



Universidad
Carlos III de Madrid

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

PROYECTO FIN DE CARRERA

**PROYECTO DE UNA SUBESTACIÓN
ELÉCTRICA DE TRANSPORTE
400/220 KV**

AUTOR: VÍCTOR MANUEL FALCÓN BLANCO
DIRECTOR: VÍCTOR JULIÁN HERNÁNDEZ JIMÉNEZ

SEPTIEMBRE 2010

Agradecimientos

Al término de la carrera pienso en todo aquello que he pasado, algunas cosas muy buenas, algunas buenas y algunas aunque muy pocas, malas, porque todo aquello que en un principio me hizo encontrarme mal o me hizo no dormir, como agobios antes de la entrega de una práctica, nervios antes de exámenes, no han hecho más que hacerme más fuerte académicamente y también más fuerte como persona.

Todo esto no podría haber sido sin toda esa gente, que algunos desde un principio y otros más adelante debido a conocerles en estos últimos 5 años me han prestado su apoyo y me han dado consejos para llegar a donde estoy.

Entre todas esta gente me gustaría agradecer en primer lugar a mi familia el apoyo incondicional que me han dado, ya no solo estos últimos 5 años sino durante toda mi vida, gracias a ellos soy lo que soy y seré lo que llegue a ser. Mencionar también a mi novia que aunque no está junto a mi desde cuando lo ha estado mi familia, también me ha ayudado y me ha hecho ser más responsable.

En cuanto a mis compañeros de universidad, doy las gracias en primer lugar a Fúnes y Rocío, ya que esta, ha sido la pareja, que prácticamente me ha seguido a todas partes en esta andadura tan bonita y gratificante, aparte de ellos agradezco a todos mis compañeros más cercanos, Dani, Abad, Guti, Rabadán, Miguel C, Rubén Noemí, Pablo, Queseros, Grego y muchos más que no puedo nombrar por espacio, porque sin ellos esta experiencia no hubiese sido tan buena.

A parte de mis compañeros de la universidad, me gustaría agradecer también a mis amigos Carlos Barrill, Carlos Diago, Carlos Martín, Roberto y Jaime el apoyo que me han dado hasta estos días para llegar a ser Ingeniero Técnico. Mención aparte merece Alejandro Ruiz, increíble persona y que me ha prestado gran ayuda en la realización de mi PFC.

Por último agradecer a mi tutor Víctor J. el ofrecerme este proyecto con el cual he aprendido cosas nuevas y por ayudarme con mis dificultades.

Resumen del proyecto

Como supuesta petición del operador del sistema eléctrico nacional y para una mejor gestión y mayor cobertura en la red eléctrica de España, se realiza la construcción de la nueva subestación convencional de intemperie proyectada.

La nueva subestación de transporte 400/220 kV proyectada servirá para ser punto de unión en la red, de líneas de tensión de 400 y 220 kV provenientes de otras instalaciones eléctricas, con parques de distribución y con ADIF.

Esta subestación será tipo, y no tendrá una ubicación en principio determinada, eso sí, se situará en España, en zona A (R.L.A.T) con coeficiente sísmico moderado y a intemperie.

La subestación estará formada por dos parques de 400 kV y 220 kV, unidos por dos bancos de trafos de potencia.

El parque de 400 kV dispondrá de dos posiciones para el ADIF, dos para entrada de líneas de A.T y dos para interconectar con el banco de trafos.

El parque de 220 kV dispondrá de dos posiciones para trafos de compañías de distribución, dos para líneas de A.T y dos para el banco de trafos.

En este proyecto queda detallado todo lo que se necesita para la comprensión de esta construcción. Esto se hará a partir de los documentos básicos para un proyecto técnico: memoria, cálculos, pliego de condiciones y planos.

La memoria explicará de forma descriptiva la subestación en general y cada una de sus partes que la componen (aparamenta, protecciones, embarrado, edificaciones...)

Los cálculos servirán para defender la buena elección de materiales para la realización de la obra, realizándose cálculos eléctricos y mecánicos del embarrado, cálculos de la elección de pararrayos y cálculos de la red de tierras.

El pliego de condiciones albergará las hojas de características de los elementos principales de la instalación.

El presupuesto mostrará de forma desglosada y con porcentajes el montante de la realización del proyecto.

Para terminar se explicará en el último apartado del Proyecto Fin de Carrera, las conclusiones obtenidas a la finalización de este y las posibles modificaciones que se podrían realizar.



Índice

INDICE DE TABLAS.....	11
INDICE DE FIGURAS.....	11
DOCUMENTO 1: MEMORIA	13
1 GENERALIDADES.....	13
1.1 JUSTIFICACIÓN Y FINALIDAD DE LA INSTALACIÓN	13
1.2 OBJETO DEL PROYECTO	13
2 DESCRIPCIÓN DE LA SUBESTACIÓN DE TRANSPORTE 400/220 kV	14
2.1 GENERALIDADES E HIPÓTESIS DE DISEÑO.....	14
2.1.1 Características básicas y emplazamiento.	14
2.1.2 Hipótesis de diseño.	14
2.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN	15
2.2.1 Descripción general de la instalación.....	15
2.2.2 Configuración y disposición general de la instalación.....	20
2.3 SISTEMA ELÉCTRICO	28
2.3.1 Magnitudes eléctricas	28
2.3.2 Distancias	29
2.3.3 Embarrados.....	32
2.3.4 Características de la aparata y maquinas de potencia.....	35
2.4 RED DE TIERRAS.....	50
2.4.1 Red de tierras inferiores.....	50
2.4.2 Red de tierras superiores.....	51
2.5 ESTRUCTURAS METÁLICAS.....	51
2.6 SISTEMAS DE CONTROL Y PROTECCION.....	52
2.6.1 Sistema de control	52
2.6.2 Sistema de protecciones.....	52
2.7 SERVICIOS AUXILIARES.....	56
2.7.1 Servicios auxiliares de corriente alterna.	56
2.7.2 Servicios auxiliares de corriente continua.....	58
2.8 SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES	59
2.8.1 Transmisión.	59
2.8.2 Conmutación.....	59
2.8.3 Supervisión de equipos analógicos.	60
2.8.4 Sistema de gestión de protecciones.....	60
2.8.5 Red de fibra óptica multimodo.	60
2.8.6 Red de telefonía	61
2.9 OBRA CIVIL Y EDIFICACIÓN.....	62
2.9.1 Movimiento de tierras.....	62
2.9.2 Drenajes y saneamientos.....	62
2.9.3 Cimentaciones, viales y canales de cables	63
2.9.4 Accesos.....	63
2.9.5 Edificios y casetas	63
2.9.6 CERRAMIENTO	66
2.10 INSTALACIÓN DE ALUMBRADO Y FUERZA	66
2.10.1 Alumbrado.....	66
2.11 SISTEMA CONTRAINCENDIOS Y ANTIINTRUSISMO.....	67
2.11.1 Antiintrusismo.	68



2.11.2 Contraincendios.....	68
3 NORMATIVA APLICADA	69
3.1 <i>EQUIPAMIENTO Y MONTAJE</i>	69
3.2 <i>OBRA CIVIL</i>	70
3.2.1 Estructuras.....	70
3.2.2 Instalaciones.....	71
3.2.3 Protección.....	72
3.2.4 Varios.....	73
4 PLAZO DE EJECUCIÓN Y FECHA PREVISTA DE PUESTA EN SERVICIO	74
DOCUMENTO 2: CÁLCULOS.....	75
1 OBJETO.....	75
2 CÁLCULOS SUBESTACIÓN DE 400 kV.....	75
2.1 <i>CÁLCULO MECÁNICO DE EMBARRADOS RÍGIDOS</i>	75
2.1.1 Hipótesis de diseño.....	75
2.1.2 Condiciones de la instalación.....	76
2.1.3 Normativa aplicable.....	76
2.1.4 Características de los materiales y equipos a instalar.....	77
2.1.5 Cálculo mecánico del embarrado principal.....	79
2.1.6 Cálculo mecánico del embarrado secundario.....	89
2.2 <i>CÁLCULOS DE EFECTO CORONA</i>	98
2.2.1 Cálculo de la tensión disruptiva.....	98
2.3 <i>SELECCIÓN DE AUTOVÁLVULAS 400 kV</i>	100
3 CÁLCULOS SUBESTACIÓN DE 220 kV.....	103
3.1 <i>CÁLCULO MECÁNICO DE EMBARRADOS RÍGIDOS</i>	103
3.1.1 Hipótesis de diseño.....	103
3.1.2 Condiciones de la instalación.....	104
3.1.3 Normativa aplicable.....	104
3.1.4 Características de los materiales / equipos a instalar.....	105
3.1.5 Cálculo mecánico del embarrado principal.....	106
3.1.6 Cálculo mecánico del embarrado secundario.....	115
3.2 <i>CÁLCULOS DE EFECTO CORONA</i>	123
3.2.1 Cálculo de la tensión disruptiva.....	123
3.3 <i>SELECCIÓN DE AUTOVÁLVULAS 220 kV</i>	125
4 CALCULO RED DE TIERRAS DE LA SUBESTACIÓN	128
4.1 <i>RED DE TIERRAS INFERIORES</i>	128
4.1.1 Criterios de cálculo.....	128
4.1.2 Conclusiones.....	135
4.2 <i>RED DE TIERRAS SUPERIORES</i>	135
DOCUMENTO 3: PLIEGO DE CONDICIONES	139
1 INTERRUPTORES.....	139
2 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD	142
3 TRANSFORMADORES DE TENSIÓN CAPACITIVOS	144
4 SECCIONADORES DE CALLE Y SALIDA DE POSICIÓN	147
4.1 <i>SECCIONADORES DE PARQUE 400 KV</i>	147
4.2 <i>SECCIONADORES DE PARQUE 220 KV</i>	148
5 SECCIONADORES DE BARRAS.....	150
6 AISLADORES SOPORTE	152
7 BOBINAS DE BLOQUEO	154



8 PARARRAYOS AUTOVÁLVULAS.....	156
8.1 AUTOVÁLVULAS 400 kV.....	156
8.2 AUTOVÁLVULAS 220 kV.....	158
9 AUTOTRANSFORMADORES MONOFÁSICOS DE POTENCIA	160
10 PROTECCIONES	167
10.1 PROTECCIÓN DIFERENCIAL LÍNEA	167
10.2 PROTECCIÓN DE DISTANCIA.....	170
10.3 TERMINAL DE TELEPROTECCIÓN	172
11 CANALIZACIONES	174
11.1 CANAL DE CABLES TIPO “A”	174
11.2 CANAL DE CABLES TIPO “B”	175
11.3 CANAL DE CABLES TIPO “BR”	176
DOCUMENTO 4: PRESUPUESTO	177
1 PRESUPUESTO DESGLOSADO SUBESTACIÓN 400/220 kV	177
1.1 INGENIERÍA.....	177
1.2 MATERIALES.....	177
1.2.1 Aparamenta y materiales de tensión 400 KV.....	177
1.2.2 Aparamenta y materiales de tensión 220 KV.....	178
1.2.3 Transformadores de potencia.....	179
1.2.4 Protecciones, control y comunicaciones.....	179
1.3 CONSTRUCCIÓN.....	180
1.3.1 Obra civil.....	180
1.3.2 Montaje electromecánico.....	180
1.3.3 Servicios diversos.....	180
2 PRESUPUESTO DE SEGURIDAD Y SALUD LABORAL	181
2.1 SEGURIDAD Y SALUD LABORAL.....	181
3 PRESUPUESTO TOTAL.	181
1. SUBESTACIÓN 400/220 kV.....	181
2. SEGURIDAD Y SALUD LABORAL.....	181
TOTAL.....	181
DOCUMENTO 5: PLANOS.....	183
CONCLUSIONES Y FUTURAS MODIFICACIONES.....	197
REFERENCIAS.....	199



Universidad Carlos III de Madrid
Departamento de Ingeniería Eléctrica

ÍNDICE

PFC: Proyecto de una subestación eléctrica de transporte 400 kV / 220 kV



ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Aparamenta en calle 1 parque 400 kV</i>	21
<i>Tabla 2. Aparamenta en calle 2 parque 400 kV</i>	22
<i>Tabla 3. Aparamenta en calle 3 parque 400 kV</i>	22
<i>Tabla 4. Aparamenta en calle 1 parque 220 kV</i>	23
<i>Tabla 5. Aparamenta en calle 2 parque 220 kV</i>	24
<i>Tabla 6. Aparamenta en calle 3 parque 220 kV</i>	24
<i>Tabla 7. Aparamenta en calle 4 parque 220 kV</i>	24
<i>Tabla 8. Aparamenta en calle 5 parque 220 kV</i>	25
<i>Tabla 9. Aparamenta en calle 6 parque 220 kV</i>	25
<i>Tabla 10. Aparamenta en calle 7 parque 220 kV</i>	26
<i>Tabla 11. Aparamenta en embarrado principal parque 400 kV</i>	27
<i>Tabla 12. Aparamenta en embarrado principal parque 220 kV</i>	27
<i>Tabla 13. Distancias para embarrados fase-tierra</i>	29
<i>Tabla 14. Distancias para embarrados fase-fase</i>	29
<i>Tabla 15. Distancia fase-tierra en conductores tendidos</i>	30
<i>Tabla 16. Programa ejecución obras (parte 1)</i>	74
<i>Tabla 17. Programa ejecución obras (parte 2)</i>	74
<i>Tabla 18. Tensión asignada de las autoválvulas 400 kV</i>	100
<i>Tabla 19. Impedancia del pararrayos y sobretensión eventual sin él</i>	102
<i>Tabla 20. Tensión asignada de las autoválvulas 220 kV</i>	126
<i>Tabla 21. Impedancia del pararrayos y sobretensión eventual sin él</i>	127
<i>Tabla 22. Presupuesto aparamenta y materiales de tensión 400 KV</i>	178
<i>Tabla 23. Presupuesto aparamenta y materiales de tensión 220 KV</i>	178
<i>Tabla 24. Presupuesto transformadores de potencia</i>	179
<i>Tabla 25. Presupuesto de protecciones de posición de línea</i>	179
<i>Tabla 26. Presupuesto de protecciones de posición de trafos</i>	179
<i>Tabla 27. Presupuesto de protecciones diferenciales de barras</i>	179
<i>Tabla 28. Presupuesto de protecciones de posición de acoplamiento</i>	180
<i>Tabla 29. Presupuesto red de tierras</i>	180
<i>Tabla 30. Índice de planos</i>	183

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Relación de f_c/f con los factores $V\sigma$ y V_r</i>	82
<i>Figura 2. Relación de f_c/f con los factores $V\sigma$ y V_r y constante k</i>	82
<i>Figura 3. Factor q</i>	85
<i>Figura 4. Factor de reducción S_f</i>	131
<i>Figura 5. Zona de influencia de descargas atmosféricas</i>	136



DOCUMENTO 1: MEMORIA

1 GENERALIDADES

1.1 JUSTIFICACIÓN Y FINALIDAD DE LA INSTALACIÓN

Ante la necesidad de mejorar el transporte de energía en España, interconexiando con diferentes sistemas de la red eléctrica nacional y persiguiendo siempre hacerlo de manera segura y eficiente, se ha proyectado la construcción de una futura subestación de transporte integrada por dos parques, uno de 400kV en configuración de interruptor y medio y otro de 220kV en configuración de doble barra con acoplamiento. Estas configuraciones adoptadas, gracias a sus dos barras, tratan de asegurar la continuidad de suministro de forma segura en caso de fallo en la barra.

La subestación proyectada tiene como finalidad:

- Posibilitar la alimentación al ADIF desde el parque de 400 kV.
- Posibilitar la alimentación eléctrica a la compañía de distribución interesada, desde el parque de 220 kV.
- Interconectar mediante varias líneas de tensión con otras instalaciones eléctricas del sistema eléctrico nacional.

1.2 OBJETO DEL PROYECTO

La nueva subestación de transporte de 400/220 kV aportará suministro eléctrico para el ADIF y para otros usos de abastecimiento necesarios en la zona en que se ubique esta subestación.

La subestación tendrá dos parques de 400 kV y 220 kV con aislamiento convencional y situados a intemperie.



2 DESCRIPCIÓN DE LA SUBESTACIÓN DE TRANSPORTE 400/220 kV

2.1 GENERALIDADES E HIPÓTESIS DE DISEÑO

2.1.1 Características básicas y emplazamiento.

La subestación se encontrará emplazada en algún término municipal español en que se decida construir esta instalación.

Se construirá en una parcela ocupando 38.293 m², superficie necesaria para la realización de la construcción. Esta parcela se encontrará situada a menos de 500 metros sobre el nivel del mar (zona A según R.L.A.T), ya que las distancias de seguridad y los diferentes datos que aparecen en este documento parten de esta condición.

La subestación constará de un parque de 400 kV dedicado principalmente al abastecimiento de energía al ADIF y otro de 220 kV cuyo principal cometido es el de surtir corriente para su posterior distribución. Ambos parques tendrán dos líneas para el transporte de energía a donde se requiera. Este transporte de energía se realizará minimizando lo máximo posible sus pérdidas y de forma segura gracias a las configuraciones elegidas para ambos parques.

2.1.2 Hipótesis de diseño.

2.1.2.1 Condiciones ambientales.

Las condiciones ambientales del emplazamiento apropiado serán las siguientes:

- Altura sobre el nivel del mar..... <500 m
- Tipo de zona..... A (Según R.L.A.T.)
- Temperaturas extremas..... + 50° C/-15° C
- Contaminación ambiental..... Alta.
- Nivel de niebla..... Bajo-Medio.
- Coeficiente sísmico básico..... ≤ 0,04 g
- Línea de fuga..... 25 mm/KV



Para el cálculo de la sobrecarga del viento, se considerará viento horizontal con velocidad máxima de 140 km/h.

La subestación se encuentra a menos de 500 m sobre el nivel del mar, con lo que se adoptarán sobrecargas correspondientes a la zona A.

Respecto a las acciones sísmicas, no se tendrán en cuenta en el diseño, dado que la norma NCSR-02 contempla la necesidad de su aplicación en este tipo de construcciones cuando la aceleración sísmica básica sea superior o igual a 0,04 g, siendo en este caso menor.

2.1.2.2 Datos de cortocircuito

A efectos de cálculo de esfuerzos térmicos y dinámicos de cortocircuito, se considerará una intensidad de cortocircuito de 50 kA en el parque de 400 kV y de 40 kA en el de 220 kV, con una duración máxima de 0,5 seg en ambos parques.

Los niveles de falta previstos en el horizonte de 2016 serán basándose en la decisión del operador del sistema eléctrico nacional, de una intensidad un 20% inferior a la de cortocircuito diseñada en un primer momento, siendo por tanto:

- 40 kA en el parque de 400 kV.
- 32 kA en el parque de 220 kV.

2.1.2.3 Datos del terreno a efectos de red de tierras

A efectos de cálculo se considerará una resistividad del terreno de 100 $\Omega \cdot m$.

2.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN

2.2.1 Descripción general de la instalación

Para la realización y diseño de esta instalación eléctrica se tomará como referencia principal, el *R.D. 3275/1982, Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación [1]*, y en particular de este último documento su anexo en el cual se encuentran las *instrucciones técnicas complementarias (MIE-RAT)[2]*.



La subestación constará de un parque de tensión 400 kV y otro de 220 kV interconectados por medio de dos bancos de tres transformadores monofásicos de potencia 200 MVA por unidad.

Ambos parques tendrán una tecnología convencional de aislamiento y estarán situados a INTERPERIE.

Se considera como factores de diseño:

- Nivel de tensión.
- Función y situación en la red de la subestación.
- Tipo de subestación.
- Fiabilidad, continuidad y seguridad de servicio.
- Evolución futura y posibilidad de ampliación.
- Aspectos relativos a la explotación y al mantenimiento.
- Inversión.

El parque de 400 kV adoptará una configuración en interruptor y medio, en el que se equiparán inicialmente tres calles completas con sus debidas posiciones, con la posibilidad de aumentarse con una cuarta calle en un futuro. Con esta configuración se asegurará el mantenimiento de cada una de las dos barras existentes utilizando solo los interruptores en condiciones normales. Es por tanto una configuración con una alta fiabilidad.

El parque de 220 kV adoptará una configuración de doble barra con acoplamiento, en el que se equiparán inicialmente siete calles completas con sus correspondientes posiciones. Con esta configuración gracias al interruptor de acoplamiento y a los seccionadores selectores de barras se podrá transferir rápidamente energía de una barra otra y se podrán aislar estas entre sí, si fuera preciso para su mantenimiento.



2.2.1.1 Posiciones.

- Parque de 400 kV

Calle 1

Posición 11: 1^{er} transformador de 400kV/220kV.

Posición 21: 2^o transformador de 400kV/220kV.

Calle 2:

Posición 12: Destinada a Línea 1.

Posición 22: Destinada a Línea 2.

Calle 3:

Posición 13: 1^{er} transformador para servicio al ADIF.

Posición 23: 2^o transformador para servicio al ADIF.

- Parque de 220 kV

Calle 1:

Posición 1: 1^{er} transformador de distribución.

Calle 2:

Posición 2: 2^o transformador de distribución.

Calle 3:

Posición 3: Destinada a Acoplamiento.

Calle 4:

Posición 4: 1^{er} transformador de 400kV/220kV.

Calle 5:

Posición 5: Destinada a Línea 1.

Calle 6:

Posición 6: Destinada a Línea 2.

Calle 7:

Posición 7: 2^o transformador de 400kV/220kV.



2.2.1.2 Aparamenta.

- Parque de 400 kV y 220 kV.
 - Seccionadores pantógrafo.
 - Transformadores de intensidad.
 - Interruptores.
 - Seccionadores rotativos de 3 columnas con puesta a tierra.
 - Pararrayos autoválvula.
 - Bobinas de bloqueo.
 - Transformadores de tensión capacitivos.
 - Aisladores de apoyo.

- Parque de transformación
 - 2 bancos de transformación formados por tres unidades monofásicas de 200 MVA.

2.2.1.3 Embarrados.

Las calles descritas de ambos parques se encontrarán situadas entre embarrados de tubo de aluminio.

- Parque de 400 kV

Los conductores estarán dispuestos en tres niveles:

- Embarrados bajos, barras de conexión entre aparatos a 7,5 m de altura apoyadas sobre aisladores de apoyo de nivel C10.



- Embarrados altos, barras principales a 13,5 m de altura apoyadas sobre aisladores de apoyo de nivel C16.
- Tendidos altos y pendolones de cable Lapwing dúplex a 20,45 m de altura.
- Parque de 220 kV.
 - Embarrados bajos, barras de conexión entre aparatos a 6 m de altura apoyadas sobre aisladores de apoyo de nivel C6.
 - Embarrados altos, barras principales a 10,5 m de altura apoyadas sobre aisladores de apoyo de nivel C10.
 - Tendidos altos y pendolones de cable dúplex Rail AW a 14,95 m de altura.

La unión entre conductores y entre éstos y la aparamenta se realizará mediante piezas de conexión provistas de tornillos de diseño embutido, y fabricadas según la técnica de la masa anódica.

2.2.1.4 Equipos de protección, control y telecomunicaciones.

La subestación estará debidamente equipada para la protección y control de las diferentes maniobras a realizar y tendrá una red de telecomunicaciones para la correcta y rápida gestión de estas maniobras.

2.2.1.5 Red de tierras

- Red de tierras inferiores: malla de cable de cobre de 120 mm² de sección.
- Red de tierras superiores: puntas Franklin sobre columnas y cables de puesta a tierra de acero del tipo 7N7 de 125 mm² de sección.



2.2.1.6 Estructuras metálicas

Serán perfiles de acero normalizados de alma llena.

2.2.1.7 Servicios auxiliares

De corriente continua y alterna proveniente de dos transformadores de SS.AA 33/0,4 kV.

2.2.1.8 Obra civil y edificios

Se realizarán los adecuados movimientos de tierra, drenajes, saneamientos, cimentaciones, bancadas, viales, canales de cables.

Además de esto para realizar las operaciones en la subestación se construirá un edificio de control destinado a albergar los cuadros de control, servicios auxiliares y demás instalaciones.

Se construirán también tres casetas de relés en el parque de 400 kV (una por calle) y otras tres en el parque de 220 kV (una por cada 2 o 3 calles).

Para albergar los transformadores de los SS.AA se construirán dos casetas destinadas para este fin.

2.2.2 Configuración y disposición general de la instalación

2.2.2.1 Disposición general de las calles del parque de 400 kV

El parque de 400 kV adoptará una configuración en interruptor y medio, en el que se equiparán inicialmente tres calles completas con sus debidas posiciones.



Las utilizaciones de estas posiciones serán:

Calle 1

Posición 11: 1^{er} transformador de 400kV/220kV.

Posición 21: 2^o transformador de 400kV/220kV.

Calle 2:

Posición 12: Destinada a Línea 1.

Posición 22: Destinada a Línea 2.

Calle 3:

Posición 13: 1^{er} transformador para servicio al ADIF.

Posición 23: 2^o transformador para servicio al ADIF.

Cada una de estas calles dispondrá del siguiente aparellaje:

CALLE 1		
Aparellaje	Cantidad	Denominación
Seccionador pantógrafo	2 juegos trifásicos	89B1-1 89B2-1
Transformador de intensidad	3 juegos trifásicos	TIB1-1 TIO1-1 TIB2-1
Interruptor	3 juegos trifásicos	521-1 520-1 522-1
Seccionador salida posición rotativo de 3 columnas con p. a t.	2 juegos trifásicos	89-31/57-31 89-41/57-41
Seccionador de calle rotativo de 3 columnas	4 juegos trifásicos	8902-1, 8920-1 8901-1, 8910-1
Autoválvula-Pararrayos	4 juegos trifásicos	PY-31, PY-31B PY-41, PY-41B
Trafo. 400 kV / 220 kV	2 bancos de 3 monofásicos	TRAF-1 TRAF-2

Tabla 1. Aparamenta en calle 1 parque 400 kV



CALLE 2		
Aparellaje	Cantidad	Denominación
Seccionador pantógrafo	2 juegos trifásicos	89B1-2 89B2-2
Transformador de intensidad	3 juegos trifásicos	TIB1-2 TIO1-2 TIB2-2
Interruptor	3 juegos trifásicos	521-2 520-2 522-2
Seccionador salida posición rotativo de 3 columnas con p. a t.	2 juegos trifásicos	89-32/57-32 89-42/57-42
Seccionador de calle rotativo de 3 columnas	4 juegos trifásicos	8902-2, 8920-2 8901-2, 8910-2
Transformador de Tensión capacitivo	6 ud	TC-32 TC-42
Bobinas de bloqueo	4 ud	LT-32 fases 0 y 8 LT-42 fases 0 y 4

Tabla 2. Aparamenta en calle 2 parque 400 kV

CALLE 3		
Aparellaje	Cantidad	Denominación
Seccionador pantógrafo	2 juegos trifásicos	89B1-3 89B2-3
Transformador de intensidad	3 juegos trifásicos	TIB1-3 TIO1-3 TIB2-3
Interruptor	3 juegos trifásicos	521-3 520-3 522-3
Seccionador salida posición rotativo de 3 columnas con p. a t.	2 juegos trifásicos	89-33/57-33 89-43/57-43
Seccionador de calle rotativo de 3 columnas	4 juegos trifásicos	8902-3, 8920-3 8901-3, 8910-3
Transformador de Tensión capacitivo	6 ud	TC-33 TC-43
Autoválvula-Pararrayos	2 juegos trifásicos	PY-33 PY-43

Tabla 3. Aparamenta en calle 3 parque 400 kV



2.2.2.2 Disposición general de las calles del parque de 220 kV

El parque de 220 kV adoptará una configuración de doble barra con acoplamiento, en el que se equiparán inicialmente siete calles completas con sus correspondientes posiciones.

Las utilizaciones de estas posiciones serán:

Calle 1:

Posición 1: 1^{er} transformador de distribución.

Calle 2:

Posición 2: 2^o transformador de distribución.

Calle 3:

Posición 3: Destinada a Acoplamiento.

Calle 4:

Posición 4: 1^{er} transformador de 400kV/220kV.

Calle 5:

Posición 5: Destinada a Línea 1.

Calle 6:

Posición 6: Destinada a Línea 2.

Calle 7:

Posición 7: 2^o transformador de 400kV/220kV.

Cada una de estas calles dispondrá del siguiente aparellaje:

CALLE 1		
Aparellaje	Cantidad	Denominación
Seccionador pantógrafo	2 juegos trifásicos	89B1-1 89B2-9
Transformador de intensidad	1 juego trifásico	TI-1
Interruptor	1 juego trifásico	52-1
Seccionador salida posición rotativo de 3 columnas con p. a t.	1 juego trifásico	89-1/57-1
Autoválvula-Pararrayos	1 juego trifásico	PY-1

Tabla 4. Aparamenta en calle 1 parque 220 kV



CALLE 2		
Aparellaje	Cantidad	Denominación
Seccionador pantógrafo	2 juegos trifásicos	89B1-2 89B2-2
Transformador de intensidad	1 juego trifásico	TI-2
Interruptor	1 juego trifásico	52-2
Seccionador salida posición rotativo de 3 columnas con p. a t.	1 juego trifásico	89-2/57-2
Autoválvula-Pararrayos	1 juego trifásico	PY-2

Tabla 5. Aparamenta en calle 2 parque 220 kV

CALLE 3		
Aparellaje	Cantidad	Denominación
Seccionador pantógrafo	2 juegos trifásicos	89B1-3 89B2-3
Transformador de intensidad	1 juego trifásico	TI-3
Interruptor	1 juego trifásico	52-3

Tabla 6. Aparamenta en calle 3 parque 220 kV

CALLE 4		
Aparellaje	Cantidad	Denominación
Seccionador pantógrafo	2 juegos trifásicos	89B1-4 89B2-4
Transformador de intensidad	1 juego trifásico	TI-4
Interruptor	1 juego trifásico	52-4
Seccionador salida posición rotativo de 3 columnas con p. a t.	1 juego trifásico	89-4/57-4

Tabla 7. Aparamenta en calle 4 parque 220 kV



CALLE 5		
Aparellaje	Cantidad	Denominación
Seccionador pantógrafo	2 juegos trifásicos	89B1-5 89B2-5
Transformador de intensidad	1 juego trifásico	TI-5
Interruptor	1 juego trifásico	52-5
Seccionador salida posición rotativo de 3 columnas con p. a t.	1 juego trifásico	89-5/57-5
Transformador de Tensión capacitivo	3 uds	TC-5
Autoválvula-Pararrayos	1 juego trifásico	PY-5
Bobinas de bloqueo	2 ud	LT-5 fases 0 y 8

Tabla 8. Aparamenta en calle 5 parque 220 kV

CALLE 6		
Aparellaje	Cantidad	Denominación
Seccionador pantógrafo	2 juegos trifásicos	89B1-6 89B2-6
Transformador de intensidad	1 juego trifásico	TI-6
Interruptor	1 juego trifásico	52-6
Seccionador salida posición rotativo de 3 columnas con p. a t.	1 juego trifásico	89-6/57-6
Transformador de Tensión capacitivo	3 uds	TC-6
Autoválvula-Pararrayos	1 juego trifásico	PY-6
Bobinas de bloqueo	2 ud	LT-6 fases 0 y 8

Tabla 9. Aparamenta en calle 6 parque 220 kV



CALLE 7		
Aparellaje	Cantidad	Denominación
Seccionador pantógrafo	2 juegos trifásicos	89B1-7 89B2-7
Transformador de intensidad	1 juego trifásico	TI-7
Interruptor	1 juego trifásico	52-7
Seccionador salida posición rotativo de 3 columnas con p. a t.	1 juego trifásico	89-4/57-7

Tabla 10. Apararmenta en calle 7 parque 220 kV

2.2.2.3 Disposición general y tipo de embarrado.

Serán de tubo de aluminio, con aleación AlMgSiO, 5 F22.

