos más frecuentes* durante estos oficios son los descritos a continuación.

- Deslizamientos, desprendimientos de tierras por diferentes motivos (no emplear el talud adecuado, por variación de la humedad del terreno, etc).
- Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramienta y maquinaria pesada en general.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.
- Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.
- Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos, etc).
- Golpes.
- Cortes por objetos y/o herramientas.
- Incendio y explosiones. Electrocutaciones y quemaduras.
- Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.
- Contacto o manipulación de los elementos aislantes de los transformadores (aceites minerales, aceites a la silicona y piraleno). El aceite mineral tiene un punto de inflamación relativamente bajo (130°) y produce humos densos y nocivos en la combustión. El aceite a la silicona posee un punto de inflamación más elevado (400°). El piraleno ataca la piel, ojos y mucosas, produce gases tóxicos a temperaturas normales y arde mezclado con otros productos.
- Contacto directo con una parte del cuerpo humano y contacto a través de

- útiles o herramientas.
- Contacto a través de maquinaria de gran altura.
 - Maniobras en centros de transformación privados por personal con escaso o nulo conocimiento de la responsabilidad y riesgo de una instalación de alta tensión.

Las *Medidas Preventivas* de carácter general se describen a continuación.

Se realizará un diseño seguro y viable por parte del técnico proyectista.

Los trabajadores recibirán una formación específica referente a los riesgos en alta tensión.

Para evitar el riesgo de contacto eléctrico se alejarán las partes activas de la instalación a distancia suficiente del lugar donde las personas habitualmente se encuentran o circulan, se recubrirán las partes activas con aislamiento apropiado, de tal forma que conserven sus propiedades indefinidamente y que limiten la corriente de contacto a un valor inocuo (1 mA) y se interpondrán obstáculos aislantes de forma segura que impidan todo contacto accidental.

La distancia de seguridad para líneas eléctricas aéreas de alta tensión y los distintos elementos, como maquinaria, grúas, etc no será inferior a 3 m. Respecto a las edificaciones no será inferior a 5 m.

Conviene determinar con la suficiente antelación, al comenzar los trabajos o en la utilización de maquinaria móvil de gran altura, si existe el riesgo derivado de la proximidad de líneas eléctricas aéreas. Se indicarán dispositivos que limiten o indiquen la altura máxima permisible.

Será obligatorio el uso del cinturón de seguridad para los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

Todos los apoyos, herrajes, autoválvulas, seccionadores de puesta a tierra y elementos metálicos en general estarán conectados a tierra, con el fin de evitar las tensiones de paso y de contacto sobre el cuerpo humano. La puesta a tierra del neutro de los transformadores será independiente de la especificada para herrajes. Ambas serán motivo de estudio en la fase de proyecto.

Es aconsejable que en centros de transformación el pavimento sea de hormigón ruleteado antideslizante y se ubique una capa de grava alrededor de ellos (en ambos casos se mejoran las tensiones de paso y de contacto).

Se evitará aumentar la resistividad superficial del terreno.

En centros de transformación tipo intemperie se revestirán los apoyos con obra de fábrica y mortero de hormigón hasta una altura de 2 m y se aislarán las empuñaduras de los mandos.

En centros de transformación interiores o prefabricados se colocarán suelos de láminas aislantes sobre el acabado de hormigón.

Las pantallas de protección contra contacto de las celdas, aparte de esta función, deben evitar posibles proyecciones de líquidos o gases en caso de explosión, para lo cual deberán ser de chapa y no de malla.

Los mandos de los interruptores, seccionadores, etc, deben estar emplazados en lugares de fácil manipulación, evitándose postura forzadas para el operador, teniendo en cuenta que éste lo hará desde el banquillo aislante.

Se realizarán enclavamientos mecánicos en las celdas, de puerta (se impide su apertura cuando el aparato principal está cerrado o la puesta a tierra desconectada), de maniobra (impide la maniobra del aparato principal y puesta a tierra con la puerta abierta), de puesta a tierra (impide el cierre de la puesta a tierra con el interruptor cerrado o viceversa), entre el seccionador y el interruptor (no se cierra el interruptor si el seccionador está abierto y conectado a tierra y no se abrirá el seccionador si el interruptor está cerrado) y enclavamiento del mando por candado.