Los conductores estarán dispuestos en tres niveles:

- Embarrados bajos, conexiones entre aparatos a 7,5 m de altura en el parque de 400 kV y a 6 m de altura en el parque de 220 kV.

En el parque de 400 kV los embarrados bajos serán de 150/134 mm de diámetro exterior/interior y soportado con aisladores de apoyo C10-1425.

En el parque de 220 kV los embarrados bajos serán de 100/88 mm de diámetro exterior/interior y soportado con aisladores de apoyo C6-1050.

- Embarrados altos, barras principales a 13,5 m de altura en el parque de 400 kV y a 10,5 m de altura en el parque de 220 kV ambas apoyadas sobre aisladores de apoyo C16-1425 y C10-1050.

En el parque de 400 kV serán de 250/228 mm de diámetro exterior/interior.

En el parque de 220 kV serán de 150/134 mm de diámetro exterior/interior.

- Tendidos altos y pendolones de cable Lapwing dúplex a 20,45 m de altura en el parque de 400 kV y de cable dúplex Rail AW a 14,95 m de altura en el parque de 220 kV.



El aparellaje del embarrado será:

- Parque de 400 kV

BARRA 1		
Aparellaje	Cantidad	Denominación
Transformador de Tensión capacitivo	1 en fase 4	TC-B1
BARRA 2		
Aparellaje	Cantidad	Denominación
Transformador de Tensión capacitivo	1 en fase 4	TC-B2

Tabla 11. Aparamenta en embarrado principal parque 400 kV

- Parque de 220 kV

BARRA 1		
Aparellaje	Cantidad	Denominación
Transformador de Tensión capacitivo	3 uds (1 en cada fase)	TC-B1
BARRA 2		
Aparellaje	Cantidad	Denominación
Transformador de Tensión capacitivo	1 en fase 4	TC-B2

Tabla 12. Aparamenta en embarrado principal parque 220 kV

En los apartados 2.1 y 3.1 del documento 2: Cálculos, se justifica la idoneidad de estos embarrados.



2.3 SISTEMA ELÉCTRICO

2.3.1 Magnitudes eléctricas

Como criterios básicos de diseño se han adoptado las siguientes magnitudes eléctricas:

- Parque de 400 kV
 - Tensión nominal..... 400 kV
 - Tensión más elevada para el material (Ve)..... 420 kV
 - Neutro..... Rígido a tierra
 - Intensidad de cortocircuito trifásico (valor eficaz)..... 50 kA
 - Tiempo de extinción de la falta..... 0,5 seg
 - Nivel de aislamiento:
 - a) Tensión soportada a impulso tipo maniobra..... 1.050 kV
 - b) Tensión soportada a impulso tipo rayo..... 1.425 kV
 - c) Tensión de prueba a frecuencia industrial (a polo abierto)....620 kV
 - Línea de fuga mínima para aisladores..... 10.500 mm (25 mm/kV)

- Parque de 220 kV
 - Tensión nominal..... 220 kV
 - Tensión más elevada para el material (Ve)..... 245 kV
 - Neutro..... Rígido a tierra
 - Intensidad de cortocircuito trifásico (valor eficaz)..... 40 kA
 - Tiempo de extinción de la falta..... 0,5 seg
 - Nivel de aislamiento:
 - a) Tensión soportada a impulso tipo maniobra..... 850 kV
 - b) Tensión soportada a impulso tipo rayo..... 1.050 kV
 - c) Tensión de prueba a frecuencia industrial (a polo abierto)....460 kV
 - Línea de fuga mínima para aisladores..... 6.125 mm (25 mm/kV)



2.3.2 Distancias

Como criterios básicos para la determinación de alturas y distancias que se deben mantener en la instalación proyectada, se han tenido en cuenta lo que sobre en particular se especifica en:

- Instrucción Técnica Complementaria MIE-RAT-12.
- Normas UNE.21.062.80 (II), 20-100, 21-139.
- Normas CEI.72-1 y 72-2.

Las distancias a adoptar serán como mínimo las que a continuación se indican, basándose para ello en las magnitudes fundamentales adoptadas, y en las normas indicadas.

Distancias para conductores rígidos (embarrados de interconexión):

a) Distancias fase-tierra:

	Parque de 400 kV	Parque de 220 kV
Conductor - estructura	2.600 mm	1.900 mm
Punta - estructura	3.400 mm	2.400 mm

Tabla 13. Distancias para embarrados fase-tierra

b) Distancias fase-fase:

	Parque de 400 kV	Parque de 220 kV
Conductores paralelos	3.500 mm	2.700 mm
Punta - conductor	4.100 mm	3.200 mm

Tabla 14. Distancias para embarrados fase-fase

Las distancias adoptadas son válidas, dado que la altura de la instalación sobre el nivel del mar es inferior a 1.000 m.

Si se construyese esta instalación a mayor altitud, las distancias mínimas en el aire hasta una altura máxima de 3.000 metros, deberán aumentarse un 1,25% por cada 100 metros o fracción.



Distancias para conductores tendidos:

Este tipo de conductores se verán sometidos bajo ciertas condiciones de defecto a movimientos de gran amplitud, los cuales, y durante algunos instantes, aproximan entre sí a los conductores de fase hasta unas distancias inferiores a las normalizadas.

Por consiguiente, es posible considerar unas distancias mínimas temporales de aislamiento inferiores a las normalizadas aunque puede ser excesivo, ya que debe tenerse en cuenta que:

- Los tipos de sobretensiones a considerar son reducidos y sólo deben considerarse aquellas que pudieran ser simultáneas al propio defecto de cortocircuito y con más precisión al momento en el que los conductores se aproximan.
- No es por lo tanto necesario considerar sobretensiones de tipo rayo, ya que es altamente improbable que coincidan con un cortocircuito entre fases.
- Al emplearse tubería rígida de aluminio para los embarrados inferiores, se elimina la posibilidad de una falta en barras producida por el movimiento de los conductores tras una falta en las salidas de línea.

Basándose en lo anterior, se adoptan las siguientes distancias de aislamiento temporal en conexiones tendidas para tensiones de 400 kV y 220 kV:

Distancias fase-tierra:

	Parque de 400 kV	Parque de 220 kV
Conductores - Estructura	1.550 mm	1.100 mm
Conductor - Conductor	1.800 mm	1.100 mm

Tabla 15. Distancia fase-tierra en conductores tendidos

Para la determinación de este tipo de distancias, se han tenido en cuenta los siguientes criterios básicos de implantación:

- a) Las distancias serán tales que permitirán el paso del personal y herramientas por todos los puntos del parque de intemperie bajo los elementos en tensión sin riesgo alguno.
- b) Deberán permitir el paso de vehículos de transporte y de elevación necesarios para el mantenimiento o manipulación de elementos de calles en descargo, bajo el criterio de gálibos estipulados.



Al considerar todo lo anterior, y de acuerdo con lo que se indica, se han establecido las siguientes distancias:

- Parque de 400 kV
 - Entre ejes de aparellaje.....5.000 mm
 - Entre ejes de conductores tendidos..... 6.000 mm
 - Entre embarrados principales.....5.000 mm
 - Anchura de calle.....20.000 mm
 - Altura de embarrados de interconexión entre aparato..... 7.500 mm
 - Altura de embarrados altos..... 13.500 mm
 - Altura de embarrados tendidos altos..... 20.450 mm
 - Anchura de vial principal longitudinal..... 4.000 mm
 - Anchura de vial secundario transversal..... 3.000 mm
 - Altura de gálibos en viales principales..... 6.000 mm
 - Altura de gálibos en viales secundarios.....4.000 mm

- Parque de 220 kV
 - Entre ejes de aparellaje.....4.000 mm
 - Entre ejes de conductores tendidos..... 4.000 mm
 - Entre embarrados principales.....3.500 mm
 - Anchura de calle.....13.500 mm
 - Altura de embarrados de interconexión entre aparato..... 6.000 mm
 - Altura de embarrados altos..... 10.500 mm
 - Altura de embarrados tendidos altos..... 14.950 mm
 - Anchura de vial principal longitudinal..... 4.000 mm
 - Anchura de vial secundario transversal..... 3.000 mm
 - Altura de gálibos en viales principales..... 6.000 mm
 - Altura de gálibos en viales secundarios.....3.500 mm

Como se puede observar, las distancias entre fases mínimas (5 m en 400 kV y 4 m en 220 kV) son muy superiores a las preceptuadas en la Instr. MIE-RAT 12, que para el nivel de aislamiento tipo C y tensión de 400 kV exige 3,5 m entre conductores y 4,1 m en configuración punta-estructura y para tensión de 220 kV exige 2,7 m entre conductores y 3,2 m en configuración punta-estructura.

Asimismo, las distancias fase-tierra en el aire (7,5 m en 400 kV y 6 m en 220 kV) son muy superiores a las indicadas en la instrucción técnica MIE-RAT 12, que para el nivel de aislamiento tipo C y tensión de 400 kV exige 2,6 m entre conductores y 3,4 m en configuración punta-estructura y para tensión de 220 kV exige 1,9 m entre conductores y 2,4 m en configuración punta-estructura.



Con respecto a la altura de las partes en tensión sobre viales y zonas de servicio accesibles al personal, la MIE-RAT 15 punto 3, prescribe una altura mínima de 250 cm a zócalo de aparatos, lo que se garantizará con las estructuras soporte del aparellaje.

2.3.3 Embarrados

2.3.3.1 Embarrados tendido alto

Los embarrados del tendido alto estarán formados por cables de aluminio con alma de acero con la siguiente configuración y características:

- Parque de 400 kV
 - Formación..... Dúplex
 - Tipo..... Lapwing
 - Sección total del conductor..... 861,33 mm²
 - Diámetro exterior..... 38,16 mm
 - Intensidad admisible permanente a 35° C
de temperatura ambiente y 75° C en conductor..... 2.129 A
 - Intensidad admisible permanente a 10° C
de temperatura ambiente y 75° C en conductor..... 3.205 A

- Parque de 220 kV
 - Formación..... Dúplex
 - Tipo..... Rail AW
 - Sección total del conductor..... 516,82 mm²
 - Diámetro exterior..... 29,61 mm²
 - Intensidad admisible permanente a 35° C
de temperatura ambiente y 75° C en conductor..... 1.529 A

El amarre de estas conexiones tendidas a los pórticos se realizará mediante cadenas de aisladores, cada una con veintidós aisladores de vidrio templado.

2.3.3.2 Embarrados altos

Los embarrados altos serán tubos de aluminio, que no podrán ser soldados en ningún punto o tramo, por lo que se ha previsto que su suministro se realice en tiradas



continuas y en tramos conformados, cortados y curvados en fábrica, pudiéndose proceder a pie de obra tan sólo a su limpieza y montaje posterior.

Si la dirección de obra estimase necesaria la soldadura de este tubo, se realizarán éstas en secciones en las cuales el momento sea mínimo, y el procedimiento será TIG o MIG, con junta soldada en Y, empleándose como material de aportación S-AlSi5, no debiendo superarse los 30 N/mm como máximo en la sección de soldadura.

La manipulación y el curvado de los tramos, en las longitudes y con la conformación precisa, se realizará con curvadora especial para tubo y de forma progresiva a fin de que no se produzcan grietas ni desgarros, reservándose el derecho la dirección de obra de rechazar todas aquellas formas que considere defectuosas o que a su juicio presenten grietas, golpes o deformaciones por pequeñas que estas sean.

Las características de los tubos destinados a los embarrados altos serán las siguientes:

- Parque de 400 kV

- Aleación.....	AlMgSiO, 5 F22
- Diámetros exterior/interior.....	250/228 mm
- Sección total del conductor.....	8.259 mm ²
- Peso propio.....	22,30 kg/m
- Momento de inercia.....	5.910 cm ⁴
- Momento resistente.....	473 cm ³
- Módulo de Young.....	70.000 N/mm ²
- Límite de fluencia.....	160 N/mm ²
- Coeficiente de dilatación.....	0,023 mm/m°C
- Carga de rotura.....	215 N/mm ²
- Intensidad admisible permanente a 85° C.....	7.824 A

- Parque de 220 kV

- Aleación.....	AlMgSiO, 5 F22
- Diámetros exterior/interior.....	150/134 mm
- Sección total del conductor.....	3.569 mm ²
- Peso propio.....	9,63 kg/m
- Momento de inercia.....	902 cm ⁴
- Momento resistente.....	120 cm ³
- Módulo de Young.....	70.000 N/mm ²
- Límite de fluencia.....	160 N/mm ²
- Coeficiente de dilatación.....	0,023 mm/m°C
- Carga de rotura.....	215 N/mm ²
- Intensidad adm permanente a 75° C.....	4.408 A



2.3.3.3 Embarrados bajos.

Las características de los tubos destinados a la interconexión del aparellaje serán las siguientes:

- Parque de 400 kV

- Aleación.....	AlMgSiO, 5 F22
- Diámetros exterior/interior.....	150/134 mm
- Sección total del conductor.....	3.569 mm ²
- Peso propio.....	9,63 kg/m
- Momento de inercia.....	902 cm ⁴
- Momento resistente.....	120 cm ³
- Módulo de Young.....	70.000 N/mm ²
- Límite de fluencia.....	160 N/mm ²
- Coeficiente de dilatación.....	0,023 mm/m° C
- Carga de rotura.....	215 N/mm ²
- Intensidad adm permanente a 75° C.....	4.408 A

- Parque de 220 kV

- Aleación.....	AlMgSi0,5, F22
- Diámetro exterior (D) interior (d).....	100/88 mm
- Espesor de la pared (e).....	6 mm
- Peso propio unitario (P _{pt}).....	4,78 kg/m
- Sección (A).....	1.772 mm ²
- Carga de rotura del material (σ _R).....	215 N/mm ²
- Momento de inercia (J).....	196 cm ⁴
- Momento resistente (W).....	39,3 cm ³
- Módulo de elasticidad (Young) (E).....	70.000 N/mm ²
- Límite de fluencia mínimo del material (R _{p02}).....	160 N/mm ²
- Coeficiente de dilatación lineal (α).....	0,023 mm/m°C
- Intensidad máxima.....	2.320 A

En todos los tramos superiores a 6 m se ha previsto la instalación en el interior de la tubería de cables de amortiguación. Estos serán del mismo tipo y características indicados para los embarrados de tendido alto (LAPWING y RAIL AW) en formación dúplex.



2.3.3.4 Piezas de conexión

Para absorber las variaciones de longitud que se produzcan en los embarrados por efecto de cambio de temperaturas, se instalarán piezas de conexión elásticas, en los puntos más convenientes, que permitan la dilatación de los conductores sin producir esfuerzos perjudiciales en las bornas del aparellaje.

Las uniones entre bornas de la aparatenta y los conductores se realizarán mediante piezas de aleación de aluminio, de geometría adecuada y diseñadas para soportar las intensidades permanentes y de corta duración previstas, sin que existan calentamientos localizados. Su tortillería será de acero inoxidable y además quedará embutida en la pieza para evitar altos gradientes de tensión.

2.3.4 Características de la aparatenta y maquinas de potencia

Se relaciona a continuación la aparatenta que se instalará en la subestación, toda ella con el nivel de aislamiento C y con aisladores de línea de fuga mínima de 10.500 mm y 6.125 mm, equivalente a 25 mm/kV, siendo referida a la tensión nominal más elevada para el material de 420 kV y de 220 kV respectivamente (CEI 815/1986).

2.3.4.1 Interruptores

Los interruptores utilizados en la subestación tienen como función la de establecer, mantener, e interrumpir la intensidad de la corriente de servicio, o de interrumpir automáticamente o establecer, en condiciones predeterminadas, intensidades anormalmente elevadas, tales como las corrientes de cortocircuito.

Se utilizarán interruptores del modelo 3AP1 y 3AP2 F1 de *SIEMENS* [8] para tensiones de 245 kV y 420 kV respectivamente o en su defecto otros de características similares.

Serán de mando unipolar, cada polo del interruptor estará montado sobre una estructura, accionándose todo el conjunto simultáneamente por un mando motorizado en cada fase.

Tendrán cámaras de corte en SF₆, el cual será soplado a presión para evitar la creación del arco eléctrico.



Las características principales de los interruptores serán las siguientes:

- Parque de 400 kV
 - Tensión nominal.....420 kV
 - Intensidad nominal.....5.000 A
 - Frecuencia nominal.....50 Hz
 - Intensidad de corte simétrica.....50 kA
 - Tensión de maniobra.....125 Vc.c.
 - Accionamiento.....Mecánico por resortes con carga a motor eléctrico
 - Tensiones Auxiliares:
 - Motor del accionamiento.....125 Vc.c.
 - Bobinas de cierre y disparo.....125 Vc.c.
 - Calefacción interna del mando.....220 Vc.a.

- Parque de 220 kV
 - Tensión nominal.....245 kV
 - Intensidad nominal.....4.000 A
 - Frecuencia nominal.....50 Hz
 - Intensidad de corte simétrica.....50 kA
 - Tensión de maniobra.....125 Vc.c.
 - Accionamiento.....Mecánico por resortes con carga a motor eléctrico
 - Tensiones Auxiliares:
 - Motor del accionamiento.....125 Vc.c.
 - Bobinas de cierre y disparo.....125 Vc.c.
 - Calefacción interna del mando.....220 Vc.a.

2.3.4.2 Transformadores de Intensidad

La utilización de transformadores de intensidad en el diseño de la subestación tendrá como funciones principales:

- Convertir la intensidad de línea en otra más reducida y normalizada para la alimentación de los instrumentos de medida y relés.
- Proteger la línea cuando ocurra alguna falta, enviando la alta intensidad existente al equipo de protección selectiva.
- Proteger al personal, de modo que la intensidad que llegue a los paneles de control sea lo bastante reducida como para no ser peligrosa su manipulación y colocación.



Se utilizarán transformadores de intensidad del modelo CA-245 y CA-420 de *ARTECHE* [9] para tensiones de 245 kV y 420 kV respectivamente o en su defecto otros de características similares.

Se dispondrá de un transformador de intensidad en cada fase, en lugares apropiados de acuerdo a la configuración adoptada, de las siguientes características:

- Parque de 400 kV
 - Tensión máxima.....420 kV
 - Relación de transformación.....3.000/2.000 (Multirelación)/5-5-5-5 A
 - Intensidad de cortocircuito máxima.....120 kA
 - Potencias y clases de precisión:
 - 1er devanado (medida).....30 VA; CI 0,2s
 - 2º devanado (protección y medida).....50 VA; 5P20 / CI 0,5
 - 3º a 5º devanados (protección).....50 VA; 5P20

- Parque de 220 kV
 - Tensión máxima.....245 kV
 - Relación de transformación.....2.000/1.500 (Multirelación)/5-5-5-5 A
 - Intensidad de cortocircuito máxima.....120 kA
 - Potencias y clases de precisión:
 - 1er devanado (medida).....30 VA; CI 0,2s
 - 2º devanado (protección y medida).....50 VA; 5P20 / CI 0,5
 - 3º a 5º devanados (protección).....50 VA; 5P20

2.3.4.3 Seccionadores de barras pantógrafos

La función de los seccionadores de barras pantógrafos será la de separar físicamente y de forma apreciable a la vista del operario la unión entre las barras principales y las secundarias. Los seccionadores tendrán la capacidad de abrirse y cerrarse siempre que la corriente que pasa por ellos sea despreciable y podrán soportar corrientes nominales, así como de cortocircuito durante instantes.

Se utilizarán seccionadores de barras del modelo SPD-245/4000 y SPD-420/4000 de *ME-SA* [10] para tensiones de 245 kV y 420 kV respectivamente o en su defecto otros de características similares.



Serán de tipo pantógrafo, de mando unipolar motorizado, y de las siguientes características:

- Parque de 400 kV

- Tensión nominal.....420 kV
- Intensidad nominal.....4.000 A
- Intensidad límite térmica.....50 kA
- Intensidad límite dinámica.....125 kA
- Frecuencia nominal.....50 Hz
- Tensión de maniobra.....125 Vc.c.
- Accionamiento.....Eléctrico por motor a 125 Vc.c.
o manual sin tensión

- Parque de 220 kV

- Tensión nominal.....245 kV
- Intensidad nominal.....4.000 A
- Intensidad límite térmica.....50 kA
- Intensidad límite dinámica.....125 kA
- Frecuencia nominal.....50 Hz
- Tensión de maniobra.....125 Vc.c.
- Accionamiento.....Eléctrico por motor a 125 Vc.c.
o manual sin tensión
-

2.3.4.4 Seccionadores de calle y salida posición

La función de los seccionadores de calle y salida de posición será la de abrir físicamente y de forma apreciable a la vista del operario, el circuito. Los seccionadores tendrán la capacidad de abrirse y cerrar siempre que la corriente que pasa por ellos sea despreciable y podrán soportar corrientes nominales, así como de cortocircuito durante instantes.

Se utilizarán seccionadores del modelo SG3CT-245 y SG3C-420 de ME-SA [10] para tensiones de 245 kV y 420 kV respectivamente o en su defecto otros de características similares.

Tendrán puesta a tierra y serán de tres columnas, siendo giratoria la columna central. La puesta a tierra se realizará utilizando otro eje de giro horizontal y estará enclavada mecánicamente con el seccionador (de manera que no se pueda cerrar el seccionador si antes no se ha quitado la puesta a tierra).



Cada fase consta de tres columnas de aisladores. Las dos columnas laterales son fijas y en el extremo superior de cada columna llevan el contacto fijo y toma de corriente, mientras que la columna central es giratoria y en ella va montada la cuchilla, que al abrir realiza dos rupturas por fase.

En el parque de 400 kV serán de mando unipolar, ya que a este nivel de tensión tan elevado es aconsejable debido al desequilibrio entre fases que podría generar, la conexión o desconexión parcial de la totalidad de las líneas.

En el parque de 220 kV el accionamiento de las tres columnas rotativas se hará simultáneamente con un mando único, mediante un sistema articulado de tirantes de tubo, debidamente ajustados, que permitirá que la maniobra de cierre y apertura en las tres fases esté sincronizada.

El accionamiento de cada seccionador será motorizado.

La puesta a tierra también tendrá accionamiento motorizado.

Tendrán las siguientes características:

- Parque de 400 kV

- Tensión nominal.....420 kV
- Intensidad nominal.....4.000 A
- Intensidad límite térmica.....50 kA
- Intensidad límite dinámica.....125 kA
- Frecuencia nominal.....50 Hz
- Tensión de maniobra.....125 Vc.c.
- Accionamiento.....Eléctrico por motor a 125 Vc.c., manual sin tensión

- Parque de 220 kV

- Tensión nominal.....245 kV
- Intensidad nominal.....2.750 A
- Intensidad límite térmica.....50 kA
- Intensidad límite dinámica.....125 kA
- Frecuencia nominal.....50 Hz
- Tensión de maniobra.....125 Vc.c.
- Accionamiento.....Eléctrico por motor a 125 Vc.c., manual sin tensión



2.3.4.5 Transformador de tensión capacitivo

La utilización de transformadores de tensión en el diseño de la subestación tendrá como funciones principales:

- Convertir la tensión de línea o barra, en otra más reducida y normalizada para la alimentación de los instrumentos de medida y relés.
- Proteger la línea o barra cuando ocurra alguna falta, enviando las altas tensiones existentes al equipo de protección selectiva.
- Proteger al personal, de modo que la tensión que llegue a los paneles de control sea lo bastante reducida como para no ser peligrosa su manipulación y colocación.
- Permitir la transmisión de señales de alta frecuencia a través de las líneas (Señales de Onda Portadora).

Se utilizarán transformadores de tensión del modelo DFK-245 y DFK-420 de *ARTECHE* [9], para tensiones de 245 kV y 420 kV respectivamente o en su defecto otros de características similares.

Se dispondrá un juego de tres transformadores de tensión capacitivos por salida de línea en los dos parques. Un transformador en la fase 4 de cada una de las barras del parque de 400 kV. Un transformador en la fase 4 de la barra 1 y tres (uno en cada fase) en la barra 1 del parque de 220 kV.

Tendrán las siguientes características:

- Parque de 400 kV

- Tensión máxima.....420 kV
- Capacidad.....2600 pF
- Relación de transformación $396:\sqrt{3}/0,110:\sqrt{3}-0,110:\sqrt{3}-0,110:\sqrt{3}$ kV
- Potencias y clases de precisión:
 - Primer núcleo (medida)..... 20 VA; cl 0,2
 - Segundo núcleo (medida y protección)..... 75 VA; cl 0,5-3P
 - Tercer núcleo (medida y protección)..... 75 VA; cl 0,5-3P

- Parque de 220 kV

- Tensión máxima.....245 kV
- Capacidad.....3600 pF
- Relación de transformación $220:\sqrt{3}/0,110:\sqrt{3}-0,110:\sqrt{3}-0,110:\sqrt{3}$ kV



- Potencias y clases de precisión:
 - Primer núcleo (medida)..... 20 VA; cl 0,2
 - Segundo núcleo (medida y protección)..... 75 VA; cl 0,5-3P
 - Tercer núcleo (medida y protección)..... 75 VA; cl 0,5-3P

2.3.4.6 Bobinas de bloqueo

Las bobinas de bloqueo son componentes clave en sistemas de telecomunicación con onda portadora usados para señales de control remoto, comunicación de voz, medida a distancia y control entre subestaciones de las redes eléctricas de transformación y distribución.

La función las bobinas es bloquear las ondas de alta frecuencia portadora (24 kHz a 500 kHz) y dejar que las ondas de transmisión de potencia (50 Hz) puedan pasar a través de ella y entrar en la subestación.

Se utilizarán bobinas de bloqueo de *AREVA T&D [11]* para tensiones de 245 kV y 420 kV o en su defecto otros de características similares.

Con objeto de posibilitar enlaces mediante onda portadora sobre la línea de potencia, se instalarán por línea dos bobinas de bloqueo dotadas de sintonizadores adecuados, de las siguientes características:

- Tensión máxima.....420 kV
- inductancia nominal.....0,5 mH
- Intensidad nominal.....3.150 A
- Intensidad de cortocircuito.....50 kA
- Banda de bloqueo.....30-500 kHz

2.3.4.7 Aisladores de apoyo

Se utilizarán aisladores de soporte de papel impregnado en aceite tipo GOE de *ABB [12]* con posibilidad de soportar el embarrado de manera rígida o flexible. De no disponer de este modelo específico se instalarán aisladores similares y con las características seguidamente indicadas.

- Parque de 400 kV

Los aisladores soporte para apoyo de los embarrados principales serán de las siguientes características:



- Tipo.....C16 -1425
- Carga de rotura a flexión.....16.000 N
- Carga de rotura a torsión.....6.000 Nm
- Longitud línea de fuga..... ≥ 10.500 mm

El resto de los aisladores soporte, serán de las siguientes características:

- Tipo.....C10 -1425
- Carga de rotura a flexión.....10.000 N
- Carga de rotura a torsión.....4.000 Nm
- Longitud línea de fuga..... ≥ 10.500 mm

- Parque de 220 kV

Los aisladores soporte para apoyo de los embarrados principales serán de las siguientes características:

- Tipo.....C10 -1050
- Carga de rotura a flexión.....10.000 N
- Carga de rotura a torsión.....4.000 Nm
- Longitud línea de fuga..... ≥ 6.125 mm

El resto de los aisladores soporte, serán de las siguientes características:

- Tipo.....C6 -1050
- Carga de rotura a flexión.....6.000 N
- Carga de rotura a torsión.....3.000 Nm
- Longitud línea de fuga..... ≥ 6.125 mm

2.3.4.8 Autoválvulas

Se utilizarán autoválvulas pararrayos EXLIM Q180-EH245 y EXLIM P360-GH420 de ABB [12] para tensiones de 245 kV y 420 kV o en su defecto otros de características similares.

Para proteger la instalación contra las sobretensiones de origen atmosférico, o las que por cualquier otra causa pudieran producirse, se ha proyectado el montaje de pararrayos tipo autoválvula. (Ver criterios de selección de pararrayos en los apartados 2.3 y 3.3 del documento 2: Cálculos.



Se situarán tres autoválvulas (una por fase) a ambos lados (400 kV y 220 kV) de cada transformador de potencia y otras tres (una por fase) en cada una de las posiciones de línea de los parques de 400 kV y de 220 kV. En todos los casos, las autoválvulas a utilizar serán de óxido de zinc con recubrimiento exterior de porcelana.

Cada una de las autoválvulas a instalar irá equipada con un contador de descargas y se instalará sobre un soporte metálico individual. La puesta a tierra de estos descargadores de sobretensión se realizará mediante una resistencia altamente alineal, elevándose para tensiones iguales o menores que la tensión de servicio continuo y reduciéndose para tensiones superiores a la de cebado (U_r) como por ejemplo las sobretensiones producidas por la incidencia de un rayo.

Las características principales de las autoválvulas previstas son:

- Parque de 400 kV

- Tensión de servicio continuo U_c (fase-tierra).....264 kV
- Tensión cebado U_r (fase-tierra).....330 kV
- Tensión máxima transitoria TOV1s (fase-tierra).....382 kV
- Tensión máxima transitoria TOV10s (fase-tierra).....363 kV
- Tensión máxima residual (20 kA, 8/20 μ s) (fase-tierra).....823 kV
- Intensidad nominal de descarga.....20 kA
- Longitud línea de fuga.....11.002 mm

- Parque de 220 kV

- Tensión de servicio continuo U_c (fase-tierra).....144 kV (>152)
- Tensión cebado U_r (fase-tierra).....180 kV
- Tensión máxima transitoria TOV1s (fase-tierra).....208 kV
- Tensión máxima transitoria TOV10s (fase-tierra).....198 kV
- Tensión máxima residual (10 kA, 8/20 μ s) (fase-tierra).....423 kV
- Intensidad nominal de descarga.....10 kA
- Longitud línea de fuga.....6.336 mm

2.3.4.9 Transformadores de potencia

Preferentemente se instalarán autotransformadores de potencia contruidos por *ABB* [12] o bien por *JST Transformers* [13] debido a la contrastada experiencia en el sector de ambos fabricantes.

Se dispondrán dos bancos de tres transformadores monofásicos de potencia 200 MVA idénticos entre sí para transformar las tensiones de 400/220 kV.



Para evitar el deterioro de cada uno de los autotransformadores debido a la proyección de aceite o cascotes del autotransformador vecino, cada uno de ellos se instalarán en celdas de mampostería entre paredes laterales de hormigón.

Cada uno de estos autotransformadores monofásicos se construirá según la I.T.C 7 del MIE-RAT y cumpliendo el fabricante las características técnicas, mecánicas, constructivas y ambientales encontradas en la norma UNE 20.101. Se tomarán como modelo las *Especificaciones técnicas exigidas por R.E.E para autotransformadores monofásicos [20]* para este nivel de tensiones.

Las características generales entregadas al fabricante serán:

- Instalación.....Intemperie
- Nº de fases.....Monofásico
- Frecuencia nominal.....50 Hz
- Potencia nominal
 - Arrollamiento A.T.....200 MVA
 - Arrollamiento B.T.....200 MVA
 - Arrollamiento terciario.....40 MVA
- Tensión máxima de servicio.....420 kV
- Grupo de conexión e índice horario.....YN, a0,d11
- Intensidad nominal
 - I_n arrollamiento A.T.....866 A
 - I_n arrollamiento B.T.....1.506 A
 - I_n arrollamiento terciario a 33 kV.....1.212 A
 - I_n arrollamiento terciario a 26,4 kV.....1.515A
 - I_n arrollamiento terciario a 24 kV.....1.667 A
- Tipo de regulación.....automatizada
- Método de refrigeración.....radiadores + bombas + ventiladores
- Circulación dirigida.....Sí
- Relación de transformación.....400/230 \pm 15%/24-26,4-33 kV
- Intensidad de cortocircuito
 - En 420 kV.....63 kA
 - En 245 kV.....63 kA
 - En 33 kV.....30 kA
 - En 26,4 kV.....30 kA
 - En 24 kV.....30 kA

En cuanto al nivel de aislamiento de los arrollamientos, este vendrá dado por las siguientes características:

- Tensión de Ensayo a Frecuencia Industrial
 - Extremo de línea AT.....620 kV
 - Extremo de Línea BT.....460 kV
 - Neutro.....70 kV
 - Terciario.....70 kV



- Tensión de Ensayo con Onda de Choque 1,2 x 50 μ s (BIL)
 - Alta Tensión..... 1425 KVc
 - Baja Tensión.....950 kVc
 - Neutro.....170 kVc
 - Terciario (conexión 33 kV).....170 kVc

Por tanto como queda reflejado en las características generales arriba descritas, los devanados primarios y secundarios tendrán una disposición en estrella y existirá una puesta tierra mediante conexión del neutro rígido a tierra. Mientras que el terciario tendrá su disposición en triangulo aislado de tierra, aunque podrá mantenerse en servicio permanente con contacto a tierra en un punto.

Los autotrafos tendrán varios arrollamientos de cobre en el terciario, pero en este caso se utilizará únicamente el arrollamiento de 33 kV, a partir del cual se alimentarán los SS.AA.

Cada máquina dispondrá de un autómatas encargado de dirigir el cambiador de las tomas de carga del fabricante MR, ya que la relación de transformación para el correcto funcionamiento de la red eléctrica debe mantenerse constante pese a las variaciones de los niveles de tensión en esta.

Las máquinas estarán diseñadas de tal manera que puedan recibir indistintamente radiadores o aerorrefrigerantes, no siendo necesario realizar ninguna otra adaptación que el mero acoplamiento de los propios aros o radiadores (sistemas completos).

Los arrollamientos deben de estar diseñados de manera que la distribución de tensiones entre espiras, frente a sobretensiones provocadas por ondas de impulso tipo rayo, sea lo más próxima posible a la distribución lineal

Al objeto de minimizar la temperatura del punto más caliente y en consecuencia aumentar la vida probable del transformador, se requiere que el aceite tenga flujo dirigido a través de cada una de las dos superficies de cada bobina.

Siendo una exigencia natural del transformador la de ser construido resistente al cortocircuito y a los esfuerzos mecánicos, y especialmente a los derivados del transporte, será valorada la evidencia de haber construido y ensayado satisfactoriamente a cortocircuito autotransformadores monofásicos de interconexión entre 400 kV y 220 kV de potencias monofásicas iguales o superiores a 200 MVA. El suministrador además del ensayo de cortocircuito deberá evidenciar sus experiencias del buen comportamiento de sus transformadores a cortocircuito en campo.

Cada autotransformador con todos sus accesorios, deberá constituir un conjunto completo e independiente, montado sobre un bastidor, provisto de 4 juegos de ruedas, de forma que pueda desplazarse sobre carriles en dos direcciones perpendiculares. Estas ruedas en el momento en que el autotrafo este en servicio se encontrarán bloqueadas.



La cuba de cada autotransformador deberá estar proyectada para soportar, sin sufrir deformaciones permanentes, una presión 25% mayor que la presión máxima de trabajo. Se dispondrán en la cuba tantas ventanas practicables como sean precisas para poder inspeccionar el conmutador, arrollamientos, conexiones y sistema de apriete, siendo específicamente aconsejable el disponer de registro en el compartimento del regulador en carga.

Cada autotransformador incluirá al menos los siguientes accesorios:

- **Transformadores de intensidad**, situados en bornas de A.T para la imagen térmica, en B.T para el regulador de tensión, en bornas del terciario para medidas y en el neutro para imagen térmica.
- **Elementos para la traslación, suspensión y elevación del autotransformador.**
- **Equipo de preservación de aceite, a presión constante y sellado a la atmosfera**, El depósito de expansión principal y el del cambiador de tomas serán independientes, aunque el segundo podrá anexarse al principal, siendo ambos solidarios de la cuba. Los depósitos de expansión estarán provistos de válvulas de llenado, entrada de aire a través de dos secadores de gel de sílice, válvulas de vaciado, purga, toma de muestras, válvulas y demás accesorios pertinentes. El depósito principal estará dotado de un dispositivo para impedir el contacto del aceite con el aire de la atmósfera y dispondrá, asimismo, de decantación de impurezas.
- **Sistemas de refrigeración**, será mediante el método de radiadores + bombas + ventiladores, estos elementos tendrán las características adecuadas para el funcionamiento en régimen ONAN/ONAF/ODAF u ONAN/ODAN/ODAF.

Los radiadores, se montarán sobre la cuba, siendo fácilmente separables de ésta.

Los radiadores, cuyo número deberá concretar el ofertante, tendrán la superficie de radiación suficiente para disipar las pérdidas especificadas en régimen ONAN sin sobrepasar los calentamientos garantizados.

La entrada de las bombas y ventiladores no será en una sola etapa, sino escalonada en 2 etapas. Primero entrarán las ventiladores (1ª etapa) y después las bombas (2ª etapa) o viceversa.

La 1ª etapa de la refrigeración entrará en funcionamiento cuando la temperatura del aceite alcance los 65°C o cuando la temperatura de cualquiera de las imágenes térmicas alcance los 75°C y podrá ser por orden local o remota.

La 2ª etapa de la refrigeración entrará en funcionamiento cuando la temperatura del aceite alcance los 75°C o cuando la temperatura de cualquiera de las imágenes térmicas alcance los 85°C y podrá ser por orden local o remota.



- ***Instrumentos de medida de temperatura,***

Se contará con:

- 1 termómetro para la medida de la temperatura del aceite y control de motobombas y ventiladores en la 1ª etapa.
- 2 sondas PT-100 detectoras de la temperatura del aceite (ubicadas en el punto más caliente del aceite).
- 1 Pocillo (al menos) para futura sonda.
- 2 termómetros de imagen térmica con transmisor potenciométrico (PT-100), para la medida de la temperatura de los arrollamientos y para el control de las motobombas y ventiladores.

Las esferas indicadoras de termómetros de aceite y del cobre (relés de imagen térmica) deberán montarse agrupadamente en el interior de una cabina independiente con visor de cristal y accesible desde el nivel del suelo.

- ***Armario de control principal,***

El armario de control principal tendrá las siguientes funciones:

- Centralización de elementos del equipo de refrigeración.
- Centralización en bornas de todos los accesorios del Autotransformador.
- Centralización en bornas del mando de la regulación, excepto las de las coronas de contactos no ligados a la indicación remota de posiciones.
- Contadores horarios, para ventiladores y motobombas.

- ***Armario de control automática de regulación de toma,*** en el se instalará el automático regulador, acompañado de un sistema de refrigeración por ventilación y filtros de entrada de aire, de un sistema de control de temperatura e iluminación interna.

- ***Armario de centralización y transferencia,*** Por cada tres unidades monofásicas que se soliciten como componentes de un mismo banco trifásico, se suministrará un armario de centralización y transferencia al que se conectarán las cabinas de control principal de cada uno de los tres autotransformadores.



Este armario estará compuesto por dos paneles unidos solidariamente y accesibles mediante puertas por su parte anterior y posterior.

- **Aceite**, será conforme a UNE-EN 60296 no inhibido, sin aditivos y con baja corrosividad.
- **Bornas pasatapas**, El diseño de las bornas y del Autotransformador deberá permitir la instalación y sustitución de las bornas sin que esto requiera reducir el nivel de aceite de la cuba hasta un punto tal que descubra los arrollamientos.

Todas las bornas llevarán porcelanas color marrón tipo antiniebla.

Las bornas, que lo requieran, irán provistas de un indicador del nivel de aceite.

- **Válvulas**, la cuba del autotransformador deberá estar provista de válvulas para el tratamiento, vaciado y toma de muestras de aceite.

Las válvulas, racores y demás accesorios de fundición deberán ser de los materiales comprendidos en las normas DIN-1692 (fundición maleable) ó DIN-1681 (acero maleable). Todas las válvulas llevarán la brida cerrada con pletina ciega.

- **Conmutador de tomas en carga**, con conmutación de resistencias de cortocircuito por sistema rotativo, con ruptura en cámara de aceite o de vacío (tipo VACUOTAP).

Estará situado en el lado de alta tensión (400kV), para evitar las corrientes del lado de baja, más altas. Se contará con un preselector denominado inversor, el cual combinará las espiras de modo que se incremente o decrezca el flujo, variando el rango de tensiones. El mecanismo de regulación utilizado será por corriente de neutro. El conmutador podrá conmutar entre 11 escalones de regulación, generándose gracias al inversor 21 posiciones. Además dispondrá de enclavamientos adecuados para que una vez comenzada la conmutación de una posición a otra no pueda quedarse entre estas dos posiciones. La posición adoptada podrá se podrá apreciar a distancia. Si es necesario el motor de este accionamiento se podrá detener manualmente mediante la inserción de manivela.

- **Cabina de protección de termómetro**.

El termómetro de aceite y las dos imágenes térmicas irán alojados en una cabina de intemperie con puerta transparente y a una altura que permita su fácil lectura. Dicha cabina, llevará una resistencia para evitar condensaciones en la misma y un termostato de control.



- ***Indicadores de paso de aceite.***

Se dispondrá un indicador de paso de aceite por bomba, equipado con contacto inversor.

- ***Relé buchholz***

Se dispondrá de un relé Buchholz antisísmico de 3" con sensibilidad para una velocidad de paso de aceite de 2,5 m/seg.

Este relé detecta los fallos internos que provocan la emisión de gases en el interior del transformador. Debe encontrarse en el camino que recorren los gases, por lo que el dispositivo se localiza en la tubería no rígida que conecta la cuba al depósito conservador de aceite. Funciona con dos flotadores. El primero es de alarma y se encuentra en la parte superior del dispositivo, y actúa hundiéndose en caso de acumulación de gases y generando la señal de alarma. El segundo es de disparo y se produce cuando ante una emisión incontrolada de gases se produce un arrastre del flotador, provocando el disparo.

Esta protección desenergiza el transformador ante un defecto interno de forma rápida.

- ***Relé rs 2001.***

Se dispondrá de un relé (RS2001) junto con el conmutador en carga.

El relé de protección RS2001 se instala en la tubería entre el cabezal del cambiador de tomas bajo carga y el recipiente de expansión del aceite, siendo activado por el caudal de aceite que se dirija de la cámara del aceite del cambiador de toma en carga al recipiente de expansión del aceite. En caso de avería queda garantizada la desconexión inmediata del transformador por inserción del contacto del relé de protección en el circuito de corriente de activación de la desconexión del interruptor de potencia del transformador.

- ***Cableado***

El cableado interno de los armarios de control y regulación en carga será flexible y aislado del tipo autoextinguible y no propagador de llama.

El cableado exterior de todos los accesorios de la máquina estará realizado con mangueras de cable multipolar de cobre electrolítico recocido y estañado,



flexible clase 5 según la norma UNE 21.022, con aislamiento para 0,6 / 1 KV, no propagador de la llama y cubierta de color negro resistente a los agentes atmosféricos, rayos U.V. y al aceite.

2.4 RED DE TIERRAS

2.4.1 Red de tierras inferiores

Con el fin de conseguir niveles admisibles de las tensiones de paso y contacto, la subestación tendrá una malla de tierras inferiores formada por cables de cobre de 120 mm² de sección. El mallado se encontrará enterrado en el terreno a 60 cm de profundidad, formando retículas de aproximadamente 10 m² que se extienden por todas las zonas ocupadas por las instalaciones, incluidas cimentaciones, edificios y cerramiento.

Con objetivo de cumplir la Instrucción Técnica Complementaria nº 13 del MIE-RAT, punto 6.1, se han conectado a las tierras de protección todas las partes metálicas no sometidas normalmente a tensión, pero que en condiciones desfavorables como averías, sobretensiones por descargas atmosféricas o tensiones inductivas, sí pudieran estarlo. Por esto, se han unido a la malla: la estructura metálica, bases de aparellaje, cerramientos, envolventes metálicos, chasis, etc...

Por otro lado también se conectará a el mismo mallado la tierra de servicio, formada por los neutros de los trafos de potencia, puestos a tierra rígidamente mediante una resistencia, los circuitos de baja tensión de los transformadores de medida, el neutro del grupo electrógeno, las autoválvulas, los pararrayos y los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra.

Las conexiones entre los conductores de tierra se han fijado a la estructura y carcasas del aparellaje mediante tornillería y grapas especiales, que aseguran la permanencia de la unión, haciendo uso de soldaduras aluminotérmicas de alto poder de fusión, para las uniones bajo tierra, ya que sus propiedades son altamente resistentes a la corrosión galvánica.

La malla de tierra a tender quedará dimensionada, considerando la intensidad de falta máxima que se ha definido en las hipótesis de diseño.

En el *Documento 2: Cálculos, apartado 4.1*, se han reflejado los datos y cálculos de la malla a instalar, comprobando los valores que fija el MIE-RAT 13, tomando como método de cálculo la norma ANSI-Std 80-86. Este sistema de puesta a tierra aparece reflejado los planos RT400 y RT220.



2.4.2 Red de tierras superiores

Con el objeto de proteger los equipos de la subestación de descargas atmosféricas directas, se ha dotado a la subestación con una malla de tierras superiores, formada por puntas Franklin situadas en la parte superior de las columnas metálicas. La malla de red de tierras superiores se completará con conductores de acero del tipo 7N7 de sección 125 mm^2 tendidos entre las columnas de los pórticos. Tanto los conductores como los pararrayos se unirán a la malla de tierra de la instalación a través de la estructura metálica que los soporta, que garantiza una unión eléctrica suficiente con la malla.

En el *Documento 2, apartado 4.2*, se justifican los cálculos de este sistema, que aparece representado en los planos RT400 y RT220.

2.5 ESTRUCTURAS METÁLICAS

Las estructuras metálicas y soportes de la aparamenta del parque se construirán con perfiles de acero normalizados de alma llena. Todas las estructuras y soportes tendrán acabado galvanizado en caliente como protección contra la corrosión.

La altura de dichos soportes será tal que, después de colocar la aparamenta sobre ellos, la altura de cualquier pieza con tensión al suelo sea superior a 5,9 m en las posiciones de 400 kV y de 4,9 m en la parte de 220 kV para evitar la colocación de barreras de protección a elementos en tensión.

Para este proyecto se ha tomado una altura de los soportes que consigue que cualquier punto en tensión esté como mínimo a (altura soporte + altura aparamenta):

- 7,5 m (400 kV) > 5,9 m (2,5 m estructura soporte + 3,4 m punta-estructura)
- 6 m (220 kV) > 4,9 m (2,5 m estructura soporte + 2,4 m punta-estructura)

Para el anclaje de estas estructuras, se dispondrán cimentaciones adecuadas a los esfuerzos que han de soportar, construidas a base de hormigón y en las que quedarán embebidos los pernos de anclaje correspondientes. El hormigón se realizará en dos fases, la primera de asentamiento del cemento y la segunda de anclaje de la propia estructura.

Estas estructuras se complementan con tornillería y herrajes auxiliares para fijación de cajas de centralización, sujeción de cables y otros elementos accesorios.



2.6 SISTEMAS DE CONTROL Y PROTECCION

2.6.1 Sistema de control

El sistema de control constará de centro de control de subestación (CCS) y puesto de operación duplicado (IOS), se ubicarán en el edificio de control. El CCS incorporará tarjetas de captación para SS.AA. en edificio (ULC-O de servicios auxiliares).

En el parque de 400 kV se dispondrán en total de 9 mini ULC's, una por cada bastidor de relés equipado, captando cada una de las posiciones asociadas a cada celda en cada una de las 3 calles.

En el parque de 220 kV se dispondrán en total de 7 mini ULC's, una por cada bastidor de relés equipado, captando cada una de las posiciones asociadas a cada una de las 7 calles.

Cada mini ULC de posición recogerá la información para el telecontrol y además permitirá por sí misma la funcionalidad de control (mando, alarmas y señalizaciones) para la operación local de mantenimiento.

Las mini ULC's de posición se conectarán con el CCS a través de una red de fibra óptica multimodo en configuración radial y redundante.

El control remoto de la subestación se hará desde el CECOEL (centro de control eléctrico) y el mantenimiento y la maniobra local la llevará a cabo personal de la subestación.

Por si es preciso intercambiar informaciones entre la nueva subestación de 400/220 kV y posibles subestaciones de distribución o del ADIF, se dispondrán en los bastidores de relés, regleteros donde se centralizará toda la información de entrada y salida a intercambiar con la otra supuesta compañía.

2.6.2 Sistema de protecciones

El esquema general de las protecciones es 2P2C+TD: Doble protección (87L & 21) + Doble comunicación (Fibra óptica y portadora) + Teledisparo (TD). Se utilizará el criterio de protecciones de Red Eléctrica de España [23].

2.6.2.1 Posición de línea



Partiendo de la hipótesis de que las líneas serán mixtas y que tendrán longitud superior a 7 Km tomando como longitud total de la línea, la longitud por el tramo aéreo más un tercio del tramo soterrado ($\text{longitud} = L \text{ aéreo} + (1/3) L \text{ cable}$) y la longitud del cable es menor de 300 m, deberán llevar las siguientes protecciones:

Protección primaria o principal (PP)

Se utilizará el modelo P545 MICOM de AREVA [11] que incorpora las siguientes funciones de protección: diferencial de línea (87L), diferencial de barras (87B), función de distancia (21), función de sobreintensidad de neutro (67N), función de reenganche (79), función térmica (49), localizador de falta, oscilografía. Se incorporará la función instantánea de sobreintensidad (50C) sólo en el parque de 400 kV por tener configuración de interruptor y medio.

Su relación de transformación de intensidad será:

- Parque 220 kV
Relación T.I.: $1000 / 5 \text{ A} \Rightarrow \text{rt}=200$
- Parque 400 kV
Relación T.I.: $2000 / 5 \text{ A} \Rightarrow \text{rt}=400$

La protección permite realizar el ajuste de la curva de disparo mediante la utilización de dos rectas definidas por dos pendientes.

Protección Secundaria (PS)

Se utilizará el modelo SEL421 de SCHWEITZER [14] que incorpora las siguientes funciones de protección: función de distancia (21), función de sobreintensidad de neutro (67N), función de reenganche (79), función de sobretensión de c.a (59), localizador de falta, oscilografía.

Sus relaciones de transformación serán:

Parque 220 kV

Relación T.I.: $1000 / 5 \text{ A} \Rightarrow \text{rt}=200$

Relación T.T.: $220 : 3 / 0,110 : 3 \text{ kV} \Rightarrow \text{rt}=2000$

Parque 400 kV

Relación T.I.: $2000 / 5 \text{ A} \Rightarrow \text{rt}=400$



Relación T.T.: $396 : 3 / 0,110 : 3 \text{ kV} \Rightarrow rt=3600$

Teleprotección (TP)

Será del modelo TPU-1 de la marca *DIMAT [15]* en los dos parques.

Se trata de una teleprotección por onda portadora para:

- Emisión y recepción de aceleración de la zona de las respectivas protecciones de distancia de la subestación.
- Emisión y recepción de teledisparo por actuación de fallo del interruptor de alguno de los extremos de la línea.

Protección Interruptor (PI)

Incorporará las siguientes funciones de protección: fallo interruptor (50S-62), función de cierre o arranque con tiempo de retraso (2), función de sincronismo (25), función protección interruptor (25AR protección del fabricante SEL llamada SEL 421 que sirve para dar el permiso de sincronismo de reenganche), función de mínima tensión de c.a.(27). oscilografía y dos funciones de supervisión de bobinas de disparo (3).

2.6.2.2 Posición de transformador

Protección Interruptor (PI):

Incorporará las siguientes funciones de protección en los dos niveles de tensión: fallo interruptor (50S-62), función de cierre o arranque con tiempo de retraso (2), función de sincronismo (25), diferencial de transformador (87), diferencial de barras (87B), función de mínima tensión de corriente alterna (27), oscilografía y dos funciones de supervisión de bobinas de disparo (3).

2.6.2.3 Posición de acoplamiento



Esta protección tendrá lugar únicamente en la posición de acoplamiento del parque de 220 kV.

Protección Interruptor (PI):

Incorporará las siguientes funciones de protección: fallo interruptor (50S-62), función de distancia (21), función instantánea de sobreintensidad(50), función temporizada de sobreintensidad para corriente alterna(51), función sobreintensidad de neutro(50N), temporizada de sobreintensidad para corriente alterna de neutro (51N), diferencial de barras (87B), función de cierre o arranque con tiempo de retraso (2), función de sincronismo (25), , función de mínima tensión de corriente alterna (27), oscilografía y dos funciones de supervisión de bobinas de disparo (3).

2.6.2.4 Posición de barras

La configuración del parque de 220 kV al ser de doble barra y el número de posiciones igual a 7 incluido el acoplamiento incluirá:

Protección diferencial de barras (87B): control tipo REE1.

La configuración del parque de 400 kV al ser de interruptor y medio y el número de posiciones ser de 3 incluirá:

Protección diferencial de barras (87B): control tipo REE4.

2.6.2.5 Generales

En líneas y posiciones de transformador se añadirán las funciones de medida de potencia activa, reactiva y tensión. En la posición de acoplamiento se añadirán las funciones de medida de potencia activa, reactiva y medida de tensión en barras.

Para todas las posiciones se añadirá difusor sincronizador Rx. Por cada bloque protección principal, protección secundaria se añadirán dos bloques de pruebas (PP/PS). Por cada protección interruptor se añadirá 2 bloques de pruebas (PI).



2.7 SERVICIOS AUXILIARES

2.7.1 Servicios auxiliares de corriente alterna.

2.7.1.1 Alimentación corriente alterna para SS.AA

Se contemplan las siguientes fuentes de alimentación de corriente alterna para la nueva subestación y en orden de prioridad de mayor a menor:

- a) *Primera alimentación:* dos transformadores de SS.AA. 33/0,4 kV
- b) *Segunda alimentación:* grupo electrógeno.

a) Transformador SS.AA. 33/0,4 kV

Se dispondrá de un devanado terciario en cada uno de los transformadores de potencia que transformarán los 400 kV del devanado primario en 33 kV en este devanado terciario.

Desde este tercer devanado se alimentarán dos centros de transformación prefabricados, que dispondrán de un transformador de servicios auxiliares de 33/0,42 kV cada uno.

Estos transformadores tendrán las siguientes características:

- Trifásico seco encapsulado
- Potencia nominal.....250 kVA
- Tensiones primarias.....33±2,5±5+7,5% kV
- Tensión secundaria (trifásica)..... 0,420 kV
- Conexión..... Triángulo / Estrella
- Grupo de conexión..... Dyn 11
-

b) Grupo electrógeno.

Se instalará un grupo electrógeno de 200 kVA, 400/230 V, 50 Hz, con capota insonorizada y para instalación en intemperie, dispuesto sobre bancada, con conexión a la red de canales de cables del parque.

Dispondrá de depósito de combustible diesel para tener una autonomía de 48 horas y equipo asociado de trasiego.



Se dispondrá de un cubeto en la bancada para recogida de fluidos en caso de fugas.

2.7.1.2 Cuadro general de c.a.

Se instalarán dos cuadros normalizados de corriente alterna en la sala de servicios auxiliares del edificio de control.

Los cuadros estarán alimentados desde las fuentes independientes y no simultáneas arriba escritas. Los embarrados de los cuadros estarán constituidos por 3 barras de fase + 1 barra de neutro. Por facilidad de mantenimiento, tendrán una configuración de barra partida estando las barras 1 y las barras 2 enlazadas por medio de un interruptor de acoplamiento motorizado.

Uno de los dos cuadros de corriente alterna dispondrá de un autómata programable que, en caso de pérdida de la alimentación desde el centro transformación MT/BT, conmutará a la alimentación desde el grupo electrógeno.

2.7.1.3 Cuadros de distribución en el edificio de control.

Los cuadros de distribución en el edificio de control serán alimentados desde el cuadro general y serán los siguientes:

- Cuadro de fuerza y climatización, para los servicios correspondientes en el edificio de control, con barras separadas.
- Cuadro general de alumbrado, para el alumbrado del edificio de control y el de los viales en el exterior.
- Cuadro de corriente alterna en sala de comunicaciones, para servicios de los equipos de comunicaciones en el edificio y alimentación del cuadro de corriente alterna regulada.

2.7.1.4 Cuadros de distribución en casetas de relés.

Se instalará en cada caseta de relés un cuadro de servicios auxiliares de corriente alterna, adecuado a las necesidades de alimentación correspondientes, con apoyos entre casetas.



2.7.2 Servicios auxiliares de corriente continua.

2.7.2.1 Sistema de 125 V de corriente continua para fuerza y control.

Se instalarán dos equipos fuente conmutada (rectificador) - batería en la sala de servicios auxiliares del edificio de control, con capacidad cada uno para alimentar todos los sistemas de control y protecciones, así como el sistema de fuerza (alimentación de motores de interruptores y seccionadores).

Las características principales de estos equipos serán:

- Rectificador:
 - Entrada (c.a.): 3 x 400 / 230 Vca
 - Salida (c.c.): 125 Vcc +10%, -15%
 - Intensidad nominal: 40 A

- Batería:
 - Capacidad: 300 Ah
 - Autonomía mínima (falta c.a.): 8 h

Asimismo el cuadro general de corriente continua de 125 V estará formado por un cuadro principal y dos secundarios con dos barras independientes, desde las que se distribuirán los servicios de control y fuerza. Irán ubicados en la sala de servicios auxiliares del edificio de control.

La distribución en caseta se realizará sobre los propios bastidores de protección. Existirá una alimentación de cada batería por caseta para los sistemas de control y protección, pudiendo apoyarse localmente los sistemas de baterías distintas.

La distribución de fuerza en corriente continua para alimentación de motores de interruptores y seccionadores se realizará sobre los bastidores de protección, con una alimentación por caseta y posibilidad de apoyo desde casetas contiguas.

2.7.2.2 Sistema de 48 V de corriente continua.

En el edificio de mando se instalarán dos equipos de fuentes conmutadas de alta frecuencia – batería para 48 V con capacidad de acuerdo a los criterios de diseño normalizados y un cuadro general de corriente continua de 48 V. De este cuadro, partirán todas las alimentaciones a los equipos de comunicaciones y al CCS.



Las características principales de estos equipos serán:

- Rectificador:
 - Entrada (c.a.): 3 x 400 / 230 Vca
 - Salida (c.c.): 48 Vcc +10%, -15%
 - Intensidad nominal: 75 A

- Batería:
 - Capacidad: 112 Ah
 - Autonomía mínima (falta c.a.): 4 h

En cada caseta de relés se instalará un convertidor de 125 V c.c. / 48 V c.c. y un cuadro de corriente continua que alimentará los armarios de onda portadora así como el alimentador de teléfonos IP instalado en el armario de comunicaciones ubicado en cada caseta de relés.

2.8 SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES

2.8.1 Transmisión.

Las necesidades de servicios de telecomunicaciones consisten en servicios de telefonía, canales de comunicación para las protecciones de línea, circuitos de telecontrol y de telegestión.

Para la comunicación de las protecciones se utilizarán enlaces por fibra óptica para la protección primaria, y de onda portadora, con las correspondientes teleprotecciones de baja frecuencia asociada, para las protecciones secundarias y teledisparo.

Se dotará al edificio de control y a las 6 casetas de la subestación, de fibra óptica multimodo y red de telefonía con protocolo IP.

2.8.2 Conmutación.

En la subestación se instalará una central telefónica, para dar los servicios necesarios. Para la integración de esta central en la red IP se utilizará por un lado un router conectado con 2 tramos de 10 Mbits con la central que se determine y por otro lado con 1 switch.

Se instalarán dos estaciones base DECT para la telefonía inalámbrica. Una de ellas en el interior del edificio de mando y otra en la cubierta del mismo. Esta última



será de intemperie y dispondrá de una antena direccionable que proporcione cobertura en los dos parques de la subestación.

2.8.3 Supervisión de equipos analógicos.

Las alarmas emisión/recepción del equipo terminal de onda portadora y la alarma general de la teleprotección de baja frecuencia se cablearán a relés auxiliares para su supervisión.