Como recomendación, en las celdas se instalarán detectores de presencia de tensión y mallas protectoras quitamiedos para comprobación con pértiga.

En las celdas de transformador se utilizará una ventilación optimizada de mayor eficacia situando la salida de aire caliente en la parte superior de los paneles verticales. La dirección del flujo de aire será obligada a través del transformador.

El alumbrado de emergencia no estará concebido para trabajar en ningún centro de transformación, sólo para efectuar maniobras de rutina.

Los centros de transformación estarán dotados de cerradura con llave que impida el acceso a personas ajenas a la explotación.

Las maniobras en alta tensión se realizarán, por elemental que puedan ser, por un operador y su ayudante. Deben estar advertidos que los seccionadores no pueden ser maniobrados en carga. Antes de la entrada en un recinto en tensión deberán comprobar la ausencia de tensión mediante pértiga adecuada y de forma visible la apertura de un elemento de corte y la puesta a tierra y en cortocircuito del sistema. Para realizar todas las maniobras será obligatorio el uso de, al menos y a la vez, dos elementos de protección personal: pértiga, guantes y banqueta o alfombra aislante, conexión equipotencial del mando manual del aparato y plataforma de maniobras.

Se colocarán señales de seguridad adecuadas, delimitando la zona de trabajo.

4.3. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCION DE LAS OBRAS

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor designará un *coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra*, que será

un técnico competente integrado en la dirección facultativa.

Cuando no sea necesaria la designación de coordinador, las funciones de éste serán asumidas por la dirección facultativa.

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, cada contratista elaborará un *plan de seguridad y salud en el trabajo* en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio desarrollado en el proyecto, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

Antes del comienzo de los trabajos, el promotor deberá efectuar un *aviso* a la autoridad laboral competente.

5. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL

5.1. INTRODUCCION

La ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Así son las *normas de desarrollo reglamentario* las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar *la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual* que los protejan adecuadamente de aquellos riesgos para su salud o su seguridad que *no puedan evitarse o limitarse* suficientemente mediante la utilización de medios de protección colectiva o la adopción de medidas de organización en el trabajo.

5.2. OBLIGACIONES GENERALES DEL EMPRESARIO

Hará obligatorio el uso de los equipos de protección individual que a continuación se desarrollan.

5.2.1. PROTECTORES DE LA CABEZA

- Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados para baja tensión, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques, impactos y contactos eléctricos.
- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.
- Gafas de montura universal contra impactos y antipolvo.
- Mascarilla antipolvo con filtros protectores.
- Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica.

5.2.2. PROTECTORES DE MANOS Y BRAZOS

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).

- Guantes de goma finos, para operarios que trabajen con hormigón.
- Guantes dieléctricos para B.T.
- Guantes de soldador.
- Muñequeras.
- Mango aislante de protección en las herramientas.

5.2.3. PROTECTORES DE PIES Y PIERNAS

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.
- Botas dieléctricas para B.T.
- Botas de protección impermeables.
- Polainas de soldador.
- Rodilleras.

5.2.4. PROTECTORES DEL CUERPO

- Crema de protección y pomadas.
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.
- Traje impermeable de trabajo.
- Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clase A.
- Fajas y cinturones antivibraciones.
- Pértiga de B.T.
- Banqueta aislante clase I para maniobra de B.T.
- Linterna individual de situación.
- Comprobador de tensión.

5.2.5. EQUIPOS ADICIONALES DE PROTECCION PARA TRABAJOS EN LA PROXIMIDAD DE INSTALACIONES ELECTRICAS DE ALTA TENSION

- Casco de protección aislante clase E-AT.
- Guantes aislantes clase IV.
- Banqueta aislante de maniobra clase II-B o alfombra aislante para A.T.
- Pértiga detectora de tensión (salvamento y maniobra).
- Traje de protección de menos de 3 kg, bien ajustado al cuerpo y sin piezas descubiertas eléctricamente conductoras de la electricidad.
- Gafas de protección.
- Insuflador boca a boca.
- Tierra auxiliar.
- Esquema unifilar
- Placa de primeros auxilios.
- Placas de peligro de muerte y E.T.