2.8.4 Sistema de gestión de protecciones.

La telegestión de equipos se realizará a través de IP. Se deberá conectar al swicht existente en dicho armario el equipo SIGRES NT, para dar servicios de telegestión IP a los equipos que la soliciten.

Para los servicios de telefonía y datos, en el edificio de mando, se instalará cableado estructurado mediante cables de categoría 5 o superior.

Este cableado partirá del armario principal de comunicaciones ubicado en dicha sala, y llegará radialmente a todas las dependencias y casetas dónde sea necesario.

2.8.5 Red de fibra óptica multimodo.

Para interconectar el CCS con las miniULC's de las posiciones, al igual que las protecciones primarias con la sala de comunicaciones, se dispondrá de una red doble estrella para la cual se colocarán dos cables dieléctricos antirroedores de 16 fibras ópticas multimodo entre las casetas y la sala de comunicaciones del edificio de control donde se instalará un armario repartidor, por dos canalizaciones diferentes a ser posible. También se tenderán 6 cables de 16 fibras ópticas multimodo entre la sala de comunicaciones y la sala de control.

Se instalarán:

- 1 repartidor mural de 32 fibras ópticas en cada una de las casetas de relés y otro igual en la sala de control del edificio de control.
- 1 armario bastidor repartidor de 19" tipo rack en la sala de comunicaciones del edificio de control. En dicho bastidor se instalarán 2 repartidores ópticos multimodo tipo rack de 19", de 16 posiciones cada uno.



- Tendido de dos mangueras de cable dieléctrico antirroedores de 16 fibras multimodo entre cada una de las casetas y la sala de comunicaciones, por dos vías diferentes.
- 18 latiguillos ópticos FC/PC bajo seis tubos corrugados, en cada caseta de relés, para unir las ULC's con el repartidor óptico. De cada tubo se conectarán dos latiguillos, quedando uno de reserva.
- 36 latiguillos ópticos FC/PC bajo ocho tubos corrugados en la sala de control, para unir el CCS con el repartidor óptico.
- 8 latiguillos ópticos FC/PC entre repartidores tipo rack, en el bastidor de la sala de comunicaciones para cerrar el circuito de comunicación entre las ULC's y el CCS.

2.8.6 Red de telefonía

Se realizarán las siguientes acciones:

- Instalación en el armario principal de comunicaciones un panel de parcheo para la red de cableado estructurado de 24 conectores RJ-45.
- Instalación de cuatro rosetas doble RJ-45 en la sala de control y comunicaciones y una roseta doble RJ-45 en la sala de servicios auxiliares.
- Tendido y conexionado de cables UTP-5, bajo canalización con tubo corrugado, entre el panel de parcheo de conectores RJ-45 y las rosetas distribuidas por todo el edificio. Los tubos corrugados se finalizarán en racores en ambas puntas. Los cables se rotularán y etiquetarán debidamente.
- Tendido y conexionado, bajo canalización con tubo corrugado, de cables UTP-5 entre el repartidor RJ-45 de la sala de comunicaciones y las rosetas dobles RJ-45 para estación base DECT colocada en el pasillo y la estación base DECT de intemperie situada en la cubierta del edificio.
- Instalación de los teléfonos correspondientes en cada dependencia y caseta de relés, realizando los parcheos oportunos en el armario principal de comunicaciones y en los armarios SERV IP de las casetas correspondientes.



2.9 OBRA CIVIL Y EDIFICACIÓN

2.9.1 Movimiento de tierras

La explanación de la plataforma de la subestación se realizará con amplitud suficiente para dos parques de 3 (parque 400kV) y 7 calles (parque de 220 kV) con las configuraciones ya descritas, implantación del edificio de control e instalaciones anejas (aparcamiento, fosa séptica, depósito de agua, grupo electrógeno, etc). Incluye asimismo desbroce y preparación del camino de acceso a la subestación.

El movimiento de tierras estará condicionado, entre otros, por las características del terreno y recomendaciones incluidas en el estudio geotécnico que ha de realizarse previamente al inicio del proyecto. En función del cual, y del adecuado estudio de la evacuación de aguas de la plataforma, y mediante la aplicación de una optimización económica, se determinará la cota ó en su caso la pendiente que deba darse a la plataforma.

A la terminación de la plataforma final se hará el estudio de la resistividad del terreno y sondeos adicionales para contrastar y corroborar la idoneidad de las cimentaciones diseñadas.

2.9.2 Drenajes y saneamientos

Se instalarán los tubos de drenaje necesarios para evacuar las aguas, de forma que no se produzca un afluente masivo, y que 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. La salida de la red de drenaje se realizará teniendo en cuenta lo indicado anteriormente.

Para el tratamiento de las aguas residuales procedentes del edificio de control se construirá un sistema depurador. Dicho sistema estará formado por un separador de grasas, una arqueta de registro, una fosa séptica, una arqueta para toma de muestras y un pozo filtrante.

Estos equipos estarán fabricados en poliéster reforzado con fibra de vidrio, según norma UNE 66902/89, deberán estar homologados por la autoridad competente y su efluente deberá cumplir con los más estrictos requisitos exigidos por el Ministerio de Medio Ambiente, Consejería de Medio Ambiente, Confederación Hidrográfica, etc.

La salida de la fosa séptica se llevará a una arqueta toma-muestras y de ésta, a un pozo filtrante o a una zanja filtrante, no estando permitido el vertido de los afluentes a la red de drenaje.



2.9.3 Cimentaciones, viales y canales de cables

Se construirán las cimentaciones, canales de cables y viales de acuerdo con la implantación adjunta (planos FYC400 y FYC220).

Los viales interiores podrán ser de tipo flexible o bien de firme rígido de las anchuras indicadas en el plano de planta.

Los de firme flexible dispondrán de una base bituminosa de 10 cm de espesor tendida sobre explanada mejorada (CBR>10), 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 (S-20) de 5 cm de espesor.

En el caso de utilizar viales de firme rígido estarán constituidos por una capa de zahorra compactada sobre el terreno compactado (CBR>10), y una losa de hormigón HM-20 de 15 cm de espesor, armada con malla electrosoldada.

Los canales de cables serán de tipo prefabricado, tipos: A (300 mm) en acceso a apartamentada, B (550 mm) principales de posición, conexión entre casetas y con el edificio de control y BR (550 mm) para paso de viales.

Ver en *documento 3: pliego de condiciones*, planos de los canales.

2.9.4 Accesos

El acceso a la parcela en que esté situada la subestación tendrá lugar entre los dos parques que la componen y estará debidamente asfaltado y acondicionado.

Ver plano PGSUB1.

2.9.5 Edificios y casetas

2.9.5.1 Edificio de mando y control.

Se construirá un edificio de mando y control de una planta, de dimensiones 18,40 x 12,40 m (ver planos EDIF1 Y EDIF2).

Este edificio, dispondrá de sala de mando y control, sala de comunicaciones, sala de servicios auxiliares, sala multiuso, almacén, archivo, aseos y vestuarios.



Albergará los equipos de comunicaciones, 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 dispondrá además de las dependencias habituales para este tipo de edificios (vestuarios, archivo y un almacén-taller).

Básicamente se trata de un edificio con zócalo inferior de hormigón visto, cerramiento a base de bloque de hormigón cara vista modelo Lebrija, según color a determinar en obra, con voladizo superior y peto con bloque cara vista modelo Rudolph y cubierta plana con placas alveolares e impermeabilización. La cimentación vendrá determinada por las cargas propias y de uso, así como de las condiciones de cimentación del terreno que determine el oportuno estudio geotécnico.

En la solera de la sala de servicios auxiliares, en todo el perímetro, se construirá un canal para el paso de cables. Las salas de control y de comunicaciones contarán con falso suelo.

Para el paso de cables entre dependencias se dispondrán tubos en la solera. En la parte inferior del muro se habilitarán huecos para el paso de cables entre la caseta y el parque, que deberán sellarse a la conclusión de los trabajos.

Para la climatización del edificio se instalarán equipos de aire acondicionado solo frío de 4000 frigorías en la sala de control (1 equipo) y en la sala de comunicaciones (2 equipos); y radiadores eléctricos con termostato para calefacción en todas las dependencias.

Es imprescindible que ante un corte de corriente (conmutación de servicios auxiliares, etc.) los equipos continúen funcionando, sin necesidad de reconexión manual. Se incluirá un automatismo de control y alarma de los grupos refrigeradores.

En la sala de servicios auxiliares se instalará además un extractor para ventilación.

El suministro de agua al edificio se realizará con una acometida a la red del municipio en que se ubique la Subestación. Si esto no fuese posible, se dispondría un depósito enterrado de 12 m³ 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.

2.9.5.2 Caseta de residuos

Se construirá una caseta para el almacenamiento de residuos. Será un edificio de planta única rectangular con unas dimensiones exteriores de 5,40 x 4,40 m.



Se construirá sobre una losa de hormigón armado sobre lámina plástica y encachado de piedra.

Los muros exteriores estarán constituidos por bloques huecos de hormigón color beige.

El forjado estará constituido por placas alveolares con capa compresora de hormigón armado HA-25 de 5 cm y mallazo de acero B-500-S. Sobre el forjado se dispondrá una barrera antivapor y una capa de aislamiento térmico. Se levantará la maestra central en la que apoyarán los tabiquillos aligerados para conformar la cubierta a cuatro aguas. Para dar resistencia a la cubierta e impermeabilizarla, se ejecutará un tablero machihembrado con malla de gallinero, se colocará un refuerzo impermeabilizante y se cubrirá con teja mixta. Dichas tejas llevarán a verter el agua de lluvia recogida a un canalón perimetral trapezoidal de PVC, que recorre el exterior de la cubierta, fijado con palomillas galvanizadas. Para rematar el canto del forjado, se utilizará un aplacado tipo Rudolph que cubrirá este y llegará hasta la parte inferior de la teja.

Se ejecutarán pendientes en la solera con hormigón ligero, para llevar los posibles vertidos a la rejilla existente que los conducirá a una arqueta de recogida y esta, a su vez, al separador de grasas y a la red de drenaje. Se impermeabilizará dicha solera con Masterseal 135 o similar para evitar filtraciones.

La distribución interna será la que se indica en el plano correspondiente y estará construida por una estancia única.

2.9.5.3 Casetas de relés.

Se construirán tres casetas de relés, CR-41, CR-42 y CR-43, una por cada calle que se construyan en el parque de 400 kV y otras tres CR-21, CR-22, CR-23 en el parque de 220 kV, una por cada dos o tres calles en el parque de 220 kV, de dimensiones exteriores todas de 4 x 8 m.

(Ver planos CASREL1 y CASREL2).

En estas casetas, se ubicarán los bastidores de relés, el cuadro de servicios auxiliares de c.a., armario de onda portadora, armario de comunicaciones y armario convertidor de 125 Vcc/ 48 Vcc con su correspondiente cuadro de 48 Vcc.

Básicamente se trata de edificios con zócalo inferior de hormigón visto, cerramiento a base de bloque de hormigón cara vista modelo Lebrija, según color a determinar en obra, con voladizo superior y peto con bloque cara vista modelo Rudolph y cubierta plana con placas alveolares e impermeabilización. La cimentación vendrá



determinada por las cargas propias y de uso, así como de las condiciones de cimentación del terreno que determine el oportuno estudio geotécnico.

En la solera, en todo el perímetro, se construirá un canal para el paso de cables.

En la parte inferior del muro se habilitarán huecos para el paso de cables entre la caseta y el parque, que deberán sellarse a la conclusión de los trabajos.

Para la climatización de la caseta se instalarán dos equipos de aire acondicionado, solo frío, de 4000 frigorías cada uno y radiadores eléctricos con termostato para calefacción.

Es imprescindible que ante un corte de corriente (conmutación de servicios auxiliares, etc.) los equipos continúen funcionando, sin necesidad de reconexión manual. Se incluirá un automatismo de control y alarma de los grupos refrigeradores.

2.9.6 CERRAMIENTO

Se realizará un cerramiento de toda la subestación con valla metálica de acero galvanizado reforzado de 2 m de altura, rematado con alambrada de tres filas, con postes metálicos, embebidos sobre un murete corrido de hormigón de 0,5 m de altura.

Se dispondrán las siguientes puertas:

- Puerta de acceso de peatones de 1 m de anchura, con cerradura eléctrica, para apertura desde el edificio de control.
- Puerta de acceso de vehículos de 6 m de anchura, de tipo corredera, motorizada con cremallera y automatismo de cierre y apertura a distancia.

2.10 INSTALACIÓN DE ALUMBRADO Y FUERZA

2.10.1 Alumbrado

2.10.1.1 Calles

De acuerdo con la normalización, el alumbrado normal de calles se realizará con proyectores orientables equipados con lámparas de vapor de sodio alta presión, montados a menos de 3 m de altura. Tendrán una potencia de 400 W y serán de haz



semiextensivo, para que con el apuntamiento adecuado se puedan obtener 50 lux en cualquier zona del parque de intemperie.

2.10.1.2 Viales

Alumbrado con luminarias equipadas con lámpara de VSAP de 70 W, montados sobre báculos de 3 m de altura, para un nivel de iluminación de 5 lux.

Se dispondrá, asimismo, de alumbrado de emergencia constituido por grupos autónomos colocados en las columnas de alumbrado, en el caso de viales perimetrales y sobre la misma estructura que el alumbrado normal o tomas de corriente en el parque de intemperie. El sistema de emergencia será telemandado desde el edificio de control y los equipos tendrán una autonomía de una hora.

2.10.1.3 Edificios

En los interiores de los edificios, el alumbrado normal se realizará con lámparas fluorescentes.

Los alumbrados de emergencia de los edificios y subestación, se realizarán con equipos fluorescentes autónomos situados en las zonas de tránsito y en las salidas. Su encendido será automático en caso de fallo del alumbrado normal, si así estuviese seleccionado, con autonomía de 1 hora.

Los niveles de iluminación en las distintas áreas serán de 500 lux en salas de control y de comunicaciones, y de 300 lux en sala de servicios auxiliares, taller y casetas de relés.

Se dispondrá de fotocélula para el encendido del alumbrado exterior.

2.10.1.4 Fuerza

Se instalarán tomas de fuerza combinados de 3P+T (32 A / 400 V) y 2P+T (16 A / 220 V) en cuadros de intemperie anclados a pilares próximos a los viales, de forma que cubran los dos parques con un radio de cobertura de 25 m.

2.11 SISTEMA CONTRAINCENDIOS Y ANTIINTRUSISMO

Se instalará una única central mixta: "Incendios, robo y transmisión de alarmas para los sistemas de detección, antiintrusismo y contraincendios en el edificio de Control, siendo el resto del equipo el normalizado.



2.11.1 Antiintrusismo.

El sistema de detección Antiintrusismo estará compuesto por:

- Contactos magnéticos en el edificio de control y las casetas de relés.
- Detectores volumétricos de doble tecnología dentro del edificio de control.
- Sirena exterior.

2.11.2 Contraincendios

El sistema contraincendios estará compuesto por:

- Detectores iónicos en la sala de servicios auxiliares, sala de comunicaciones, etc., en el edificio de control y en casetas de relés.
- Detectores termovelocimétricos en el edificio de control, sala almacén.
- Campana exterior.

Además se dispondrán los siguientes extintores:

- 11 extintores de CO₂ de 5 kg: 1/caseta de relés, 1 sala de comunicaciones, 1 sala de control, 1 sala de servicios auxiliares y 1 en sala almacén.
- 1 extintor de CO₂ de 10 kg, en carro: en sala almacén.
- 1 extintor de agua de 10 l: en pasillo.
- 2 extintores de polvo de 6 kg: en pasillo.
- 1 extintor de polvo de 50 kg, en carro: en parque.



3 NORMATIVA APLICADA

Se aplicarán por el orden en que se relacionan, cuando no existan contradicciones legales, las siguientes normas:

- Normativa Europea EN.
- Normativa CENELEC.
- Normativa CEI.
- Normativa UNE.
- Otras normas y recomendaciones (IEEE, MF, ACI, CIGRE, ANSI, AISC, etc).

3.1 EQUIPAMIENTO Y MONTAJE.

El presente Proyecto ha sido redactado basándose en los anteriores Reglamentos y Normas, y más concretamente, en los siguientes, que serán de obligado cumplimiento:

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. O.M. de 18 de Octubre de 1994, R.D. 3275/1982 de 12 de Noviembre e Instrucciones Técnicas Complementarias y sus modificaciones posteriores, la última por O.M. de 10/03/00. En especial las ITC del “Reglamento sobre Centrales eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación”:
 - ITC-MIE-RAT-09: "PROTECCIONES".
 - ITC-MIE-RAT-12: "AISLAMIENTO".
 - ITC-MIE-RAT-13: "INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA".
 - ITC-MIE-RAT-15: "INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE EXTERIOR".
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. "REBT". DECRETO 842/2002, de 2 de agosto, del Ministerio de Ciencia y Tecnología B.O.E.: 18-SEPT-2002, e Instrucciones Técnicas Complementarias y sus modificaciones posteriores.
- Recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T) que le afecten.
- Ley 31/95 de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- R.D. 6/4/01 de 8 de Junio sobre Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- R.D. 1215/97 de 18 de Julio sobre EQUIPOS DE TRABAJO.



- R.D. 486/97 de 14 de Abril sobre Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- R.D. 487/97 de 14 de Abril sobre Manipulación manual de cargas.
- R.D. 773/97 de 30 de Mayo sobre Utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Prescripciones de seguridad para trabajos y maniobras en Instalaciones Eléctricas, de la Comisión Técnica Permanente de la Asociación de Medicina y Seguridad en el Trabajo de UNESA.
- Reglamento de instalaciones de protección contra incendios. REAL DECRETO 1942/1993, de 5-NOV, del Ministerio de Ind. y Energía B.O.E.: 14-DIC-93, y sus correcciones posteriores. Normas de procedimiento y desarrollo del Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios y se revisa el anexo I y los apéndices del mismo ORDEN, de 16-ABR, del Ministerio de Industria y Energía B.O.E.: 28-ABR-98.
- Normas Básicas de la edificación “NBE”, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.
- Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE) tanto en cuanto a la ejecución de los trabajos, como en lo relativo a mediciones.
- Instrucciones técnicas de los fabricantes y suministradores de equipos.

En el caso de discrepancias entre las diversas normas se seguirá siempre el criterio más restrictivo.

3.2 OBRA CIVIL.

3.2.1 Estructuras.

- **Acciones en la edificación.**
 - Documento Básico de Seguridad Estructural SE-AE “Acciones en la Edificación” del Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006 de 17-Marzo, del Ministerio de la Vivienda.
 - Norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (NCSR-02). REAL DECRETO 997/2002, de 27-Septiembre, del



Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente B.O.E.: 11-OCT-02.

- **Acero.**
 - Documento Básico de Seguridad Estructural SE-A “Acero” del Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006 de 17-Marzo, del Ministerio de la Vivienda.

- **Fábrica de ladrillo.**
 - Documento Básico de Seguridad Estructural SE-F “Fábrica” del Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006 de 17-Marzo, del Ministerio de la Vivienda.

- **Hormigón.**
 - Instrucción de Hormigón Estructural "EHE". REAL DECRETO 2661/1998,11-DIC, del Ministerio de Fomento B.O.E.: 13-ENE-99.

- **Forjados.**
 - Actualización de las fichas de autorización de uso de sistemas de forjados RESOLUCIÓN de 30-ENE-97, del Ministerio de Fomento B.O.E.: 6-MAR-97. REAL DECRETO 642/2002 de 5 de julio, por el que se aprueba la " Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados (EFHE)".

3.2.2 Instalaciones.

- **Calefacción, Climatización y Agua caliente sanitaria.**
 - Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE) y sus Instrucciones técnicas complementarias (ITE) y se crea la comisión asesora para instalaciones térmicas de los edificios. REAL DECRETO 1751/1998, de 31-JUL, Ministerio de la Presidencia B.O.E.: 5-AGO 98.



- **Electricidad.**

- Reglamento electrotécnico para baja tensión “REBT” e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT01 a BT51. REAL DECRETO 842/2002, de 2-AGOSTO, del Ministerio de Industria y Energía B.O.E.: 18- SEPT-2002.
- Autorización para el empleo de sistemas de instalaciones con conductores aislados bajo canales protectores de material plástico RESOLUCIÓN de 18-ENE-88, de la Dirección General de Innovación Industrial B.O.E.: 19-FEB-88.

- **Instalaciones de Protección Contra Incendios.**

- Reglamento de instalaciones de protección contra incendios REAL DECRETO 1942/1993, de 5-NOV, del Ministerio de Ind. y Energía B.O.E.: 14-DIC-93 Corrección de errores: 7-MAY-94.
- Normas de procedimiento y desarrollo del Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios y se revisa el anexo I y los apéndices del mismo. ORDEN, de 16-ABR, del Ministerio de Industria y Energía B.O.E.: 28-ABR-98.

3.2.3 Protección.

- **Aislamiento Acústico.**

- Norma Básica de la edificación “NBE-CA-88” condiciones acústicas de los edificios. ORDEN de 29-SEP-88, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo B.O.E.: 8-OCT-88.

- **Aislamiento Térmico.**

- Documento Básico HE “Ahorro de energía” del Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006 de 17-Marzo, del Ministerio de la Vivienda.

- **Protección Contra Incendios.**

- Documento Básico SI “Seguridad en caso de incendio” del Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006 de 17-Marzo, del Ministerio de la Vivienda.



3.2.4 Varios.

- Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006 de 17-Marzo, del Ministerio de la Vivienda.
- Normas tecnológicas de la edificación. DECRETO del Ministerio de la Vivienda nº 3655/72, de 23-DIC B.O.E. 15-ENE-73.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, Subestaciones y centros de transformación. O.M. de 18 de octubre de 1994.
- Instrucciones Técnicas Complementarias en Subestaciones. DECRETO nº 2413/73 de 20-SEP B.O.E.: 9-OCT-73.
- Recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T) que le afecten.
- Ley 31/95 de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- R.D. 6/4/01 de 8 de Junio sobre Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- R.D. 1215/97 de 18 de Julio sobre EQUIPOS DE TRABAJO.
- R.D. 486/97 de 14 de Abril sobre Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- R.D. 487/97 de 14 de Abril sobre Manipulación manual de cargas.
- R.D. 773/97 de 30 de Mayo sobre Utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Prescripciones de seguridad para trabajos y maniobras en Instalaciones Eléctricas, de la Comisión Técnica Permanente de la Asociación de Medicina y Seguridad en el Trabajo de UNESA.
- Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE) tanto en cuanto a la ejecución de los trabajos, como en lo relativo a mediciones.
- Instrucciones técnicas de los fabricantes y suministradores de equipos.

En el caso de discrepancias entre las diversas normas se seguirá siempre el criterio más restrictivo.



4 PLAZO DE EJECUCIÓN Y FECHA PREVISTA DE PUESTA EN SERVICIO

Teniendo en cuenta las posibilidades de acopio de materiales y las necesidades de servicio, se puede estimar en 15 meses el tiempo necesario para la ejecución de las obras, tal como se detallan en este proyecto.

El programa general para la ejecución de las obras, es el siguiente:

	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9
Ingeniería									
Acopios									
Obra Civil									
Montaje									
Conexionado									
Pruebas									

Tabla 16. Programa ejecución obras (parte 1)

	MES 10	MES 11	MES 12	MES 13	MES 14	MES 15	MES 16	MES 17	MES 18
Ingeniería									
Acopios									
Obra Civil									
Montaje									
Conexionado									
Pruebas									

Tabla 17. Programa ejecución obras (parte 2)



DOCUMENTO 2: CÁLCULOS

1 OBJETO

El objeto de este documento es justificar, desde el punto de vista técnico, las soluciones utilizadas en la subestación para los elementos más críticos de las configuraciones adoptadas en los dos parques que integran la subestación (parque de 400 y 220 kV).

Este documento incluye la justificación de los siguientes elementos:

- Cálculo mecánico de embarrados rígidos.
- Determinación de efecto corona.
- Selección de autoválvulas.
- Red de tierras inferior.
- Red de tierras superior.

Cada apartado contiene la normativa aplicada en cada caso, así como las hipótesis de diseño, los cálculos justificativos y conclusiones necesarias.

2 CÁLCULOS SUBESTACIÓN DE 400 kV

2.1 CÁLCULO MECÁNICO DE EMBARRADOS RÍGIDOS.

2.1.1 Hipótesis de diseño.

La corriente de cortocircuito trifásica prevista en el horizonte 2016 es de 40 kA, ya que el operador del sistema eléctrico designa como intensidad máxima de cortocircuito un 80% de la intensidad de cortocircuito de corta duración con que esta seleccionada la apartamentada (50 kA).

Para permitir evoluciones futuras del sistema eléctrico sin impacto en la nueva subestación, se adoptan los siguientes valores de diseño:

- I_{cc3} (simétrica) = 50 kA
- R/X (sistema) = 0,07
- Duración del cortocircuito; 0,5 s.



Conductor rígido.

Se realizarán interconexiones en barras principales con tubo de aluminio de diámetro exterior/interior 250/228 mm \emptyset y para el embarrado bajo diseñado para la conexión entre la apartamenta se utilizará también tubo de aluminio esta vez de diámetro exterior/interior 150/134 mm \emptyset .

Condiciones del vano.

La geometría y condiciones de anclaje en los extremos de los vanos considerados como más desfavorables son las siguientes:

- Vano: Barras principales: aislador – aislador
- Longitud de vano: 20 m
- Distancia entre fases: 5 m
- Anclaje: Elástico – Fijo

Para el embarrado secundario se realizan los cálculos para un vano de 10 m de longitud.

2.1.2 Condiciones de la instalación.

La subestación se encontrará en una parcela por debajo de 500 m sobre el nivel del mar (Zona A según RLAT). Dentro de la parcela se encontrará el edificio de control de la subestación.

Se considerarán las siguientes condiciones climatológicas:

- Hielo: No se considerará la posibilidad de su existencia
- Viento: Presión de viento a 140 km/h = 94,5 daN/m

Los cálculos son tomados con una presión de viento que garantice la mayor seguridad de los elementos constructivos.

2.1.3 Normativa aplicable.

Los cálculos que se realizan a continuación cumplen con la normativa vigente en España referente a este tipo de instalaciones y está basado en las siguientes normas y reglamentos:



- “Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación”. Real Decreto 3275/1982 de 18 de Noviembre 1982.
- “Instrucciones técnicas complementarias”. OM de 18 de octubre de 1984, y modificaciones posteriores.
- “Reglamento técnico de líneas eléctricas aéreas de alta tensión” (RLAT).- Real Decreto 3151/68 de 28 de noviembre de 1968, y modificaciones posteriores.
- Norma CEI 865 de 1986, “Cálculo de los efectos de las corrientes de cortocircuito”
- Norma UNE EN 60865-1, “Corrientes de cortocircuito, cálculo de efectos. Parte 1: Definiciones y métodos de cálculo”
- Norma CEI 909-1988, “Cálculo de corrientes de cortocircuito en redes de corriente alterna trifásica”
- NORMA VDE 0102
- NORMA DIN 43670

Si al aplicar las normas y reglamentos anteriores se obtuviesen valores que discrepases con los que pudieran obtenerse con otras normas o métodos de cálculo, se considerará siempre el resultado más desfavorable, con objeto de estar siempre del lado de la seguridad.

2.1.4 Características de los materiales y equipos a instalar.

Los siguientes datos sobre tubos han sido obtenidos del *Anexo: Acciones mecánicas, embarrados y aparatos* del curso “*Introducción al diseño de subestaciones eléctricas-I*” de *ABB group* [4]

2.1.4.1 Tubo 250/228.

- Aleación.....	E-AlMgSi0,5, F22
- Diámetro exterior (D) interior (d).....	250/228 mm
- Espesor de la pared (e).....	11 mm
- Peso propio unitario (P_{pt}).....	22,30 kg/m
- Sección (A).....	8.259 mm ²
- Carga de rotura del material (σ_R).....	215 N/mm ²
- Momento de inercia (J).....	5910 cm ⁴
- Momento resistente (W).....	473 cm ³



- Módulo de elasticidad (Young) (E)..... 70.000 N/mm²
- Límite de fluencia mínimo del material ($R_{p0.2}$)..... 160 N/mm²
- Coeficiente de dilatación lineal (α).....0,023 mm/m°C
- Intensidad nominal máxima.....5.014 A

2.1.4.2 Tubo 150/134.

- Aleación.....E-AlMgSi0,5, F22
- Diámetro exterior (D) interior (d)..... 150/134 mm
- Espesor de la pared (e).....8 mm
- Peso propio unitario (P_{pt})..... 9,63 kg/m
- Sección (A)..... 3.569 mm²
- Carga de rotura del material (σ_R).....195 N/mm²
- Momento de inercia (J).....902 cm⁴
- Momento resistente (W).....120 cm³
- Módulo de elasticidad (Young) (E).....70.000 N/mm²
- Límite de fluencia mínimo del material ($R_{p0.2}$).....160 N/mm²
- Coeficiente de dilatación lineal (α).....0,023 mm/m°C
- Intensidad nominal máxima.....4.408 A

2.1.4.3 Características de los aisladores soporte.

En los tramos del vano, correspondientes a las barras principales, se instalan aisladores C16-1425, de las siguientes características mecánicas:

- Carga de rotura a flexión 16.000 N
- Carga de rotura a torsión 6.000 N
- Altura del aislador 3.150 mm
- Altura de la pieza soporte 220 mm

En los tramos del vano, correspondientes a las barras secundarias, se instalan aisladores C10-1425, de las siguientes características mecánicas:

- Carga de rotura a flexión 10.000 N
- Carga de rotura a torsión 4.000 N
- Altura del aislador 3.150 mm
- Altura de la pieza soporte 170 mm



2.1.5 Cálculo mecánico del embarrado principal.

Realizando un estudio sobre el apoyo de los embarrados principales se comprueba que los mayores esfuerzos los sufrirán los apoyos intermedios ya que sirven de unión entre dos vanos y por tanto serán mayores que en los apoyos extremos que solo soportan un vano.

2.1.5.1 Corriente de cortocircuito.

La intensidad simétrica de cortocircuito trifásico (I_{cc}) a efectos de diseño es de 50 kA.

La intensidad de cresta, (S/ CEI 909) vale: $I_p = \chi \cdot \sqrt{2} \cdot I_{cc}$ (1)

Siendo, $\chi = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3R/X}$ (2)

R/X es la relación de impedancias equivalentes del sistema en el punto de cortocircuito que, para la red de transporte en este nivel de tensión, vale típicamente 0,07.

Así, sustituyendo en (2) primero y luego en (1), $\chi = 1,814$ e $I_p = 128,3$ kA.

2.1.5.2 Tensión en el tubo.

Esfuerzos por viento

$$F_v = p_v \cdot D \quad (3)$$

Siendo,

$p_v = 945$ N/m, Presión del viento a 140 km/h.
 $D = 0,250$ m, Diámetro exterior tubo.

Así, sustituyendo en la ecuación (3), $F_v = 236,25$ N/m

Esfuerzos por peso propio

$$F_p = F_{pp} + \text{Cable amortiguador} \quad (4)$$

Siendo,

$$F_{pp} = P_{pt} \cdot g \quad (5)$$



Donde,

$$P_{pt} = 22,30 \text{ kg/m, Peso propio unitario.}$$
$$g = 9,81 \text{ m/s, gravedad terrestre.}$$

Por otro lado:

Cable amortiguador = (Lapwing) = 10,53 N/m en los 4/3 del vano, equivalentes con:

$$\frac{4}{3} \cdot 10,53 = 13,2 \text{ N/m}$$

Así, sustituyendo en la ecuación (5) primero y en (4) después,

$$F_{pp} = 218,8 \text{ N/m}$$
$$F_p = 232 \text{ N/m}$$

Esfuerzos por hielo

$$F_h = 0$$

Esfuerzos por cortocircuito

El mayor esfuerzo por cortocircuito se dará en la fase intermedia por estar entre dos fases. La fuerza estática por unidad de longitud entre dos conductores paralelos recorridos por una intensidad, se obtiene de la expresión:

$$F_{m3st} = 0,866 \cdot \frac{\mu_0 \cdot I_p^2}{2 \cdot \pi \cdot a} \quad (6)$$

Donde:

$$I_{p3} = 128,3 \text{ kA, intensidad de cresta de cortocircuito trifásico}$$
$$a = 5 \text{ m, distancia media entre fases.}$$
$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{A} \cdot \text{m}}$$

Sustituyendo y operando en la ecuación (6),

$$F_{m3st} = 570,2 \text{ N/m}$$



Los esfuerzos dinámicos dependen a su vez de la frecuencia de vibración propia del tubo, que es función del tubo, el vano y los apoyos, y que permite calcular dos coeficientes que determinan el esfuerzo dinámico en cortocircuito sobre el tubo:

- V_{σ} = factor que tiene en cuenta el efecto dinámico.
- V_r = factor que tiene en cuenta el reenganche.

Primeramente hallamos la frecuencia de vibración de un tubo, S/ CEI 865:

$$f_c = \frac{\gamma}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}} \quad (7)$$

Donde:

$I = 5.910 \text{ cm}^4$, inercia de la sección

$m = F_p / g = 232 / 9,81 = 23,65 \text{ kg/m}$, masa unitaria del tubo, incluido cable amortiguador.

$E = 70.000 \text{ N/mm}^2$, módulo de Young del material

$l = 20 \text{ m}$, longitud del vano

γ = coeficiente del tubo y los apoyos, 1.57 en este caso.

Sustituyendo y operando en la ecuación (7),

$$f_c = 1,642 \text{ Hz}$$

La relación entre la frecuencia de oscilación y la frecuencia nominal del sistema establece los valores de V_{σ} y V_r .

$$f_c / 50 = 0,033$$

En estas condiciones, según las figuras pertenecientes a la norma IEC 865:

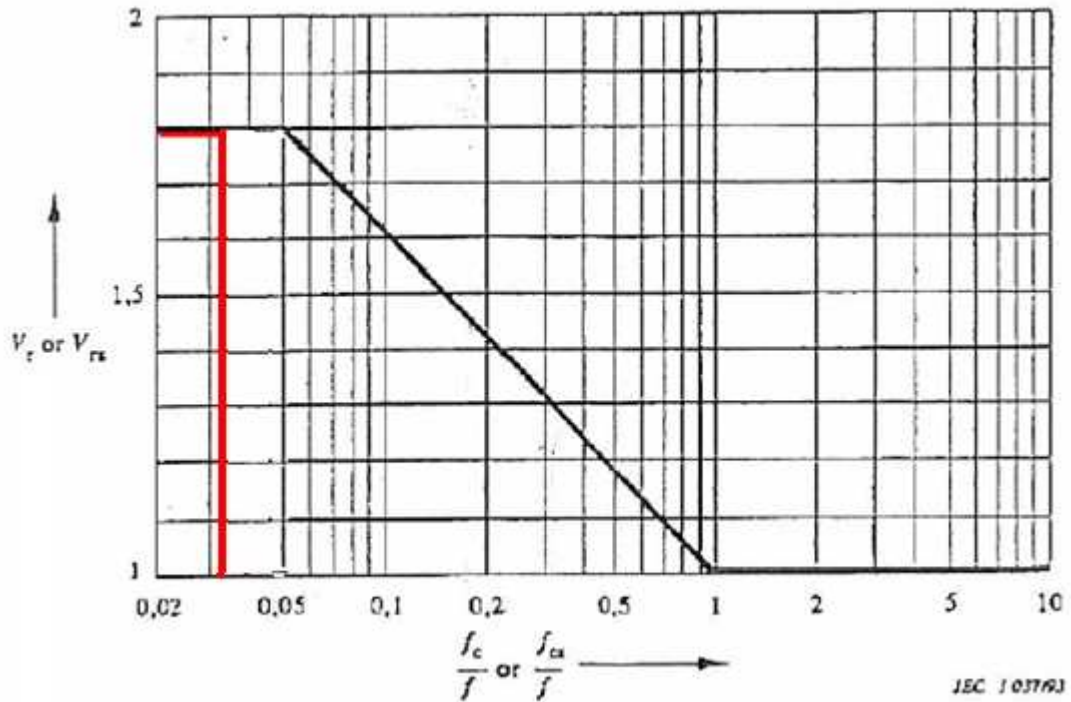
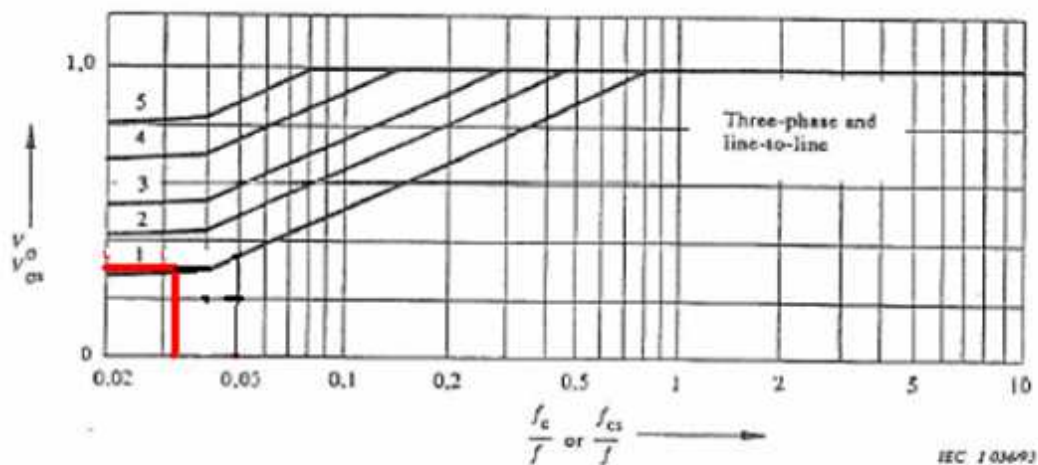


Figura 1. Relación de f_c/f con los factores V_σ y V_r



1 $\kappa \geq 1,60$	2 $\kappa = 1,40$	3 $\kappa = 1,25$
4 $\kappa = 1,10$	5 $\kappa = 1,00$	

Figura 2. Relación de f_c/f con los factores V_σ y V_r y constante k



Y según el anexo A de la norma IEC 865, que contiene las siguientes fórmulas:

$$V_{\sigma} = 0,756 + 4,49 \cdot e^{-1,68 \cdot k} + 0,54 \cdot \log \frac{f_c}{f} \quad (8)$$

$$V_r = 1 - 0,615 \cdot \log \frac{f_c}{f} \quad (9)$$

Obtenemos sustituyendo en las ecuaciones (8) y (9):

$$V_{\sigma} = 0,26$$

$$V_r = 1,8$$

La tensión de trabajo en el tubo por esfuerzo dinámico de cortocircuito, vale:

$$\sigma_m = \sum_i V_{\sigma} \cdot V_r \cdot \beta \cdot \frac{F_{m3st} \cdot l^2}{8 \cdot W} \quad (10)$$

Donde:

$i = 2$ vanos iguales

$\beta = 1$ S/CEI 865

$W = 473 \text{ cm}^3$, momento resistente del material

$l = 20 \text{ m}$, longitud del vano.

$F_{m3st} = 570,2 \text{ N/m}$, fuerza estática por unidad de longitud

$V_{\sigma} = 0,26$

$V_r = 1,8$

Así, sustituyendo en la ecuación (10) obtenemos:

$$\sigma_m = 56,4 \text{ N/mm}^2$$

La tensión de trabajo total en el tubo será la suma geométrica de las tensiones producidas por los distintos esfuerzos, que se acumulan, en sus direcciones respectivas, a la calculada de cortocircuito. En este caso, y considerando todas las carga uniformemente repartidas,

$$\sigma_i = \sum_i \frac{1}{8} \cdot \frac{P \cdot l^2}{W} \quad (11)$$

Donde:

$i = 2$ vanos iguales

$l = 20 \text{ m}$, longitud del vano

$W = 473 \text{ cm}^3$, momento resistente del material

$P =$ carga repartida que produce el esfuerzo



Entonces, sustituyendo valores en la ecuación (11) obtenemos los siguientes esfuerzos:

Esfuerzos por viento:

$$\sigma_v = \sum_i \frac{1}{8} \cdot \frac{236,25 \cdot 20^2}{473} = 49,9 \text{ N/mm}^2$$

Esfuerzos por peso propio:

$$\sigma_v = \sum_i \frac{1}{8} \cdot \frac{232 \cdot 20^2}{473} = 49,1 \text{ N/mm}^2$$

La tensión máxima vale por tanto:

$$\sigma_{t0} = \sqrt{(56,4 + 49,9)^2 + 49,1^2} = 117,09 \text{ N/mm}^2$$

Una vez hecho esto, hallamos el coeficiente de seguridad del tubo frente al límite de fluencia dado por la ecuación:

$$\text{Coef. seguridad} = \frac{R_{p0,2}}{\sigma_{t0}} \quad (12)$$

Sustituyendo en esta última ecuación (12) obtenemos que:

$$\text{Coef. seguridad} = \frac{160}{117,09} = 1,37$$

En cuanto al esfuerzo en cortocircuito, la norma CEI 865 establece que el tubo soporta los esfuerzos si se cumple que:

$$\sigma_{t0} \leq q \cdot R_{p0,2} \quad (13)$$

Donde,

$$R_{p0,2} = 160 \text{ N/mm}^2$$

$q = 1,344$, factor de resistencia del conductor para tubo 250/228 obtenido de la siguiente figura:

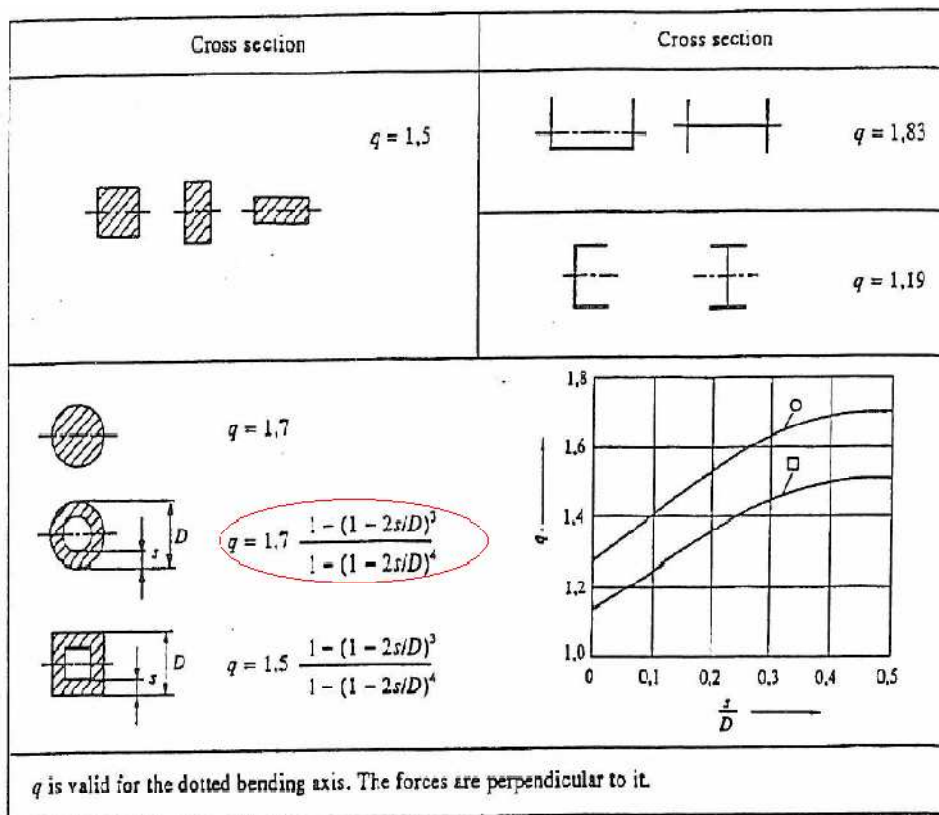


Figura 3. Factor q

De esta forma sustituyendo valores en la ecuación (13):

$$117,09 \leq 1,344 \cdot 160 = 215,04 \text{ N/mm}^2$$

Se verificará por tanto el cumplimiento de la norma CEI 865 y el tubo estará muy lejos del límite para esfuerzos en cortocircuito.

2.1.5.3 Reacciones sobre aisladores soporte.

El máximo esfuerzo en el vano considerado se dará en los aisladores de los intermedios, por lo que se pondera con un coeficiente de 0,5 sobre el esfuerzo producido en un vano, según CEI 865.

Las acciones a considerar en este caso son únicamente horizontales. Así,

Viento sobre el tubo

De la ecuación (3) se obtiene: $F_v = 945 \cdot 250 \cdot 10^{-3} = 236,25 \text{ N/m}$



Esfuerzo en cortocircuito

Según la norma de referencia, la ecuación del valor de esfuerzo sobre los soportes tiene la expresión:

$$F_{m3d} = 0,866 \cdot V_{\sigma} \cdot V_r \cdot \frac{\mu_0 \cdot I_{p3}^2}{2 \cdot \pi \cdot a} \quad (14)$$

Donde,

$V_{\sigma} = 0,26$, factor de carga, dependiente de $f_c/f_n = 0,033$

$V_r = 1,8$

$0,866 \cdot \frac{\mu_0 \cdot I_{p3}^2}{2 \cdot \pi \cdot a} = F_{m3st} = 570,2 \text{ N/m}$, obtenido de la ecuación (6)

Sustituyendo en la anterior ecuación (14) obtenemos:

$$F_{m3d} = 0,26 \cdot 1,8 \cdot 570,2 = 266,85 \text{ N/m}$$

La suma de esfuerzos sobre el soporte vendrá dada por la ecuación:

$$F_t = \sum_i (F_v + F_{m3d}) \cdot l \cdot \alpha \quad (15)$$

Donde,

$i = 2$

$\alpha = 0,5$, coeficiente de reparto, según CEI 865

Obteniendo:

$$F_t = 2 \cdot (141,73 + 266,85) \cdot 20 \cdot 0,5 = 8.171,6 \text{ N}$$

Este esfuerzo se produce sobre el eje del tubo, que está situado 170 mm por encima de la cabeza del aislador cuya altura es de 2.300 mm, punto sobre el que el fabricante garantiza el esfuerzo.

Por lo tanto,

$$F_t = 8.171,6 \cdot \frac{(3.150 + 220)}{3.150} = 8.742,3 \text{ N}$$



Viento sobre el aislador

Además del esfuerzo creado por el viento en los tubos, tendremos también en el propio aislador un esfuerzo debido también al viento, esta fuerza se aplicará en la cabeza del aislador, obteniéndose la siguiente ecuación:

$$F_{va} = L_a \cdot D_a \cdot P_v \cdot \alpha \quad (16)$$

Donde,

$L_a = 3,15$ m, longitud del aislador
 $D_a = 0,35$ m, diámetro del aislador
 $P_v = 945$ N/m, presión del viento
 $\alpha = 0,5$, según CEI 865

Obteniendo de la ecuación (16):

$$F_{va} = 520,9 \text{ N}$$

Para terminar tendremos una suma de fuerzas total de:

$$F = F_t + F_{va} = 8.742,3 + 520,9 = 9.263 \text{ N}$$

El aislador trabajará por tanto, en las peores condiciones, con un coeficiente de seguridad frente a la carga inferior de rotura de:

$$16.000/9.263 = 1,73$$

Con lo que el aislador cumple con la seguridad requerida para su utilización, ya que el coeficiente de seguridad es mayor que 1,5, coeficiente mínimo exigido para apoyos metálicos.

2.1.5.4 Flecha en el tubo.

La flecha máxima para un vano se obtiene de la expresión:

$$f = \frac{1}{185} \cdot \frac{P \cdot l^4}{E \cdot I} \quad (17)$$

Donde: $P = 232$ N/m, carga vertical distribuida
 $l = 20$ m, longitud del vano
 $E = 70.000$ N/mm², módulo de Young
 $I = 5.910$ cm⁴, Inercia de la sección



La carga a considerar en este caso, es el peso propio del tubo, más el cable amortiguador. Sustituyendo en (17),

$$f = 0,05 \text{ m (5 cm)}, \text{ Equivalente con } L/400$$

2.1.5.5 Elongación del embarrado.

El tubo que forma el embarrado, por efectos térmicos se dilatará, de acuerdo con la expresión:

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta \quad (18)$$

Donde: $l_0 = 20 \text{ m}$, longitud inicial del tubo
 $\alpha = 0,023 \text{ mm/m}^\circ\text{C}$, coeficiente de dilatación lineal del tubo
 $\Delta \theta = 45^\circ\text{C}$, incremento de temperatura entre la de montaje (35°C) y la de servicio (80°C)

En estas condiciones, $\Delta l = 20,70 \text{ mm}$

Dada la elongación del vano se instalarán piezas especiales que permitan absorber esta dilatación.

2.1.5.6 Esfuerzo térmico en cortocircuito.

La intensidad térmica en cortocircuito viene dada según CEI 865 por la ecuación:

$$I_\theta = I_p \cdot \sqrt{(m + n)} \quad (19)$$

Donde: m, n coeficientes térmicos de disipación, que valen 0,097 y 0,758.

Sustituyendo en (19),

$$I_\theta = 118,6 \text{ kA}$$

Este valor debe ser menor que la capacidad térmica del tubo, con densidad de corriente en cortocircuito $\rho = 120 \text{ A/mm}^2$ (proceso adiabático).

Para el tubo actual, la capacidad térmica es $S \cdot \rho = 8259 \cdot 120 = 991 \text{ kA}$, muy superior a la corriente térmica de cortocircuito de la instalación (118,6 kA).



2.1.5.7 Intensidad nominal de las barras.

La intensidad nominal teórica del tubo elegido, según fabricante es de 5.014 A con 30° C de temperatura ambiente y 65°C de temperatura de trabajo del tubo.

Según DIN 43670, esta intensidad debe ser corregida con distintos factores en función de la composición del tubo, la altitud, la temperatura máxima de trabajo (Según RAT 5).

Así, deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

$k_1 = 0,925$ por la aleación elegida

$k_2 = 1,25$ para temperatura final de 80 °C

$k_3 = 1$ por ser tubo

$k_4 = 0,98$ para instalación a menos de 1000 metros sobre el nivel del mar

Según la citada norma; $I_{m\acute{a}x} = I_n * k_1 * k_2 * k_3 * k_4$.

Así, $I_{m\acute{a}x} = 5.681$ A, equivalentes con 3936 MVA, potencia muy superior a la necesaria.

2.1.6 Cálculo mecánico del embarrado secundario.

Los mayores esfuerzos los sufrirán los apoyos intermedios ya que sirven de unión entre dos vanos y por tanto serán mayores que en los apoyos extremos que solo soportan un vano.

2.1.6.1 Corriente de cortocircuito.

Como ya se ha indicado la intensidad simétrica de cortocircuito trifásico (I_{cc}) a efectos de diseño es de 40 kA.

La intensidad de cresta, (S/ CEI 909) al igual que en el embarrado principal vale:

$$I_p = 128,3 \text{ kA}$$



2.1.6.2 Tensión en el tubo.

Esfuerzos por viento

$$F_v = p_v \cdot D \quad (3)$$

Siendo,

$$p_v = 94,5 \text{ daN/m, Presión del viento a 140 km/h.}$$
$$D = 0,15 \text{ m, Diámetro exterior tubo.}$$

Así, sustituyendo en la ecuación (3), $F_v = 141,75 \text{ N/m}$

Esfuerzos por peso propio

$$F_p = F_{pp} + \text{Cable amortiguador} \quad (4)$$

Siendo,

$$F_{pp} = P_{pt} \cdot g \quad (5)$$

Donde,

$$P_{pt} = 9,63 \text{ kg/m, Peso propio unitario.}$$
$$g = 9,81 \text{ m/s, gravedad terrestre.}$$

Por otro lado:

Cable amortiguador = (Lapwing) = 10,53 N/m en los 4/3 del vano, equivalentes con:

$$\frac{4}{3} \cdot 10,53 = 13,2 \text{ N/m}$$

Así, sustituyendo en la ecuación (5) primero y en (4) después,

$$F_{pp} = 94,4 \text{ N/m}$$
$$F_p = 107,6 \text{ N/m}$$

Esfuerzos por hielo

$$F_h = 0$$



Esfuerzos por cortocircuito

El mayor esfuerzo por cortocircuito se dará en la fase intermedia por estar entre dos fases. La fuerza estática por unidad de longitud entre dos conductores paralelos recorridos por una intensidad, se obtiene de la expresión:

$$F_{m3st} = 0,866 \cdot \frac{\mu_0 \cdot I_p^2}{2 \cdot \pi \cdot a} \quad (6)$$

Al ser la intensidad de cresta de cortocircuito trifásico y la distancia media entre fases, las mismas que en embarrado principal, obtenemos:

$$F_{m3st} = 570,2 \text{ N/m}$$

La frecuencia de vibración del tubo de 150/132 mm vale, S/ CEI 865:

$$f_c = \frac{\gamma}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}} \quad (7)$$

Donde:

$I = 902 \text{ cm}^4$, inercia de la sección

$m = F_p / g = 107,6 / 9,81 = 10,97 \text{ kg/m}$, masa unitaria del tubo, incluido cable amortiguador.

$E = 70.000 \text{ N/mm}^2$, módulo de Young del material

$l = 10 \text{ m}$, longitud del vano

$\gamma =$ coeficiente del tubo y los apoyos, 1.57 en este caso.

Sustituyendo y operando en la ecuación (7),

$$f_c = 3,767 \text{ Hz}$$

La relación entre la frecuencia de oscilación y la frecuencia nominal del sistema establece los valores de V_σ y V_r .

$$f_c / 50 = 0,075$$

En estas condiciones, según el anexo A de la norma IEC 865, que contiene las siguientes fórmulas:

$$V_\sigma = 0,756 + 4,49 \cdot e^{-1,68 \cdot k} + 0,54 \cdot \log \frac{f_c}{f} \quad (8)$$

$$V_r = 1 - 0,615 \cdot \log \frac{f_c}{f} \quad (9)$$



Donde,

$$k = 1,6$$
$$f_c/f = 0,09$$

Obtenemos sustituyendo en las ecuaciones (8) y (9):

$$V_\sigma = 0,45$$
$$V_r = 1,69$$

La tensión de trabajo en el tubo de 100/88 mm por esfuerzo dinámico de cortocircuito, vale:

$$\sigma_m = \sum_i V_\sigma \cdot V_r \cdot \beta \cdot \frac{F_{m3st} \cdot l^2}{8 \cdot W} \quad (10)$$

Donde:

$i = 2$ vanos iguales
 $\beta = 1$ S/CEI 865
 $W = 120 \text{ cm}^3$, momento resistente del material
 $l = 10 \text{ m}$, longitud del vano.
 $F_{m3st} = 570,2 \text{ N/m}$, fuerza estática por unidad de longitud
 $V_\sigma = 0,45$
 $V_r = 1,69$

Así, sustituyendo en la ecuación (10) obtenemos:

$$\sigma_m = 90,3 \text{ N/mm}^2$$

La tensión de trabajo total en el tubo será la suma geométrica de las tensiones producidas por los distintos esfuerzos, que se acumulan, en sus direcciones respectivas, a la calculada de cortocircuito. En este caso, y considerando todas las carga uniformemente repartidas,

$$\sigma_i = \sum_i \frac{1}{8} \cdot \frac{P \cdot l^2}{W} \quad (11)$$

Donde:

$i = 2$ vanos iguales
 $l = 10 \text{ m}$, longitud del vano
 $W = 120 \text{ cm}^3$, momento resistente del material
 $P =$ carga repartida que produce el esfuerzo



Entonces, sustituyendo valores en la ecuación (11) obtenemos los siguientes esfuerzos:

Esfuerzos por viento:

$$\sigma_v = \sum_i \frac{1}{8} \cdot \frac{141,75 \cdot 10^2}{120} = 29,5 \text{ N/mm}^2$$

Esfuerzos por peso propio:

$$\sigma_v = \sum_i \frac{1}{8} \cdot \frac{107,6 \cdot 10^2}{120} = 22,4 \text{ N/mm}^2$$

La tensión máxima vale por tanto:

$$\sigma_{t0} = \sqrt{(90,3 + 29,5)^2 + 22,4^2} = 121,9 \text{ N/mm}^2$$

Una vez hecho esto, hallamos el coeficiente de seguridad del tubo frente al límite de fluencia dado por la ecuación:

$$\text{Coef. seguridad} = \frac{R_{p0,2}}{\sigma_{t0}} \quad (12)$$

Sustituyendo en esta última ecuación (12) obtenemos que:

$$\text{Coef. seguridad} = \frac{160}{121,9} = 1,31$$

En cuanto al esfuerzo en cortocircuito, la norma CEI 865 establece que el tubo soporta los esfuerzos si se cumple que:

$$\sigma_{t0} \leq q \cdot R_{p0,2} \quad (13)$$

Donde,

$q = 1,35$, factor de resistencia del conductor para tubo 150/132 mm:
 $R_{p0,2} = 160 \text{ N/mm}^2$.



De esta forma sustituyendo valores en la ecuación (13):

$$121,9 \leq 1,35 \cdot 160 = 216 \text{ N/mm}^2$$

Se verificará el cumplimiento de la norma CEI 865 y el tubo estará muy lejos del límite para esfuerzos en cortocircuito.

2.1.6.3 Reacciones sobre aisladores soporte.

El máximo esfuerzo en el vano considerado se dará en los aisladores de los intermedios, por lo que se pondera con un coeficiente de 0,5 sobre el esfuerzo producido en un vano, según CEI 865.

Las acciones a considerar en este caso son únicamente horizontales. Así,

Viento sobre el tubo

De la ecuación (3) se obtiene: $F_v = 945 \cdot 150 \cdot 10^{-3} = 141,75 \text{ N/m}$

Esfuerzo en cortocircuito

Según la norma de referencia, la ecuación del valor de esfuerzo sobre los soportes tiene la expresión:

$$F_{m3d} = 0,866 \cdot V_\sigma \cdot V_r \cdot \frac{\mu_0 \cdot I_{p3}^2}{2 \cdot \pi \cdot a} \quad (14)$$

Donde,

$V_\sigma = 0,45$, factor de carga, dependiente de $f_c/f_n = 0,075$

$V_r = 1,69$

$0,866 \cdot \frac{\mu_0 \cdot I_{p3}^2}{2 \cdot \pi \cdot a} = F_{m3st} = 570,2 \text{ N/m}$, obtenido de la ecuación (6)

Sustituyendo en la anterior ecuación (14) obtenemos:

$$F_{m3d} = 0,45 \cdot 1,69 \cdot 570,2 = 433,6 \text{ N/m}$$

La suma de esfuerzos sobre el soporte vendrá dada por la ecuación:

$$F_t = \sum_i (F_v + F_{m3d}) \cdot l \cdot \alpha \quad (15)$$



Donde,

$$i = 2$$

$$\alpha = 0,5, \text{ coeficiente de reparto, según CEI 865}$$

Obteniendo:

$$F_t = 2 \cdot (141,75 + 433,6) \cdot 10 \cdot 0,5 = 5754 \text{ N}$$

Este esfuerzo se produce sobre el eje del tubo, que está situado 170 mm por encima de la cabeza del aislador cuya altura es de 3.150 mm, punto sobre el que el fabricante garantiza el esfuerzo.

Por lo tanto,

$$F_t = 5754 \cdot \frac{(3.150 + 170)}{3.150} = 6064,5 \text{ N}$$

Viento sobre el aislador

Además del esfuerzo creado por el viento en los tubos, tendremos también en el propio aislador un esfuerzo debido también al viento, esta fuerza se aplicará en la cabeza del aislador, obteniéndose la siguiente ecuación:

$$F_{va} = L_a \cdot D_a \cdot P_v \cdot \alpha \quad (16)$$

Donde,

$$L_a = 3,15 \text{ m, longitud del aislador}$$

$$D_a = 0,35 \text{ m, diámetro del aislador}$$

$$P_v = 945 \text{ N/m, presión del viento}$$

$$\alpha = 0,5, \text{ según CEI 865}$$

Obteniendo de la ecuación (16):

$$F_{va} = 521 \text{ N}$$

Para terminar tendremos una suma de fuerzas total de:

$$F = F_t + F_{va} = 6064,5 + 521 = 6584,5 \text{ N}$$

El aislador trabajará por tanto, en las peores condiciones, con un coeficiente de seguridad frente a la carga inferior de rotura de:

$$10.000/6.584,5 = 1,52$$



Con lo que el aislador cumple con la seguridad requerida para su utilización, ya que el coeficiente de seguridad es mayor que 1,5, coeficiente mínimo exigido para apoyos metálicos.

2.1.6.4 Flecha en el tubo.

La flecha máxima para un vano se obtiene de la expresión:

$$f = \frac{1}{185} \cdot \frac{P \cdot l^4}{E \cdot I} \quad (17)$$

Donde: $P = 107,6 \text{ N/m}$, carga vertical distribuida
 $l = 10 \text{ m}$, longitud del vano
 $E = 70.000 \text{ N/mm}^2$, módulo de Young
 $I = 902 \text{ cm}^4$, Inercia de la sección

La carga a considerar en este caso, es el peso propio del tubo, más el cable amortiguador. Sustituyendo en (17),

$$f = 0,009 \text{ m (0,9 cm)}, \text{ equivalente con } L/1111$$

2.1.6.5 Elongación del embarrado.

El tubo que forma el embarrado, por efectos térmicos se dilatará, de acuerdo con la expresión:

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta \quad (18)$$

Donde: $l_0 = 10 \text{ m}$, longitud inicial del tubo
 $\alpha = 0,023 \text{ mm/m}^\circ\text{C}$, coeficiente de dilatación lineal del tubo
 $\Delta \theta = 45^\circ\text{C}$, incremento de temperatura entre la de montaje (35°C) y la de servicio (80°C)

En estas condiciones, $\Delta l = 10,35 \text{ mm}$

Dada la elongación del vano se instalarán piezas especiales que permitan absorber esta dilatación.



2.1.6.6 Esfuerzo térmico en cortocircuito.

La intensidad térmica en cortocircuito viene dada según CEI 865 por la ecuación:

$$I_{\theta} = I_p \cdot \sqrt{(m + n)} \quad (19)$$

Donde: m, n coeficientes térmicos de disipación, que valen 0,097 y 0,758.

Sustituyendo en (19),

$$I_{\theta} = 118,6 \text{ kA}$$

Este valor debe ser menor que la capacidad térmica del tubo, con densidad de corriente en cortocircuito $\rho = 120 \text{ A/mm}^2$ (proceso adiabático).

Para el tubo actual, la capacidad térmica es $S \cdot \rho = 3456 \cdot 120 = 415 \text{ kA}$, muy superior a la corriente térmica de cortocircuito de la instalación (118,6 kA).

2.1.6.7 Intensidad nominal de las barras.

La intensidad nominal teórica del tubo elegido, según fabricante es de 4.408 A con 30° C de temperatura ambiente y 65°C de temperatura de trabajo del tubo.

Según DIN 43670, esta intensidad debe ser corregida con distintos factores en función de la composición del tubo, la altitud, la temperatura máxima de trabajo (Según RAT 5).

Así, deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

k1 = 0,925 por la aleación elegida

k2 = 1,25 para temperatura final de 80 °C

k3 = 1 por ser tubo

k4 = 0,98 para instalación a menos de 1000 metros sobre el nivel del mar

Según la citada norma; $I_{\text{máx}} = I_n \cdot k1 \cdot k2 \cdot k3 \cdot k4$.

Así, $I_{\text{máx}} = 4.495 \text{ A}$, equivalentes con 3.114 MVA, potencia muy superior a la necesaria.



2.2 CÁLCULOS DE EFECTO CORONA.

2.2.1 Cálculo de la tensión disruptiva.

Para el cálculo de la tensión crítica disruptiva (U_c) a partir de la cual el efecto corona puede manifestarse en conductores cilíndricos, puede aplicarse la siguiente fórmula, científicamente conocida como *fórmula de Peek*:

$$U_c = m_c \cdot m_t \cdot \delta \cdot E_{0f} \cdot r_1 \cdot \ln(D/r_1) \quad (20)$$

Donde:

m_c = Coeficiente de irregularidad del conductor que toma el valor de 1 para tubo cilíndrico y liso.

m_t = Coeficiente meteorológico para tener en cuenta el efecto que produce la humedad que toma el valor 1 para tiempo seco.

r_1 = Radio exterior del tubo en cm; para el tubo de 150 mm toma un valor de 7,5 cm, para el de 100 mm toma un valor 5 cm.

D = 500 cm, distancia entre conductores.

δ = Factor de corrección de la densidad del aire.

$$\delta = \frac{3,92 \cdot H}{273 + \vartheta} \quad (21)$$

Siendo,

H = presión atmosférica en cm de mercurio

ϑ = temperatura del aire (en nuestro caso 35°C para las condiciones más desfavorables). La nueva subestación se encontrará a una altura sobre el nivel del mar inferior a 1000 m, por lo que se consideran 760 mm Hg de presión.

Sustituyendo en (21) se obtiene $\delta = 0,937$.

E_{0f} = Valor eficaz de campo eléctrico crítico para la aparición del efecto corona.

Para conductores paralelos el valor máximo de campo viene dado por:

$$E_0 = 30 \cdot m_0 \cdot \left(1 + \frac{0,3}{\sqrt{r_1}}\right) \text{ kV/cm} \quad (22)$$



Sustituyendo en (22) obtenemos un valor máximo de campo de 33,28 kV/cm para tubo de 150 mm y de 34,02 kV/cm para tubo de 100 mm.

En valor eficaz tendremos:

$$E_{of} = E_0 / \sqrt{2} = 23,53 \text{ kV/cm (tubo 150 mm)}$$

$$E_{of} = E_0 / \sqrt{2} = 24,06 \text{ kV/cm (tubo 100 mm)}$$

Sustituyendo valores en la expresión (20) se obtienen las tensiones disruptivas:

Embarrado principal (150 mm)

$$U_c = 1 \cdot 1 \cdot 0,937 \cdot 23,53 \cdot 7,5 \cdot \ln \left(\frac{500}{7,5} \right) = 696 \text{ kV}$$

Embarrado secundario (100 mm)

$$U_c = 1 \cdot 1 \cdot 0,937 \cdot 24,06 \cdot 5 \cdot \ln \left(\frac{500}{5} \right) = 519 \text{ kV}$$

Estas tensiones disruptivas están calculadas para tiempo despejado. Para el caso de tiempos de niebla, nieve o tempestad debe considerarse disminuida en un 20%, respecto al valor de tiempo despejado.

Por el hecho de estar en el mismo plano los conductores, la tensión disruptiva referida al conductor central debe ser disminuida en un 4% y aumentada en un 6% para los conductores laterales respectivamente.

Como se ve en los valores obtenidos están muy alejados de la tensión eficaz entre fase y tierra de los conductores (142 kV) por lo que es de esperar que el efecto corona no se produzca.



2.3 SELECCIÓN DE AUTOVÁLVULAS 400 kV

Los cálculos realizados para seleccionar la autoválvula adecuada se harán conforme a las *Especificaciones técnicas exigidas por R.E.E para pararrayos de alta tensión* [19] y la *guía para el comprador de ABB “Descargadores de sobretensiones de alto voltaje”* [7], compañía con una amplia variedad de productos y con experiencia contrastada en el sector eléctrico.

Para la selección adecuada de los pararrayos autoválvulas, hay que determinar para comenzar, si el sistema de puesta a tierra está puesto a tierra correctamente. Para esto, se calcula el factor de puesta a tierra k ,

$$k = \frac{U_{TOV}}{U_{ca}} \quad (23)$$

Siendo:

$$U_{ca} = \frac{U_m}{\sqrt{3}} = 242,49 \text{ kV}, \text{ la tensión real de funcionamiento continuo.}$$

$$U_{TOV} = 1,4 \cdot \frac{U_m}{\sqrt{3}} = 339,48 \text{ kV}, \text{ la tensión TOV (temporary overvoltage)}$$

en sistemas con neutro puesto a tierra,

donde la tensión más elevada del material $U_m = 420 \text{ kV}$.

Al ser $k \leq 1,4$, se considera que el sistema esta efectivamente puesto a tierra.

En la siguiente tabla se puede obtener la tensión asignada de las autoválvulas a instalar teniendo en cuenta que el tiempo de despeje de falta es inferior a 1 segundo (0,5 seg) y que la tensión más elevada del material, $U_m = 420 \text{ kV}$.

Sistema a tierra	Duración de la falta	Tensión más elevada del material, U_m (kV)	Mínima tensión asignada, U_r (kV)
Efectivo	$\leq 1s$	≤ 100	$\geq 0,8 \cdot U_m$
Efectivo	$\leq 1s$	≥ 123	$\geq 0,72 \cdot U_m$
No efectivo	$\leq 10s$	≤ 170	$\geq 0,91 \cdot U_m$ $\geq 0,93 \cdot U_m$ (EXLIM T)
No efectivo	$\leq 2h$	≤ 170	$\geq 1,11 \cdot U_m$
No efectivo	$> 2h$	≤ 170	$\geq 1,25 \cdot U_m$

Tabla 18. Tensión asignada de las autoválvulas 400 kV



De la tabla 18 se sabe la mínima tensión asignada, $U_r = 0,72 \cdot U_m = 302,4$ kV. Esta tensión no es normalizada, se elegirá la tensión normalizada inmediatamente superior, es decir, 330 kV.

Por otro lado la línea de fuga mínima de la autoválvula será:

$$L_{fuga} = L_{min-esp} \cdot U_m \quad (24)$$

Siendo,

$L_{min-esp}$, longitud mínima específica, 25 mm/kV para zonas de contaminación altas como en este caso.

U_m , tensión más elevada del material, 420 kV.

Obteniendo de (24), $L_{fuga} = 10.500$ mm.

En cuanto a la energía que deberá absorber la autoválvula vendrá dada por la siguiente ecuación:

$$W = \frac{U_L - U_{res}}{Z} \cdot U_{res} \cdot 2T \cdot n \quad (25)$$

Siendo,

W = Energía absorbida por la autoválvula.

U_L = Sobretensión eventual o tensión de carga de la línea (kV).

U_{res} = Tensión residual de la autoválvula.

Z = Resistencia de la autoválvula (ohm).

T = Tiempo de propagación de la onda (μs) = l/v , donde,

l = Longitud de línea (km)

v = Velocidad de propagación = 0,3 km/ μs

n = 2, Número consecutivo de descargas. (Cláusula IEC 8.5.5)



Para obtener U_L y Z se verá la tabla siguiente:

Tensión más elevada del material, U_m (kV)	Impedancia del pararrayos, Z (ohm)	Sobretensión eventual sin pararrayos, U_L (p.u)
< 145	450	3,0
145 - 345	400	3,0
362 - 525	350	2,6
765	300	2,2

Tabla 19. Impedancia del pararrayos y sobretensión eventual sin él.

Por tanto, la impedancia será, $Z = 350$ ohm y la sobretensión, $U_L = 1.040$ kV. En la longitud de línea se tomará 0,3 km que será la distancia entre el parque y el entronque con la línea.

Se seleccionará la autoválvula de clase 4 EXLIM P330-EH420, con tensión residual de descarga (20 kA, 8/20 μ s) de 823 kV y con línea de fuga de 11.002 mm (superior a 10.500 mm).

Sustituyendo en la ecuación (25) obtenemos que la energía absorbida por el pararrayos es $W = 2.041$ kJ, siendo por tanto la capacidad de la autoválvula para disipar energía $W/U_r = 6,18$ kJ/kV_r. La autovalvula EXLIM P330-EH420 será capaz de disipar energía 10,8 kJ/kV_r ($> 6,18$ kJ/kV_r) y tiene una tensión permanente de trabajo $U_c = 264$ kV, mayor que la $U_{ca} = 242,49$ kV. Por esto y además por cumplir todos los demás requisitos ya mencionados la autoválvula EXLIM P330-EH420 será la elegida para el parque de 400 kV.



3 CÁLCULOS SUBESTACIÓN DE 220 kV.

3.1 CÁLCULO MECÁNICO DE EMBARRADOS RÍGIDOS.

3.1.1 Hipótesis de diseño.

La corriente de cortocircuito trifásica prevista en el horizonte 2016 es de 32 kA, ya que como se ha mencionado el operador del sistema eléctrico designa como intensidad máxima de cortocircuito un 80% de la intensidad de cortocircuito de corta duración con que esta seleccionada la apartamentada (40 kA).

Para permitir evoluciones futuras del sistema eléctrico sin impacto en la nueva subestación, se adoptan los siguientes valores de diseño:

- I_{cc3} (simétrica) = 40 kA
- R/X (sistema) = 0,07
- Duración del cortocircuito; 0,5 s.

Conductor rígido.

Se realizarán interconexiones en barras principales con tubo de aluminio de diámetro exterior/interior 150/134 mm \emptyset y para el embarrado bajo diseñado para la conexión entre la apartamentada se utilizará también tubo de aluminio esta vez de diámetro exterior/interior 100/88 mm \emptyset .

Condiciones del vano.

La geometría y condiciones de anclaje en los extremos de los vanos considerados como más desfavorables son las siguientes:

- Vano: Barras principales: aislador – aislador
- Longitud de vano: 13,50 m
- Distancia entre fases: 3,50 m
- Anclaje: Elástico – Fijo

Para el embarrado secundario se realizan los cálculos para un vano de 7 m de longitud y una distancia entre fases de 4 m.



3.1.2 Condiciones de la instalación.

La subestación se encontrará en una parcela por debajo de 500 m sobre el nivel del mar (Zona A según RLAT). Dentro de la parcela se encontrará el edificio de control de la subestación.

Se considerarán las siguientes condiciones climatológicas:

- Hielo: No se considerará la posibilidad de su existencia
- Viento: Presión de viento a 140 km/h = 94,5 daN/m

3.1.3 Normativa aplicable.

Al igual que en el parque de 400 kV, los cálculos que se realizan a continuación cumplen con la normativa vigente en España referente a este tipo de instalaciones y está basado en las siguientes Normas y Reglamentos:

- “Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación”. Real Decreto 3275/1982 de 18 de Noviembre 1982.
- “Instrucciones técnicas complementarias”. OM de 18 de octubre de 1984, y modificaciones posteriores.
- “Reglamento técnico de líneas eléctricas aéreas de alta tensión” (RLAT).- Real Decreto 3151/68 de 28 de noviembre de 1968, y modificaciones posteriores.
- Norma CEI 865 de 1986, “Cálculo de los efectos de las corrientes de cortocircuito”
- Norma UNE EN 60865-1, “Corrientes de cortocircuito, cálculo de efectos. Parte 1: Definiciones y métodos de cálculo”
- Norma CEI 909-1988, “Cálculo de corrientes de cortocircuito en redes de corriente alterna trifásica”
- NORMA VDE 0102
- NORMA DIN 43670

Si al aplicar estas normas y reglamentos se obtuviesen valores diferentes a los que pudieran obtenerse con otras normas o métodos de cálculo, se considerará siempre el resultado más desfavorable, con objeto de diseñar con la mayor seguridad esta subestación.



3.1.4 Características de los materiales / equipos a instalar.

Al igual que para el parque de 400 kV se tomarán los datos sobre los siguientes tubos del Anexo: *Acciones mecánicas, embarrados y aparatos* del curso “*Introducción al diseño de subestaciones eléctricas-I*” de ABB group [4].

3.1.4.1 Tubo 150/134.

- Aleación.....	E-AlMgSi0,5, F22
- Diámetro exterior (D) interior (d).....	150/134 mm
- Espesor de la pared (e).....	8 mm
- Peso propio unitario (P_{pt}).....	9,63 kg/m
- Sección (A).....	3.569 mm ²
- Carga de rotura del material (σ_R).....	215 N/mm ²
- Momento de inercia (J).....	902 cm ⁴
- Momento resistente (W).....	120 cm ³
- Módulo de elasticidad (Young) (E).....	70.000 N/mm ²
- Límite de fluencia mínimo del material (R_{po2}).....	160 N/mm ²
- Coeficiente de dilatación lineal (α).....	0,023 mm/m°C
- Intensidad máxima.....	4.408 A

3.1.4.2 Tubo 100/88.

- Aleación.....	E-AlMgSi0,5, F22
- Diámetro exterior (D) interior (d).....	100/88 mm
- Espesor de la pared (e).....	6 mm
- Peso propio unitario (P_{pt}).....	4,78 kg/m
- Sección (A).....	1.772 mm ²
- Carga de rotura del material (σ_R).....	215 N/mm ²
- Momento de inercia (J).....	196 cm ⁴
- Momento resistente (W).....	39,3 cm ³
- Módulo de elasticidad (Young) (E).....	70.000 N/mm ²
- Límite de fluencia mínimo del material (R_{po2}).....	160 N/mm ²
- Coeficiente de dilatación lineal (α).....	0,023 mm/m°C
- Intensidad máxima.....	2.320 A



3.1.4.3 Características de los aisladores soporte.

En los tramos del vano, correspondientes a las barras principales, se instalarán aisladores C10-1050 preferentemente de ABB, de las siguientes características mecánicas:

- Carga de rotura a flexión.....10.000 N
- Carga de rotura a torsión.....5.000 N
- Altura del aislador.....2.300 mm
- Altura de la pieza soporte.....170 mm

En los tramos del vano, correspondientes a las barras secundarias, se instalan aisladores C6-1050, de las siguientes características mecánicas:

- Carga de rotura a flexión.....6.000 N
- Carga de rotura a torsión.....3.000 N
- Altura del aislador.....2.300 mm
- Altura de la pieza soporte.....140 mm

3.1.5 Cálculo mecánico del embarrado principal.

Realizando un estudio sobre el apoyo de los embarrados principales se comprueba que los mayores esfuerzos los sufrirán los apoyos intermedios ya que sirven de unión entre dos vanos y por tanto serán mayores que en los apoyos extremos que solo soportan un vano.

3.1.5.1 Corriente de cortocircuito.

La intensidad simétrica de cortocircuito trifásico (I_{cc}) a efectos de diseño es de 40 kA.

La intensidad de cresta, (S/ CEI 909) vale: $I_p = \chi \cdot \sqrt{2} \cdot I_{cc}$ (1)

Siendo, $\chi = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3R/X}$ (2)

R/X es la relación de impedancias equivalentes del sistema en el punto de cortocircuito que, para la red de transporte en este nivel de tensión, vale típicamente 0,07.

Así, sustituyendo en (2) primero y luego en (1), $\chi = 1,814$ e $I_p = 102,6$ kA.



3.1.5.2 Tensión en el tubo.

Esfuerzos por viento

$$F_v = p_v \cdot D \quad (3)$$

Siendo,

$p_v = 945$ N/m, Presión del viento a 140 km/h.

$D = 0,150$ m, Diámetro exterior tubo.

Así, sustituyendo en la ecuación (3), $F_v = 141,8$ N/m

Esfuerzos por peso propio

$$F_p = F_{pp} + \text{Cable amortiguador} \quad (4)$$

Siendo,

$$F_{pp} = P_{pt} \cdot g \quad (5)$$

Donde,

$P_{pt} = 9,63$ kg/m, Peso propio unitario.

$g = 9,81$ m/s, gravedad terrestre.

Por otro lado:

Cable amortiguador = (Rail) = 15,7 N/m en los 4/3 del vano, equivalentes con:

$$\frac{4}{3} \cdot 15,7 = 20,9 \text{ N/m}$$

Así, sustituyendo en la ecuación (5) primero y en (4) después,

$$F_{pp} = 94,4 \text{ N/m}$$

$$F_p = 115,3 \text{ N/m}$$

Esfuerzos por hielo

$$F_h = 0 \text{ (Según R.L.A.T)}$$



Esfuerzos por cortocircuito

El mayor esfuerzo por cortocircuito se dará en la fase intermedia por estar entre dos fases. La fuerza estática por unidad de longitud entre dos conductores paralelos recorridos por una intensidad, se obtiene de la expresión:

$$F_{m3st} = 0,866 \cdot \frac{\mu_0 \cdot I_p^2}{2 \cdot \pi \cdot a} \quad (6)$$

Donde:

$I_{p3} = 102,6$ kA, intensidad de cresta de cortocircuito trifásico

$a = 3,5$ m, distancia media entre fases.

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{V \cdot s}{A \cdot m}$$

Sustituyendo y operando en la ecuación (6),

$$F_{m3st} = 520,9 \text{ N/m}$$

Los esfuerzos dinámicos dependen a su vez de la frecuencia de vibración propia del tubo, que es función del tubo, el vano y los apoyos, y que permite calcular dos coeficientes que determinan el esfuerzo dinámico en cortocircuito sobre el tubo:

V_σ = factor que tiene en cuenta el efecto dinámico.

V_r = factor que tiene en cuenta el reenganche.

Primeramente hallamos la frecuencia de vibración de un tubo, S/ CEI 865:

$$f_c = \frac{\gamma}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}} \quad (7)$$

Donde:

$I = 902 \text{ cm}^4$, inercia de la sección

$m = F_p / g = 115,3 / 9,81 = 11,76 \text{ kg/m}$, masa unitaria del tubo, incluido cable amortiguador.

$E = 70.000 \text{ N/mm}^2$, módulo de Young del material

$l = 13,5 \text{ m}$, longitud del vano

γ = coeficiente del tubo y los apoyos, 1.57 en este caso.

Sustituyendo y operando en la ecuación (7),

$$f_c = 1,996 \text{ Hz}$$

La relación entre la frecuencia de oscilación y la frecuencia nominal del sistema establece los valores de V_σ y V_r .

$$f_c / 50 = 0,04$$



En estas condiciones, según *la figura 1 y figura 2* ya expuestas en el capítulo anterior y según el anexo A de la norma IEC 865, que contiene las siguientes fórmulas:

$$V_{\sigma} = 0,756 + 4,49 \cdot e^{-1,68 \cdot k} + 0,54 \cdot \log \frac{f_c}{f} \quad (8)$$

$$V_r = 1 - 0,615 \cdot \log \frac{f_c}{f} \quad (9)$$

Obtenemos sustituyendo en las ecuaciones (8) y (9):

$$V_{\sigma} = 0,305$$

$$V_r = 1,8$$

La tensión de trabajo en el tubo por esfuerzo dinámico de cortocircuito, vale:

$$\sigma_m = \sum_i V_{\sigma} \cdot V_r \cdot \beta \cdot \frac{F_{m3st} \cdot l^2}{8 \cdot W} \quad (10)$$

Donde:

$i = 2$ vanos iguales

$\beta = 1$ S/CEI 865

$W = 120 \text{ cm}^3$, momento resistente del material

$l = 13,5 \text{ m}$, longitud del vano.

$F_{m3st} = 520,9 \text{ N/m}$, fuerza estática por unidad de longitud

$V_{\sigma} = 0,305$

$V_r = 1,8$

Así, sustituyendo en la ecuación (10) obtenemos:

$$\sigma_m = 98,6 \text{ N/mm}^2$$

La tensión de trabajo total en el tubo será la suma geométrica de las tensiones producidas por los distintos esfuerzos, que se acumulan, en sus direcciones respectivas, a la calculada de cortocircuito. En este caso, y considerando todas las carga uniformemente repartidas,

$$\sigma_i = \sum_i \frac{1}{8} \cdot \frac{P \cdot l^2}{W} \quad (11)$$

Donde:

$i = 2$ vanos iguales

$l = 13,5 \text{ m}$, longitud del vano

$W = 120 \text{ cm}^3$, momento resistente del material

$P =$ carga repartida que produce el esfuerzo



Entonces, sustituyendo valores en la ecuación (11) obtenemos los siguientes esfuerzos:

Por viento:

$$\sigma_v = \sum_i \frac{1}{8} \cdot \frac{141,8 \cdot 13,5^2}{120} = 51,6 \text{ N/mm}^2$$

Por peso propio:

$$\sigma_v = \sum_i \frac{1}{8} \cdot \frac{115,3 \cdot 13,5^2}{120} = 43,8 \text{ N/mm}^2$$

La tensión máxima vale por tanto:

$$\sigma_{t0} = \sqrt{(98,6 + 51,6)^2 + 43,8^2} = 156,4 \text{ N/mm}^2$$

Una vez hecho esto, hallamos el coeficiente de seguridad del tubo frente al límite de fluencia dado por la ecuación:

$$\text{Coef. seguridad} = \frac{R_{p0,2}}{\sigma_{t0}} = \frac{160}{156,4} \quad (12)$$

Sustituyendo en esta última ecuación (12) obtenemos que:

$$\text{Coef. seguridad} = \frac{160}{156,4} = 1,03$$

En cuanto al esfuerzo en cortocircuito, la norma CEI 865 establece que el tubo soporta los esfuerzos si se cumple que:

$$\sigma_{t0} \leq q \cdot R_{p0,2} \quad (13)$$

Donde,

$$R_{p0,2} = 160 \text{ N/mm}^2$$

$q = 1,344$, factor de resistencia del conductor para tubo 150/134 obtenido de la *figura 3*.



De esta forma sustituyendo valores en la ecuación (13):

$$156,4 \leq 1,344 \cdot 160 = 215,04 \text{ N/mm}^2$$

Se verificará el cumplimiento de la norma CEI 865 y el tubo estará muy lejos del límite para esfuerzos en cortocircuito.

3.1.5.3 Reacciones sobre aisladores soporte.

El máximo esfuerzo en el vano considerado se dará en los aisladores de los intermedios, por lo que se pondera con un coeficiente de 0,5 sobre el esfuerzo producido en un vano, según CEI 865.

Las acciones a considerar en este caso son únicamente horizontales. Así,

Viento sobre el tubo

De la ecuación (3) se obtiene:

$$F_v = 945 \cdot 150 \cdot 10^{-3} = 141,75 \text{ N/m}$$

Esfuerzo en cortocircuito

Según la norma de referencia, la ecuación del valor de esfuerzo sobre los soportes tiene la expresión:

$$F_{m3d} = 0,866 \cdot V_\sigma \cdot V_r \cdot \frac{\mu_0 \cdot I_{p3}^2}{2 \cdot \pi \cdot a} \quad (14)$$

Donde,

$V_\sigma = 0,305$, factor de carga, dependiente de $f_c/f_n = 0,04$

$V_r = 1,8$

$0,866 \cdot \frac{\mu_0 \cdot I_{p3}^2}{2 \cdot \pi \cdot a} = F_{m3st} = 520,9 \text{ N/m}$, obtenido de la ecuación (2.6)

Sustituyendo en la anterior ecuación (14) obtenemos:

$$F_{m3d} = 0,305 \cdot 1,8 \cdot 520,9 = 285,97 \text{ N/m}$$



La suma de esfuerzos sobre el soporte vendrá dada por la ecuación:

$$F_t = \sum_i (F_v + F_{m3d}) \cdot l \cdot \alpha \quad (15)$$

Donde,

$$i = 2$$

$\alpha = 0,5$, coeficiente de reparto, según CEI 865

Obteniendo:

$$F_t = 2 \cdot (141,73 + 285,97) \cdot 13,5 \cdot 0,5 = 5.773,95 \text{ N}$$

Este esfuerzo se produce sobre el eje del tubo, que está situado 170 mm por encima de la cabeza del aislador cuya altura es de 2.300 mm, punto sobre el que el fabricante garantiza el esfuerzo.

Por lo tanto,

$$F_t = 5.773,95 \cdot \frac{(2.300 + 170)}{2.300} = 6200,7 \text{ N}$$

Viento sobre el aislador

Además del esfuerzo creado por el viento en los tubos, tendremos también en el propio aislador un esfuerzo debido también al viento, esta fuerza se aplicará en la cabeza del aislador, obteniéndose la siguiente ecuación:

$$F_{va} = L_a \cdot D_a \cdot P_v \cdot \alpha \quad (16)$$

Donde,

$L_a = 2,3$ m, longitud del aislador

$D_a = 0,35$ m, diámetro del aislador

$P_v = 94,5$ N/m, presión del viento

$\alpha = 0,5$, según CEI 865

Obteniendo de la ecuación (16):

$$F_{va} = 380,4 \text{ N}$$

Para terminar tendremos una suma de fuerzas total de:

$$F = F_t + F_{va} = 6200,7 + 380,4 = 6.581,1$$



El aislador trabajará por tanto, en las peores condiciones, con un coeficiente de seguridad frente a la carga inferior de rotura de:

$$10.000/6.581,1 = 1,52$$

Con lo que el aislador cumple con la seguridad requerida para su utilización, ya que el coeficiente de seguridad es mayor que 1,5, coeficiente mínimo exigido para apoyos metálicos.

3.1.5.4 Flecha en el tubo.

La flecha máxima para un vano se obtiene de la expresión:

$$f = \frac{1}{185} \cdot \frac{P \cdot l^4}{E \cdot I} \quad (17)$$

Donde: $P = 105,3 \text{ N/m}$, carga vertical distribuida
 $l = 13,5 \text{ m}$, longitud del vano
 $E = 70.000 \text{ N/mm}^2$, módulo de Young
 $I = 902 \text{ cm}^4$, Inercia de la sección

La carga a considerar en este caso, es el peso propio del tubo, más el cable amortiguador. Sustituyendo en (17),

$$f = 0,03 \text{ m (3 cm)}, \text{ equivalente con } L/450$$

3.1.5.5 Elongación del embarrado.

El tubo que forma el embarrado, por efectos térmicos se dilatará, de acuerdo con la expresión:

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta \quad (18)$$

Donde: $l_0 = 13,5 \text{ m}$, longitud inicial del tubo
 $\alpha = 0,023 \text{ mm/m}^\circ\text{C}$, coeficiente de dilatación lineal del tubo
 $\Delta \theta = 45^\circ\text{C}$, incremento de temperatura entre la de montaje (35°C) y la de servicio (80°C)

En estas condiciones, $\Delta l = 13,97 \text{ mm}$



Dada la elongación del vano se instalarán piezas especiales que permitan absorber esta dilatación.

3.1.5.6 Esfuerzo térmico en cortocircuito.

La intensidad térmica en cortocircuito viene dada según CEI 865 por la ecuación:

$$I_{\theta} = I_p \cdot \sqrt{(m + n)} \quad (19)$$

Donde: m, n coeficientes térmicos de disipación, que valen 0,097 y 0,758.

Sustituyendo en (19),

$$I_{\theta} = 94,9 \text{ kA}$$

Este valor debe ser menor que la capacidad térmica del tubo, con densidad de corriente en cortocircuito $\rho = 120 \text{ A/mm}^2$ (proceso adiabático).

Para el tubo actual, la capacidad térmica es $S \cdot \rho = 3456 \cdot 120 = 415 \text{ kA}$, muy superior a la corriente térmica de cortocircuito de la instalación (94,9 kA).

3.1.5.7 Intensidad nominal de las barras.

La intensidad nominal teórica del tubo elegido, según fabricante es de 4.408 A con 30° C de temperatura ambiente y 65°C de temperatura de trabajo del tubo.

Según DIN 43670, esta intensidad debe ser corregida con distintos factores en función de la composición del tubo, la altitud, la temperatura máxima de trabajo (Según RAT 5).

Así, deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

k1 = 0,925 por la aleación elegida

k2 = 1,25 para temperatura final de 80 °C

k3 = 1 por ser tubo

k4 = 0,98 para instalación a menos de 1000 metros sobre el nivel del mar

Según la citada norma; $I_{\text{máx}} = I_n \cdot k1 \cdot k2 \cdot k3 \cdot k4$.

Así, $I_{\text{máx}} = 4.995 \text{ A}$, equivalentes con 1902 MVA, potencia muy superior a la necesaria.



3.1.6 Cálculo mecánico del embarrado secundario.

Los mayores esfuerzos los sufrirán los apoyos intermedios ya que sirven de unión entre dos vanos y por tanto serán mayores que en los apoyos extremos que solo soportan un vano.

3.1.6.1 Corriente de cortocircuito.

Como ya se ha indicado la intensidad simétrica de cortocircuito trifásico (I_{cc}) a efectos de diseño es de 40 kA.

La intensidad de cresta, (S/ CEI 909) al igual que en el embarrado principal vale:

$$I_p = 102.6 \text{ kA}$$

3.1.6.2 Tensión en el tubo.

Esfuerzos por viento

$$F_v = p_v \cdot D \quad (3)$$

Siendo,

$p_v = 94,5 \text{ N/m}$, Presión del viento a 140 km/h.
 $D = 0,10 \text{ m}$, Diámetro exterior tubo.

Así, sustituyendo en la ecuación (3), $F_v = 94,5 \text{ N/m}$

Esfuerzos por peso propio

$$F_p = F_{pp} + \text{Cable amortiguador} \quad (4)$$

Siendo,

$$F_{pp} = P_{pt} \cdot g \quad (2.5)$$

Donde,

$P_{pt} = 4,78 \text{ kg/m}$, Peso propio unitario.
 $g = 9,81 \text{ m/s}$, gravedad terrestre.



Por otro lado:

Cable amortiguador = (Rail) = 15,7 N/m en los 4/3 del vano, equivalentes con:

$$\frac{4}{3} \cdot 15,7 = 20,9 \text{ N/m}$$

Así, sustituyendo en la ecuación (5) primero y en (4) después,

$$F_{pp} = 46,9 \text{ N/m}$$
$$F_p = 67,8 \text{ N/m}$$

Esfuerzos por hielo

$$F_h = 0$$

Esfuerzos por cortocircuito

El mayor esfuerzo por cortocircuito se dará en la fase intermedia por estar entre dos fases. La fuerza estática por unidad de longitud entre dos conductores paralelos recorridos por una intensidad, se obtiene de la expresión:

$$F_{m3st} = 0,866 \cdot \frac{\mu_0 \cdot I_p^2}{2 \cdot \pi \cdot a} \quad (6)$$

Donde:

$I_p = 102,6 \text{ kA}$, intensidad de cresta de cortocircuito trifásico

$a = 4 \text{ m}$, distancia media entre fases.

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{A} \cdot \text{m}}$$

Sustituyendo y operando en la ecuación (6),

$$F_{m3st} = 455,8 \text{ N/m}$$

La frecuencia de vibración de un tubo vale, S/ CEI 865:

$$f_c = \frac{\gamma}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}} \quad (7)$$



Donde:

$I = 196 \text{ cm}^4$, inercia de la sección

$m = F_p / g = 67,8 / 9,8 = 6,91 \text{ kg/m}$, masa unitaria del tubo, incluido cable amortiguador.

$E = 70.000 \text{ N/mm}^2$, módulo de Young del material

$l = 7 \text{ m}$, longitud del vano

$\gamma =$ coeficiente del tubo y los apoyos, 1.57 en este caso.

Sustituyendo y operando en la ecuación (7),

$$f_c = 4,515 \text{ Hz}$$

La relación entre la frecuencia de oscilación y la frecuencia nominal del sistema establece los valores de V_σ y V_r .

$$f_c/50 = 0,09$$

En estas condiciones, según el anexo A de la norma IEC 865, que contiene las siguientes fórmulas:

$$V_\sigma = 0,756 + 4,49 \cdot e^{-1,68 \cdot k} + 0,54 \cdot \log \frac{f_c}{f} \quad (8)$$

$$V_r = 1 - 0,615 \cdot \log \frac{f_c}{f} \quad (9)$$

Donde,

$k = 1,6$

$f_c/f = 0,09$

Obtenemos sustituyendo en las ecuaciones (8) y (9):

$$V_\sigma = 0,495$$

$$V_r = 1,65$$

La tensión de trabajo en el tubo de 100/88 mm por esfuerzo dinámico de cortocircuito, vale:

$$\sigma_m = \sum_i V_\sigma \cdot V_r \cdot \beta \cdot \frac{F_{m3st} \cdot l^2}{8 \cdot W} \quad (10)$$

Donde:

$i = 2$ vanos iguales

$\beta = 1$ S/CEI 865

$W = 39,3 \text{ cm}^3$, momento resistente del material

$l = 7 \text{ m}$, longitud del vano.

$F_{m3st} = 455,8 \text{ N/m}$, fuerza estática por unidad de longitud



$$V_{\sigma} = 0,495$$
$$V_r = 1,65$$

Así, sustituyendo en la ecuación (10) obtenemos:

$$\sigma_m = 116 \text{ N/mm}^2$$

La tensión de trabajo total en el tubo será la suma geométrica de las tensiones producidas por los distintos esfuerzos, que se acumulan, en sus direcciones respectivas, a la calculada de cortocircuito. En este caso, y considerando todas las carga uniformemente repartidas,

$$\sigma_i = \sum_i \frac{1}{8} \cdot \frac{P \cdot l^2}{W} \quad (11)$$

Donde:

- i = 2 vanos iguales
- l = 7 m, longitud del vano
- W = 39,3 cm³, momento resistente del material
- P = carga repartida que produce el esfuerzo

Entonces, sustituyendo valores en la ecuación (2.11) obtenemos los siguientes esfuerzos:

Por viento:

$$\sigma_v = \sum_i \frac{1}{8} \cdot \frac{94,5 \cdot 7^2}{39,3} = 29,5 \text{ N/mm}^2$$

Por peso propio:

$$\sigma_v = \sum_i \frac{1}{8} \cdot \frac{67,8 \cdot 7^2}{39,3} = 21,1 \text{ N/mm}^2$$

La tensión máxima vale por tanto:

$$\sigma_{t0} = \sqrt{(116 + 29,5)^2 + 21,1^2} = 147 \text{ N/mm}^2$$



Una vez hecho esto, hallamos el coeficiente de seguridad del tubo frente al límite de fluencia dado por la ecuación:

$$\text{Coef. seguridad} = \frac{R_{p0,2}}{\sigma_{t0}} = \frac{160}{147} \quad (12)$$

Sustituyendo en esta última ecuación (12) obtenemos que:

$$\text{Coef. seguridad} = \frac{160}{147} = 1,09$$

En cuanto al esfuerzo en cortocircuito, la norma CEI 865 establece que el tubo soporta los esfuerzos si se cumple que:

$$\sigma_{t0} \leq q \cdot R_{p0,2} \quad (13)$$

Donde,

$q = 1,36$, factor de resistencia del conductor para tubo 100/88 mm:
 $R_{p0,2} = 160 \text{ N/mm}^2$.

De esta forma sustituyendo valores en la ecuación (13):

$$147 \leq 1,36 \cdot 160 = 217,6 \text{ N/mm}^2$$

Se verificará el cumplimiento de la norma CEI 865 y el tubo estará muy lejos del límite para esfuerzos en cortocircuito.

3.1.6.3 Reacciones sobre aisladores soporte.

El máximo esfuerzo en el vano considerado se dará en los aisladores de los intermedios, por lo que se pondera con un coeficiente de 0,5 sobre el esfuerzo producido en un vano, según CEI 865.

Las acciones a considerar en este caso son únicamente horizontales. Así,

Viento sobre el tubo

De la ecuación (3) se obtiene:

$$F_v = 945 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 94,5 \text{ N/m}$$



Esfuerzo en cortocircuito

Según la norma de referencia, la ecuación del valor de esfuerzo sobre los soportes tiene la expresión:

$$F_{m3d} = 0,866 \cdot V_{\sigma} \cdot V_r \cdot \frac{\mu_0 \cdot I_{p3}^2}{2 \cdot \pi \cdot a} \quad (14)$$

Donde,

$V_{\sigma} = 0,495$, factor de carga, dependiente de $f_c/f_n = 0,04$

$V_r = 1,65$

$0,866 \cdot \frac{\mu_0 \cdot I_{p3}^2}{2 \cdot \pi \cdot a} = F_{m3st} = 455,8 \text{ N/m}$, obtenido de la ecuación (6)

Sustituyendo en la anterior ecuación (14) obtenemos:

$$F_{m3d} = 0,495 \cdot 1,65 \cdot 455,8 = 372,3 \text{ N/m}$$

La suma de esfuerzos sobre el soporte vendrá dada por la ecuación:

$$F_t = \sum_i (F_v + F_{m3d}) \cdot l \cdot \alpha \quad (15)$$

Donde,

$i = 2$

$\alpha = 0,5$, coeficiente de reparto, según CEI 865

Obteniendo:

$$F_t = 2 \cdot (94,5 + 372,3) \cdot 7 \cdot 0,5 = 3267,6 \text{ N}$$

Este esfuerzo se produce sobre el eje del tubo, que está situado 170 mm por encima de la cabeza del aislador cuya altura es de 2.300 mm, punto sobre el que el fabricante garantiza el esfuerzo.

Por lo tanto,

$$F_t = 3267,6 \cdot \frac{(2.300 + 170)}{2.300} = 3.509,1 \text{ N}$$



Viento sobre el aislador

Además del esfuerzo creado por el viento en los tubos, tendremos también en el propio aislador un esfuerzo debido también al viento, esta fuerza se aplicará en la cabeza del aislador, obteniéndose la siguiente ecuación:

$$F_{va} = L_a \cdot D_a \cdot P_v \cdot \alpha \quad (16)$$

Donde,

$L_a = 2,3$ m, longitud del aislador
 $D_a = 0,35$ m, diámetro del aislador
 $P_v = 94,5$ N/m, presión del viento
 $\alpha = 0,5$, según CEI 865

Obteniendo de la ecuación (16):

$$F_{va} = 380,4 \text{ N}$$

Para terminar tendremos una suma de fuerzas total de:

$$F = F_t + F_{va} = 3.509,1 + 380,4 = 3.889,5 \text{ N}$$

El aislador trabajará por tanto, en las peores condiciones, con un coeficiente de seguridad frente a la carga inferior de rotura de:

$$6.000/3.889,5 = 1,544$$

Con lo que el aislador cumple con la seguridad requerida para su utilización, ya que el coeficiente de seguridad es mayor que 1,5, coeficiente mínimo exigido para apoyos metálicos.

3.1.6.4 Flecha en el tubo.

La flecha máxima para un vano se obtiene de la expresión:

$$f = \frac{1}{185} \cdot \frac{P \cdot l^4}{E \cdot I} \quad (17)$$

Donde: $P = 67,8$ N/m, carga vertical distribuida
 $l = 7$ m, longitud del vano
 $E = 70.000$ N/mm², módulo de Young
 $I = 196$ cm⁴, Inercia de la sección



La carga a considerar en este caso, es el peso propio del tubo, más el cable amortiguador. Sustituyendo en (17),

$$f = 0,0065 \text{ m (0,65 cm)}, \text{ equivalente con } L/1077$$

3.1.6.5 Elongación del embarrado.

El tubo que forma el embarrado, por efectos térmicos se dilatará, de acuerdo con la expresión:

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta \quad (18)$$

Donde: $l_0 = 7 \text{ m}$, longitud inicial del tubo
 $\alpha = 0,023 \text{ mm/m}^\circ\text{C}$, coeficiente de dilatación lineal del tubo
 $\Delta \theta = 45^\circ\text{C}$, incremento de temperatura entre la de montaje (35°C) y la de servicio (80°C)

En estas condiciones, $\Delta l = 7,25 \text{ mm}$

Dada la elongación del vano se instalarán piezas especiales que permitan absorber esta dilatación.

3.1.6.6 Esfuerzo térmico en cortocircuito.

La intensidad térmica en cortocircuito viene dada según CEI 865 por la ecuación:

$$I_\theta = I_p \cdot \sqrt{(m + n)} \quad (19)$$

Donde: m, n coeficientes térmicos de disipación, que valen 0,097 y 0,758.

Sustituyendo en (19),

$$I_\theta = 94,9 \text{ kA}$$

Este valor debe ser menor que la capacidad térmica del tubo, con densidad de corriente en cortocircuito $\rho = 120 \text{ A/mm}^2$ (proceso adiabático).

Para el tubo actual, la capacidad térmica es $S \cdot \rho = 1772 \cdot 120 = 213 \text{ kA}$, muy superior a la corriente térmica de cortocircuito de la instalación (94,9 kA).



3.1.6.7 Intensidad nominal de las barras.

La intensidad nominal teórica del tubo elegido, según fabricante es de 2.320 A con 30° C de temperatura ambiente y 65°C de temperatura de trabajo del tubo.

Según DIN 43670, esta intensidad debe ser corregida con distintos factores en función de la composición del tubo, la altitud, la temperatura máxima de trabajo (Según RAT 5).

Así, deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

$k_1 = 0,925$ por la aleación elegida

$k_2 = 1,25$ para temperatura final de 80 °C

$k_3 = 1$ por ser tubo

$k_4 = 0,98$ para instalación a menos de 1000 metros sobre el nivel del mar

Según la citada norma; $I_{m\acute{a}x} = I_n \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4$.

Así, $I_{m\acute{a}x} = 2.629$ A, equivalentes con 1.002 MVA, potencia muy superior a la necesaria.

3.2 CÁLCULOS DE EFECTO CORONA.

3.2.1 Cálculo de la tensión disruptiva.

Para el cálculo de la tensión crítica disruptiva (U_c) a partir de la cual el efecto corona puede manifestarse en conductores cilíndricos, puede aplicarse la siguiente fórmula, científicamente conocida como *fórmula de Peek*:

$$U_c = m_c \cdot m_t \cdot \delta \cdot E_{of} \cdot r_1 \cdot \ln(D/r_1) \quad (20)$$

Donde:

m_c = Coeficiente de irregularidad del conductor que toma el valor de 1 para tubo cilíndrico y liso.

m_t = Coeficiente meteorológico para tener en cuenta el efecto que produce la humedad que toma el valor 1 para tiempo seco.

r_1 = Radio exterior del tubo en cm; para el tubo de 150 mm toma un valor de 7,5 cm, para el de 100 mm toma un valor 5 cm.



$D = 500$ cm, distancia entre conductores.

δ = Factor de corrección de la densidad del aire.

$$\delta = \frac{3,92 \cdot H}{273 + \varnothing} \quad (21)$$

Siendo,

H = presión atmosférica en cm de mercurio

\varnothing = temperatura del aire (en nuestro caso 35°C para las condiciones más desfavorables). La nueva subestación se encontrará a una altura sobre el nivel del mar inferior a 1000 m, por lo que se consideran 760 mm Hg de presión.

Sustituyendo en (21) se obtiene $\delta = 0,937$.

E_{of} = Valor eficaz de campo eléctrico crítico para la aparición del efecto corona.

Para conductores paralelos el valor máximo de campo viene dado por:

$$E_0 = 30 \cdot m_0 \cdot \left(1 + \frac{0,3}{\sqrt{r_1}}\right) \text{ kV/cm} \quad (22)$$

Sustituyendo en (22) obtenemos un valor máximo de campo de 33,28 kV/cm para tubo de 150 mm y de 34,02 kV/cm para tubo de 100 mm.

En valor eficaz tendremos:

$$E_{of} = E_0 / \sqrt{2} = 23,53 \text{ kV/cm (tubo 150 mm)}$$

$$E_{of} = E_0 / \sqrt{2} = 24,06 \text{ kV/cm (tubo 100 mm)}$$

Sustituyendo valores en la expresión (20) se obtienen las tensiones disruptivas:

Embarrado principal (150 mm)

$$U_c = 1 \cdot 1 \cdot 0,937 \cdot 23,53 \cdot 7,5 \cdot \ln \left(\frac{500}{7,5}\right) = 696 \text{ kV}$$



Embarrado secundario (100 mm)

$$U_c = 1 \cdot 1 \cdot 0,937 \cdot 24,06 \cdot 5 \cdot \ln \left(\frac{500}{5} \right) = 519 \text{ kV}$$

Estas tensiones disruptivas están calculadas para tiempo despejado. Para el caso de tiempos de niebla, nieve o tempestad debe considerarse disminuida en un 20%, respecto al valor de tiempo despejado.

Como se ve en los valores obtenidos están muy alejados de la tensión eficaz entre fase y tierra de los conductores (243 kV) por lo que es de esperar que el efecto corona no se produzca.

3.3 SELECCIÓN DE AUTOVÁLVULAS 220 kV

Para la selección adecuada de los pararrayos autoválvulas, hay que determinar para comenzar, si el sistema de puesta a tierra está efectivamente puesto a tierra. Para esto, se calcula el factor de puesta a tierra k ,

$$k = \frac{U_{TOV}}{U_{ca}} \quad (23)$$

Siendo:

$$U_{ca} = \frac{U_m}{\sqrt{3}} = 141,45 \text{ kV}, \text{ tensión real de funcionamiento continuo.}$$

$$U_{TOV} = 1,4 \cdot \frac{U_m}{\sqrt{3}} = 198 \text{ kV}, \text{ la tensión TOV (temporary overvoltage) en sistemas con neutro puesto a tierra, donde la tensión más elevada del material } U_m = 245 \text{ kV.}$$

Al ser $k \leq 1,4$, se considera que el sistema esta efectivamente puesto a tierra.

En la siguiente tabla se puede obtener la tensión asignada de las autoválvulas a instalar teniendo en cuenta que el tiempo de despeje de falta es inferior a 1 segundo (0,5 seg) y que la tensión más elevada del material, $U_m = 245 \text{ kV}$.



Sistema a tierra	Duración de la falta	Tensión más elevada del material, U_m (kV)	Mínima tensión asignada, U_r (kV)
Efectivo	$\leq 1s$	≤ 100	$\geq 0,8 \cdot U_m$
Efectivo	$\leq 1s$	≥ 123	$\geq 0,72 \cdot U_m$
No efectivo	$\leq 10s$	≤ 170	$\geq 0,91 \cdot U_m$ $\geq 0,93 \cdot U_m$ (EXLIM T)
No efectivo	$\leq 2h$	≤ 170	$\geq 1,11 \cdot U_m$
No efectivo	$> 2h$	≤ 170	$\geq 1,25 \cdot U_m$

Tabla 20. Tensión asignada de las autoválvulas 220 kV

De la tabla 20 se sabe la mínima tensión asignada, $U_r = 0,72 \cdot U_m = 176,4$ kV. Esta tensión no es normalizada, se elegirá la tensión normalizada inmediatamente superior, es decir, 180 kV.

Por otro lado la línea de fuga mínima de la autoválvula será:

$$L_{fuga} = L_{min-esp} \cdot U_m \quad (24)$$

Siendo,

$L_{min-esp}$, longitud mínima específica, 25 mm/kV para zonas de contaminación altas como en este caso.

U_m , tensión más elevada del material, 245 kV.

Obteniendo de (24), $L_{fuga} = 6.125$ mm.

En cuanto a la energía que deberá absorber la autoválvula vendrá dada por la siguiente ecuación:

$$W = \frac{U_L - U_{res}}{Z} \cdot U_{res} \cdot 2T \cdot n \quad (25)$$

Siendo,

W = Energía absorbida por la autoválvula.

U_L = Sobretensión eventual o tensión de carga de la línea (kV).

U_{res} = Tensión residual de la autoválvula.



Z = Resistencia de la autoválvula (ohm).

T = Tiempo de propagación de la onda (μs) = l/v , donde,

l = Longitud de línea (km)

v = Velocidad de propagación = 0,3 km/ μs

$n = 2$, Número consecutivo de descargas. (Cláusula IEC 8.5.5)

Para obtener U_L y Z se verá la tabla siguiente:

Tensión más elevada del material, U_m (kV)	Impedancia del pararrayos, Z (ohm)	Sobretensión eventual sin pararrayos, U_L (p.u)
< 145	450	3,0
145 - 345	400	3,0
362 - 525	350	2,6
765	300	2,2

Tabla 21. Impedancia del pararrayos y sobretensión eventual sin él.

Por tanto, la impedancia será, $Z = 400$ ohm y la sobretensión, $U_L = 660$ kV. En la longitud de línea se tomará 0,3 km que será la distancia entre el parque y el entronque con la línea.

Se seleccionará la autoválvula de clase 3 EXLIM Q180-EH245, con tensión residual de descarga (10 kA, 8/20 μs) de 423 kV y con línea de fuga de 6.336 mm (superior a 6.125 mm).

Sustituyendo en la ecuación (25) obtenemos que la energía absorbida por el pararrayos es $W = 1.002$ kJ, siendo por tanto la capacidad de la autoválvula para disipar energía $W/U_r = 5,56$ kJ/kV_r. La autovalvula EXLIM Q180-EH245 será capaz de disipar 7,8 kJ/kV_r ($> 5,56$ kJ/kV_r) y tiene una tensión permanente de trabajo $U_c = 144$ kV, mayor que la $U_{ca} = 141,45$ kV. Por esto y además por cumplir todos los demás requisitos ya mencionados la autoválvula EXLIM Q180-EH245 será la elegida para el parque de 220 kV.



4 CALCULO RED DE TIERRAS DE LA SUBESTACIÓN

4.1 RED DE TIERRAS INFERIORES.

4.1.1 Criterios de cálculo.

Para el cálculo de la red de tierras se tendrán en cuenta los valores máximos de tensiones de paso y contacto que establece el reglamento de Centros de Transformación, en su artículo MIE-RAT 13, así como la norma IEEE-80-2000: “IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding”.

Se calcula la parte de la malla correspondiente a la zona donde se construirá la nueva subestación de transformación con un parque de 400 y otro de 220 kV.

Para la realización de estos cálculos se cogerán los datos del parque que tenga estos más restrictivos.

4.1.1.1 Valor de la resistividad del terreno

Se considera como valor de la resistividad del terreno, a la hora de realizar los cálculos pertinentes, 100 Ω -m. La parcela en la cual estará ubicada la subestación tendrá una capa de grava con un espesor uniforme de 10 cm y con resistividad 3000 Ω -m.

Para un terreno de estas características y comprobando que la tensión de paso y contacto es la hallada en este documento se considerará como punto más peligroso para las personas la valla perimetral. Como medida a tomar, se enterrará un conductor perimetral a un metro de la valla por ambos lados de esta y se conectará con ella por varios puntos.

4.1.1.2 Tensiones de paso y contacto máximas admisibles

Los datos utilizados para el cálculo de la red de tierras son:

- Tiempo de despeje de la falta (t): 0,5 s.
- Resistividad de la capa superficial (grava) (ρ_s): 3000 Ω -m.
- Intensidad de falta monofásica a tierra: 40 kA. Eligiéndose esta intensidad del parque de 400 kV por ser más elevada que la del parque de 220 kV (32 kA) y por tanto más restrictiva.



Según la I.T.C. nº13 del MIE-RAT, las tensiones de paso y contacto máximas admisibles son:

$$\text{Tensión de paso: } V_p = \frac{10 \cdot K}{t^n} \left(1 + \frac{6 \cdot \rho_s}{1.000} \right) = 27.360 \text{ V} \quad (26)$$

$$\text{Tensión de contacto: } V_p = \frac{K}{t^n} \left(1 + \frac{1,5 \cdot \rho_s}{1.000} \right) = 792 \text{ V} \quad (27)$$

Donde:

$$K = 72 \text{ (para } t \leq 0,9 \text{ s).}$$

$$n = 1 \text{ (para } t \leq 0,9 \text{ s).}$$

$$\rho_s: \text{ resistividad de la gravilla } (\Omega \cdot \text{m}) = 3.000 \Omega \cdot \text{m.}$$

$$t = 0,5 \text{ segundos (Tiempo de despeje de falta)}$$

Según IEEE-80-2000 estos valores son (para una persona de 70 kg):

$$\text{Tensión de paso: } E_{paso} = (1.000 + 6 \cdot C_s \cdot \rho_s) \frac{0,157}{\sqrt{t_s}} \quad (28)$$

$$\text{Tensión de contacto: } E_{contacto} = (1.000 + 1,5 \cdot C_s \cdot \rho_s) \frac{0,157}{\sqrt{t_s}} \quad (29)$$

$$\text{Siendo } C_s \text{ el factor de reducción siguiente: } C_s = 1 - \left(\frac{0,09 \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s} \right)}{2 \cdot h_s + 0,09} \right) \quad (30)$$

Donde:

$$\rho: \text{ Resistividad del terreno } (\Omega \cdot \text{m}) = 100 \Omega \cdot \text{m}$$

$$\rho_s: \text{ Resistividad de la gravilla } (\Omega \cdot \text{m}) = 3.000 \Omega \cdot \text{m}$$

$$h_s: \text{ Espesor capa de gravilla (m) } = 0,1 \text{ m}$$

Con lo que sustituyendo en 28, 29 y 30:

$$C_s = 0,70$$

$$E_{paso} = 3.020 \text{ V}$$

$$E_{contacto} = 921 \text{ V}$$



4.1.1.3 Resistencia de puesta a tierra

Para calcular la resistencia de la red de tierra se utiliza la siguiente expresión:

$$R_g = \rho \left(\frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20 \cdot A}} \left(1 + \frac{1}{1+h\sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right) \quad (31)$$

Donde:

ρ : Resistividad del terreno = 100 $\Omega \cdot m$.

L: Longitud total de conductor enterrado = 8.740 m.

h: Profundidad de enterramiento del conductor = 0,6 m.

A: Superficie ocupada por la malla = 31.192 m².

Se ha considerado la malla de la nueva instalación, compuesta por cable de Cu de 120 mm² con un diámetro de 0,014 m.

Sustituyendo en la ecuación (31) los anteriores valores obtenemos:

$$R_g = 0,26 \Omega$$

4.1.1.4 Intensidad de defecto a tierra

El valor tomado de la intensidad monofásica de cortocircuito para la subestación es el 80% de la intensidad máxima de cortocircuito con que se ha diseñado la subestación (50kA), siendo por tanto la intensidad de defecto a tierra de 40 kA.

La I.T.C 13 del MIE-RAT establece una reducción de un 30% de este último valor al tener neutro rígido a tierra en la instalación. Además debido a la asimetría de la falta a tierra, se incrementará el nivel de falta en un 3% (porcentaje relacionado con la duración de falta, igual a 0,5 segundos y con la relación X/R, igual a 1/0,07).

De acuerdo con la IEEE-80-2000 se puede aplicar un factor de reducción S_f en función de los caminos de retorno adicionales que suponen los hilos de guarda de las líneas que llegan/salen de la subestación.

Dado que la subestación tendrá un total de 4 líneas y 2 autotrafos con el neutro del lado en estrella puesto a tierra, se adopta un 100 % de contribución remota.

Para determinar esta reducción se utiliza la figura 4 abajo situada, partiendo de la resistencia de puesta a tierra (R_g) y el número de líneas de transmisión y de distribución.

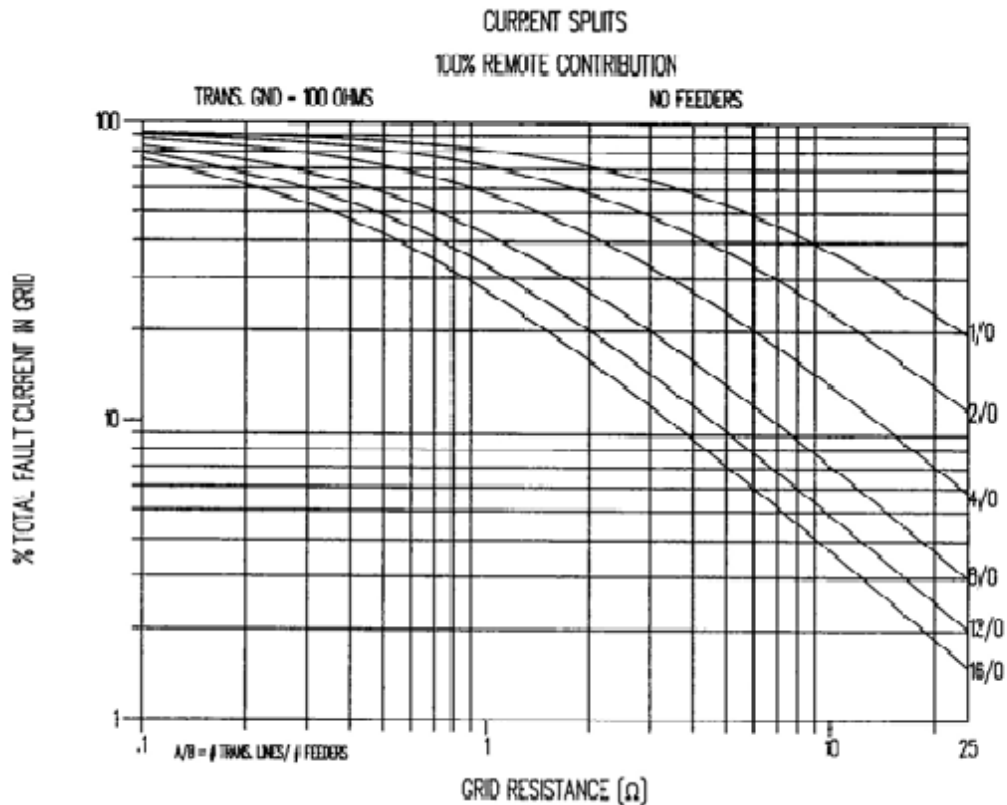


Figura 4. Factor de reducción S_f .

Considerando que la resistencia del terreno es de 100Ω , la resistencia de puesta a tierra hallada en la ecuación (31) es de $0,26 \Omega$ y el factor que resulta es del 80%.

Por lo tanto la Intensidad total disipada a tierra por la malla será:

$$I_g = 40 \cdot 0,70 \cdot 1,03 \cdot 0,80 = 23,01 \text{ kA}$$

4.1.1.5 Evaluación de tensiones de paso y contacto

Utilizando el estándar IEEE 80, se pueden calcular unos valores estimados de tensiones de paso y contacto para unos determinados niveles de falta, y para un diseño previo de la malla de red de tierras.



Los datos de partida utilizados para el cálculo han sido:

- Resistividad del terreno, $\rho = 100 \Omega \cdot \text{m}$
- Espaciado medio entre conductores, $D = 10 \text{ m}$
- Profundidad del conductor enterrado, $h = 0,6 \text{ m}$
- Diámetro del conductor (120mm^2), $d = 0,014 \text{ m}$
- Longitud del conductor enterrado, $L = 8.740 \text{ m}$
- Intensidad de defecto, $I_g = 23,01 \text{ kA}$
- Superficie ocupada por la malla, $A = 38.293 \text{ m}^2$

Partiendo de los valores indicados, e introducidos en las fórmulas desarrolladas en el estándar IEEE 80, se obtienen los siguientes valores intermedios:

- Factor de corrección por la profundidad de enterramiento de la malla:

$$K_h = \sqrt{1 + h} = 1,265 \quad (32)$$

- Factor de corrección por geometría de la malla:

$$K_i = 0,644 + 0,148 \cdot n \quad (33)$$

Donde;

$$\text{Factor de geometría, } n = n_a \cdot n_b \cdot n_c \cdot n_d \quad (34)$$

Donde a su vez:

$$n_a = \frac{2 \cdot L_c}{L_p} = 23,56$$

$$n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4 \cdot \sqrt{A}}} = 1,02$$

$$n_c = \left[\frac{L_x \cdot L_y}{A} \right]^{\frac{0,7 \cdot A}{L_x \cdot L_y}} = 1,22$$

$$n_d = \frac{D_m}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} = 0,93$$

Siendo,

L_c = longitud del conductor de la malla = 8.740 m

L_p = longitud del perímetro de la malla = 742 m

L_x = longitud máxima de la malla en eje x = 216 m



PFC: Subestación eléctrica de transporte 400 kV / 220 kV

L_y = longitud máxima de la malla en eje y = 228 m
 D_m = máxima distancia entre dos puntos = 293 m

Sustituyendo en ecuación (34) y ecuación (33) obtenemos:

$$n = 27,26$$
$$K_i = 4,67$$

- Factor de corrección por ubicación de electrodos tipo varilla

$$K_{ii} = 1$$

- Factor de espaciamiento para tensión de malla

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{D^2}{16h \cdot d} + \frac{(D+2h)^2}{8D \cdot d} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \cdot \ln \frac{8}{\pi(2n-1)} \right] = 0,69 \quad (35)$$

- Factor de espaciamiento para la tensión de paso

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} (1 - 0,5^{n-2}) \right] = 0,33 \quad (36)$$

De acuerdo con la IEEE-80-2000, la fórmula que permite obtener el valor de la tensión de paso es:

$$E_{paso} = \rho \cdot K_s \cdot K_i \cdot \frac{I_g}{L} \quad (37)$$

Y la fórmula que permite obtener la tensión de contacto es:

$$E_{contacto} = \rho \cdot K_m \cdot K_i \cdot \frac{I_g}{L} \quad (38)$$

Sustituyendo en las ecuaciones (37) y (38) los valores hallados anteriormente obtenemos que:

$$E_{paso} = 405 \text{ V}$$

$$E_{contacto} = 847 \text{ V}$$



Estos valores obtenidos son menores que los valores límite tanto de la IEEE-80-2000 como de la I.T.C. 13 del MIE-RAT.

4.1.1.6 Sección mínima del conductor

Para determinar la sección mínima del conductor se utiliza la expresión que indica el estándar IEEE 80, para conductores de cobre:

$$A = I \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{TCAP \cdot 10^{-4}}{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_r}\right) \ln\left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}\right)}} \quad (39)$$

Donde:

- Mitad de la intensidad de falta a tierra, $I = 20 \text{ kA}$
- Tiempo máximo de falta, $t_c = 0,5 \text{ s}$
- T. max. del conductor y las uniones, $T_m = 1084 \text{ °C}$
- Temperatura ambiente, $T_a = 40 \text{ °C}$
- Capacidad Térmica del conductor, $TCAP = 3,42 \text{ J/cm}^3 \cdot \text{°C}$
- Coeficiente térmico de resistividad a 20 °C , $\alpha_r = 0,00381 \text{ 1/°C}$
- Resistencia del conductor a 20 °C ; $\rho_r = 1,78 \text{ } \mu\Omega \cdot \text{cm}$
- Inversa del coef. Térmico de resistividad a 0 °C , $K_0 = 242 \text{ °C}$

Obteniendo de la ecuación (39) como sección mínima necesaria del conductor, $A = 50,6 \text{ mm}^2$

Esta sección mínima necesaria es mucho menor que los 120 mm^2 del cable de Cu que se va a utilizar, por lo que no habría problemas. Se utiliza este cable por ser el normalizado para estos niveles de tensión.

Por otro lado, la densidad de corriente máxima que puede soportar el cable de Cu es de 192 A/mm^2 . Entonces para el cable de 120 mm^2 la máxima intensidad que puede circular es de:

$$I_{\max} = 192 \cdot 120 = 23,04 \text{ kA. Que para dos conductores sumarán } 46,08 \text{ kA.}$$

Este valor es mucho mayor que la mitad de la corriente de falta a tierra, 20 kA . Se utiliza la mitad del valor, ya que el diseño de la malla se establece de forma que en cada punto de puesta a tierra lleguen al menos dos conductores.



4.1.2 Conclusiones.

A la vista de los resultados obtenidos los valores de las tensiones de paso y contacto están por debajo de los permitidos por el MIE-RAT 13, y del IEEE-80-2000, por lo que son validas.

4.2 RED DE TIERRAS SUPERIORES.

El cometido del sistema de tierras superiores es la captación de las descargas atmosféricas y su conducción a la malla enterrada para que sean disipadas a tierra sin que se ponga en peligro la seguridad del personal y de los equipos de la subestación.

El sistema de tierras superiores consiste en un conjunto de hilos de guarda paralelos a la calle y en unos pararrayos tipo Franklin montados sobre los extremos de los pórticos. Estos hilos de guarda y pararrayos están unidos a la malla de tierra de la instalación a través de la estructura metálica que los soporta, que garantiza una unión eléctrica suficiente con la malla.

Para el diseño del sistema de protección de tierras superiores se ha adoptado el modelo electrogeométrico de las descargas atmosféricas y que es generalmente aceptado para este propósito.

El criterio de seguridad que se establece es el de apantallamiento total de los embarrados y de los equipos que componen el aparellaje, siendo este criterio el que establece que todas las descargas atmosféricas que puedan originar tensiones peligrosas y que sean superiores al nivel del aislamiento de la instalación, deben ser captadas por los pararrayos.

Como se puede comprobar en la *figura 5* la zona de influencia de descargas atmosféricas no llega a tocar al tendido aéreo de la posición.

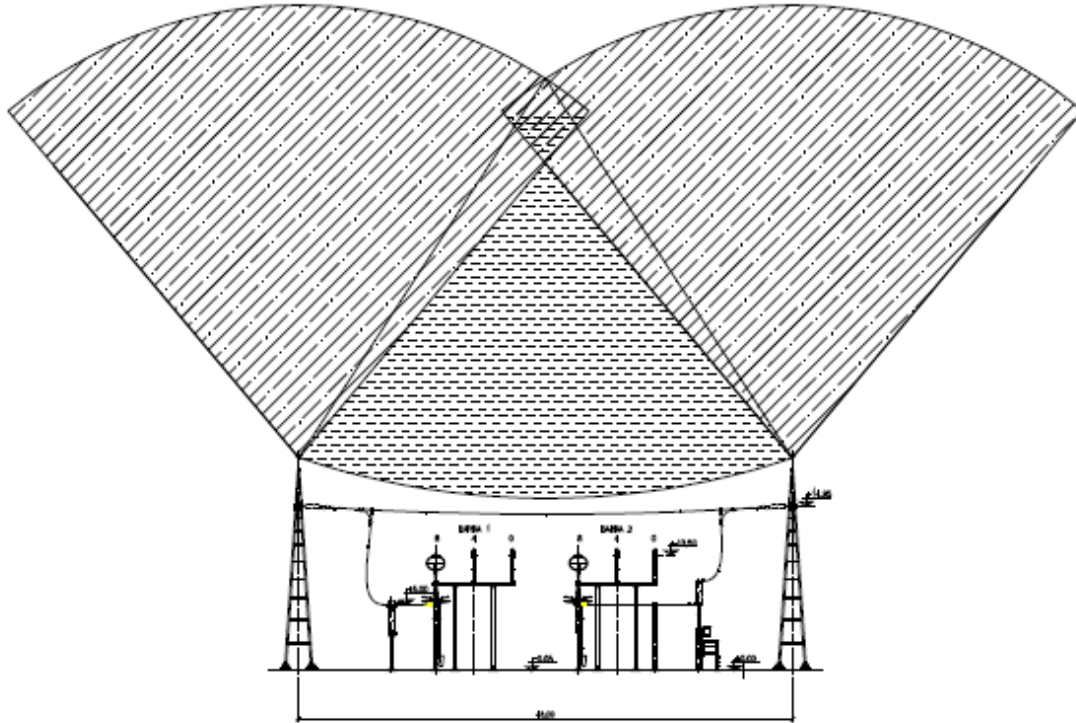


Figura 5. Zona de influencia de descargas atmosféricas

La zona de captura se establece a partir del radio crítico de cebado (r) y que viene dado por la siguiente expresión:

$$r = 8 \cdot I^{0,65} \quad (40)$$

En donde:

$$I = U \cdot N / Z \quad (41)$$

Siendo:

Tensión soportada a impulsos tipo rayo,

- Parque de 400 kV: $U = 1.425$ kV
- Parque de 220 kV: $U = 1.050$ kV

$N = 4$, número de líneas conectadas a ambos parques.

$Z = 400 \Omega$, Impedancia característica de las líneas.

Sustituyendo estos valores en la ecuación (41) se obtiene:

- Parque de 400 kV: $I = 14,25$ kA.
- Parque de 220 kV: $I = 10,50$ kA.



PFC: Subestación eléctrica de transporte 400 kV / 220 kV

Luego, sustituyendo en la ecuación (40) la zona de captura tendrá un radio crítico de:

- Parque de 400 kV: $r = 44,98$ m.
- Parque de 220 kV: $r = 36,88$ m.





DOCUMENTO 3: PLIEGO DE CONDICIONES

1 INTERRUPTORES

The **3AP1/2** High-Voltage Circuit-Breakers Now Applicable for **550 kV**

Decades of our experience in high-voltage switching technology go into the design and production of the 3AP1/2 circuit-breakers which set an international trend. We are a powerful partner for our customers and a competent supplier of attractive products and solutions at competitive prices with the high standard of quality that Siemens is known for. We comply with our customers' demands for reliability, safety and cost-effectiveness and serve them throughout the world. No matter what your application is, the 3AP1/2 circuit-breakers provide the best solution for your requirements every time.

Our standard is reliability and safety at all times

The 3AP1/2 circuit-breaker family is available for rated voltages from 72.5 kV up to 550 kV. The latest development of our well established circuit-breakers completes our 3AP product range for rated voltages up to 550 kV. For the application of 362 kV to 550 kV the circuit-breakers can be equipped with optional closing resistors. The circuit-breakers feature approved technology and ensures efficient operation. Based on our well proven modular design, we manufacture all of the core components ourselves, which include the stored-energy spring mechanism and the arc-assisted interrupter unit.

More than **50,000 3AP-circuit-breakers** have been **delivered to over 120 countries** around the world in all climatic areas, proving on a daily basis the value and the reliability of the 3AP high-voltage switchgear. The 3AP1/2 high-voltage circuit-breaker operates safely and is capable of withstanding high mechanical loads. Particularly strong porcelain insulators and a circuit-breaker design optimized by using the latest mathematical techniques, give it very high seismic stability whilst in operation enabling it to perform to its full potential during its entire service life.



The Modular Design

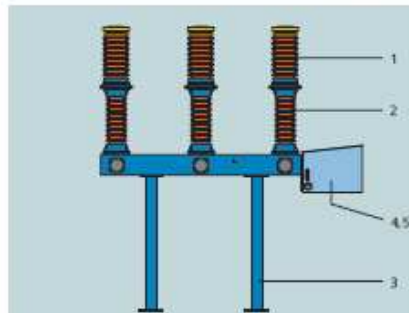


The self compression arc-quenching principle is applied in our 3AP circuit-breakers.

The arc-assisted interrupter unit of the 3AP circuit-breaker utilises the energy of the arc during opening for an optimal arc quenching, allowing to reduce the operating energy to a minimum. Our circuit-breakers for the voltage range 72.5 kV up to 300kV have one interrupter unit per pole and up to 245 kV the circuit-breakers are available with a common or a single-pole operating mechanism. 3AP high-voltage circuit-breakers from 362 kV up to 550 kV are equipped with two interrupter units per pole. For special technical requirements, e.g. increased TRV values,

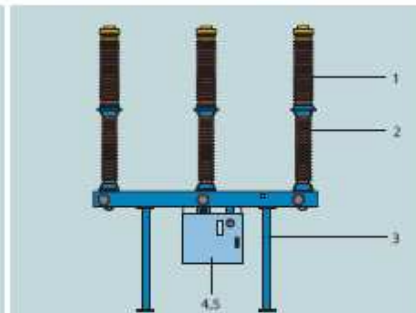
the breakers are available with four interrupter units.

The stored-energy spring mechanism
 The compact design of this operating mechanism allows to place the stored-energy spring mechanism within the control cubicle. The main components such as the interrupter unit and the operating mechanism of our 3AP1/2 high-voltage circuit-breakers, are identical to the ones in our 3AP deadtank circuit-breaker family. By applying this proven modular design we can fulfill the highest expectation with regard to availability, reliability, as well as economical performance. This results in continuously high customer satisfaction.



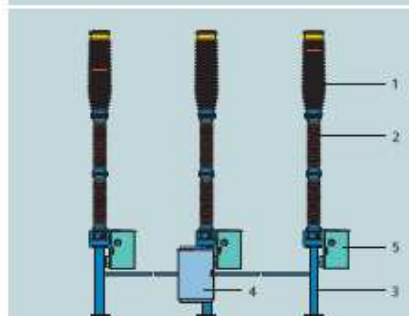
3AP1 FG up to 72.5 kV
 One interrupter unit per pole.

Laterally stored-energy spring mechanism, circuit breaker with common breaker base for three-pole operation



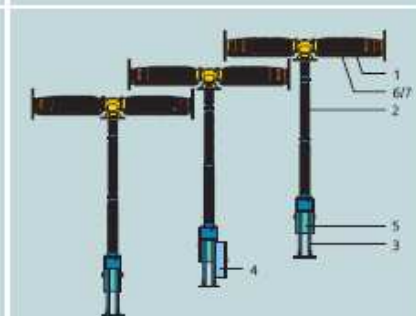
3AP1 FG up to 245 kV
 One interrupter unit per pole.

Stored-energy spring mechanism, circuit breaker with common breaker base for three-pole operation



3AP1 FI up to 300 kV
 One interrupter unit per pole.

Stored-energy spring mechanism, three-pole breaker with separate breaker base for one or three-pole operation



3AP2 FI up to 550 kV
 Two respectively four interrupter units per pole.

Stored-energy spring mechanism, circuit breaker with separate breaker base for one or three-pole operation.

3AP circuit-breakers are available in different designs:

- 1 Interrupter unit
- 2 Post insulator
- 3 Pillar
- 4 Control cabinet
- 5 Operating mechanism cubicle
- 6 Grading capacitor
- 7 Closing Resistor (optional)

Technical Data



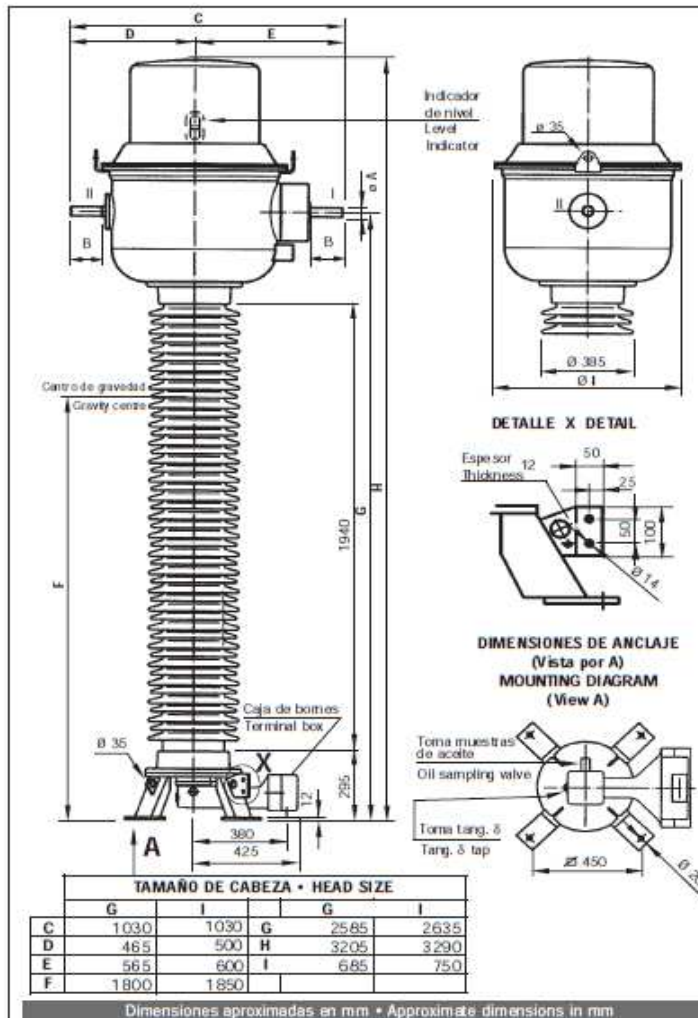
Type		3AP1						3AP2			
Rated voltage	kV	72.5	123	145	170	245	300	362	420	550	
Number of interrupter units per pole		1						2			
Rated power frequency withstand voltage/min	kV	140	230	275	325	460	460	520	610	800	
Rated lightning impulse withstand voltage/min	kV	325	550	650	750	1050	1050	1175	1425	1550	
Rated switching impulse withstand voltage	kV							850	950	1050	1175
Rated normal current, up to	A	4000	4000	4000	4000	4000	4000	5000	5000	5000	
Rated short-time withstand current (1 s - 3 s), up to	kA _{lim}	40	40	40	40	50	40	50	50	63	
Rated peak withstand current, up to	kA _{peak}	108	108	108	108	135	108	170	170	170	
Rated short-circuit breaking current, up to	kA _{lim}	40	40	40	40	50	40	63	63	63	
Rated short-circuit making current, up to	kA _{peak}	108	108	108	108	135	108	170	170	170	
Temperature range	°C	-30 or -40 ... +40 or +50									
Rated operating sequence		0-0.3 s-CO-3 min-CO or CO-15 s-CO									
Rated break time		3 cycles						2 cycles			
Rated frequency	Hz	50/60									
Type of drive mechanism		Stored-energy spring mechanism									
Control voltage	V _{dc}	48...250									
Motor voltage	V _{dc}	48/60/110/125/220/250									
	V _{ac}	120...240, 50 Hz; 120...280, 60 Hz									
Flashover distance	phase/earth	mm	700	1250	1250	1500	1900	2200	3400	3400	3800
	across open breaker	mm	1200	1200	1200	1400	1900	2200	3200	3200	3800
Min. creepage distance	phase/earth	mm	2248	3625	3625	4250	6125	7626	10375	10375	13750
	across open breaker	mm	3625	3625	3625	4250	6125	8575	10500	10500	13750
Dimensions	height	mm	3810	4360	4360	4810	6050	6870	6200	6200	7350
	width	mm	3180	3880	3880	4180	6640	8235	8847	9847	13050
	depth	mm	660	660	660	660	880	880	4380	4380	5050
Phase spacing (min.)	mm	1350	1700	1700	1850	2800	3600	4000	4500	6000	
Circuit-breaker mass	kg	1350	1500	1500	1680	2940	3340	5370	5370	7160	
Maintenance after		25 years									

Values in accordance with IEC, other values available on request

2 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD CURRENT TRANSFORMER CA-245

245 kV (IEC)
 230 kV (IEEE)



DESCRIPCION

Aislado en papel aceite con las partes activas en la cabeza. Los núcleos y arrollamientos secundarios se encuentran situados en el interior de una caja metálica unida a un tubo metálico descendente que conduce los conductores secundarios desde los arrollamientos hasta la caja de bornes secundarios. La caja y el tubo metálico forman la pantalla de baja tensión sobre la que se aplica el aislamiento de papel y las pantallas condensadoras intermedias para un reparto adecuado del campo eléctrico. Una vez terminado el aislamiento se coloca la pantalla de alta tensión.

DESCRIPTION

Oil paper insulated with active parts in the head. The cores and secondary windings are placed inside of a metallic box and a metal tube attached to this box carries the secondary leads from the secondary windings down to the secondary terminal box. The metal box and tube provide a low voltage shield and the insulating paper and intermediate shields are built up around them for a good distribution of the electrical field. The final layer built up around the insulation, forms the high voltage shield.



A2

TRANSFO. INTENSIDAD CA-245 CURRENT TRANSFORMER

CARACTERISTICAS MECANICAS

Peso total 590 Kg (G)•650 Kg (I)•770 Kg (K) •1050 Kg (S)/1300 Lbs (G)•1433 Lbs (I)•1697 Lbs (K)•2315 Lbs (S) Total weight
 Peso de aceite 145 Kg (G)•155 Kg (I)•165 Kg (K)•245 Kg (S)/320 Lbs (G)•342 Lbs (I)•364 Lbs (K)•540 Lbs (S) Oil weight
 Esfuerzos garantizados en los terminales primarios (Kg)* 200 *Guaranteed efforts on primary terminals

MECHANICAL CHARACTERISTICS

CARACTERISTICAS ELECTRICAS

Tensión nominal de aislamiento (kV) _____ CEI•IEC 245
 Tensión máx. servicio (kV) _____ 245
 Tensiones de ensayo (kV) _____ 460/1050
 Línea de fuga standard (mm)* _____ 6865

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

IEEE 230 _____ Highest voltage (kV)
 242 _____ Highest system voltage (kV)
 460/1050 _____ Test voltages (kV)
 6865 _____ *Standard creepage distance (mm)

PRESTACIONES ORIENTATIVAS

ORIENTATIVE SERVICES

TAMAÑO DE CABEZA SIZE OF HEAD	Nº MAX. DE SEC. MAX. NUMBER OF SEC.	I _{CC} = 100xI _N		I _{CC} = 500xI _N		I _N MAX (A)		
		CEI/IEC	IEEE	CEI/IEC	IEEE	SRP/SPR	DRP/DPR	TRP/TPR
G	6*	2x20 VA 0,2 2x45 VA 0,5 4x45 VA 5P20	2x0,3 B0,9 2x0,6 B1,8 4xC200	2x25 VA 1 4x25 VA 5P20	2x1,2 B0,5 4xC100	4000	2x2000 1000x2000	4x300 300x600x1200
I	6*	2x25 VA 0,2 2x50 VA 0,5 4x50 VA 5P20	2x0,3 B1 2x0,6 B2 4xC200	2x15 VA 1 4x25 VA 5P20	2x1,2 B1 4xC100	4000	2x2000 1000x2000	4x300 300x600x1200
K	6*	2x25 VA 0,2 2x60 VA 0,5 4x75 VA 5P20	2x0,3 B1 2x0,6 B2 4xC400	2x25 VA 1 4x40 VA 5P20	2x1,2 B1 4xC200	4000	2x2000 1000x2000	
S	6*	2x30 VA 0,2 2x75 VA 0,5 4x150VA 5P20	2x0,3 B1 2x0,6 B4 4xC400	2x30 VA 1 4x75 VA 5P20	2x1,2 B1 4xC400	4000	2x2000 1000x2000	

CABEZA METALICA

Las partes activas están en una cabeza de aluminio. La cabeza es fabricada mediante la técnica de la embudición de aluminio laminado lo que garantiza su total estanqueidad. Las bridas laterales se sueldan con un doble cordón de soldadura mediante un proceso robotizado que, junto con una prueba de estanqueidad unitaria, garantiza su total hermeticidad.

SEGURIDAD REFORZADA

Con el objeto de minimizar las consecuencias de un posible incidente, ARTECHE fabrica todos los transformadores de Intensidad de Alta Tensión del tipo CA con un diseño de "Seguridad Reforzada" que permite la conducción a tierra de la corriente de cortocircuito evitando la explosión del aislado.

ESTANQUEIDAD

El conjunto es hermético y funciona a presión constante.

- Prueba de hermeticidad: Se realiza a todas las unidades bajo presión y una vez lleno el aparato de aceite, lo que garantiza la estanqueidad de los aparatos.
- El uso de tuercas de autoblocantes en todas las uniones herméticas garantiza el mantenimiento del par de apriete durante el tiempo de vida del aparato y su hermeticidad.

FABRICACION

El aceite del transformador es desgasificado y filtrado con anterioridad a la impregnación. Control automático de los parámetros del proceso de secado e impregnación bajo vacío del papel aceite. Tras el tratamiento, los transformadores pasan un largo periodo de reposo que mejora la homogeneización del aislamiento.

CALIDAD

Control de entrada a todos los materiales y componentes en nuestro laboratorio físico-químico. Ensayos finales de rutina a todo los aparatos bajo normas internacionales y/o especificaciones particulares.

TRANSPORTE, MONTAJE Y MANTENIMIENTO

Embalados para transporte en posición horizontal. No precisan ninguna herramienta especial para su montaje. Son herméticos, libres de mantenimiento regular y no requieren repuestos. Incorporan una válvula de toma de muestras, vaciado y relleno de aceite, y un indicador de posición del nivel de aceite.

Alta precisión (0,15%) - Mayor distancia de fuga - Conectores primarios y de tierra - Aislador de silicona - Otros accesorios... Opcional / Optional

METALLIC HEAD

The active parts are housed in a metallic head. The head is made from press-formed sheet aluminium. This technique guarantees a hermetically sealed head. The flanges at both sides are double welded to the head. The welding is robotized and together with a hermeticity test, unit by unit, it gives complete guarantee of head hermeticity.

REINFORCED SAFETY

With the goal of minimising the consequences of a possible incident, ARTECHE manufactures all high voltage current transformers type CA with a "Reinforced Safety Design". This design allows to earth the short circuit current avoiding the explosion of the porcelain insulator.

HERMETICITY

The transformer is hermetically sealed and works at a constant internal oil pressure.

- Hermeticity test: All transformers are tested by overpressure, after filling them with oil. This way we can guarantee full hermeticity of the transformers.
- We can guarantee the stability of the torque during the life of the unit and therefore the hermeticity of the transformer by using of self locking nuts in all hermetic joints.

MANUFACTURE

Mineral oil used in the transformers is degassed and filtered prior to the impregnation. Automatic control of the oil-paper drying and impregnation process, under vacuum. After impregnation process, the transformers are left in repose for a long period in order to homogenize the isolation.

QUALITY

The control of all materials and components is made upon their arrival in our Physicochemical Laboratory. The transformers, once finished are subjected to the routine tests required by the international standards and/or customer's specifications, in the High Voltage Laboratory.

TRANSPORT, INSTALLATION AND MAINTENANCE

Packaged for transport in horizontal position. There is no need of any special tool for the mounting. Hermetically sealed, free of maintenance, spare parts not necessary. They have a valve for oil sampling, emptying and refilling, as well as an oil indicator on the head.

High accuracy (0,15%) - Higher creepage distance - Primary and earth connectors - Silicone insulator - other accessories

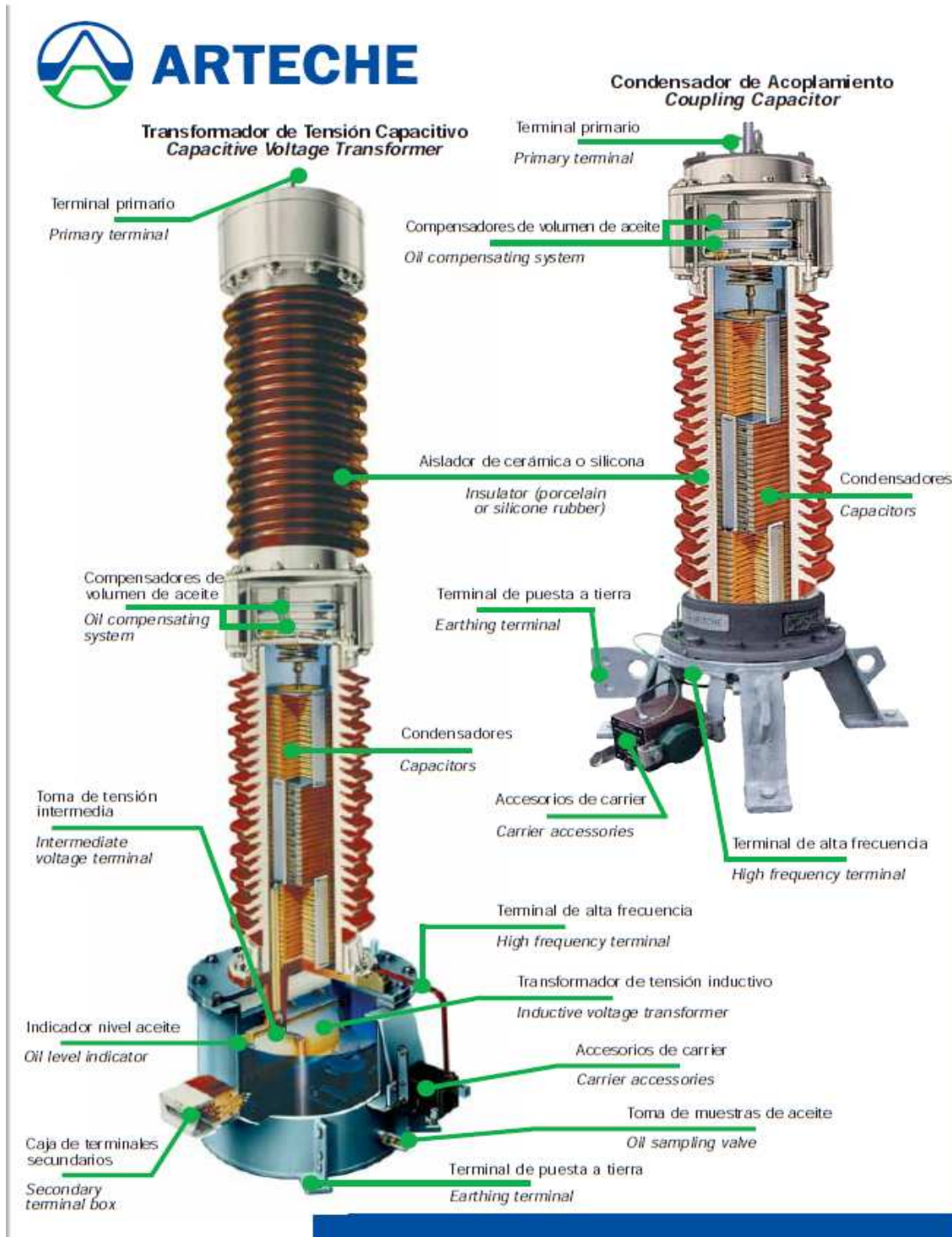
* Para necesidades mayores Consultar / Please request * For higher requirements

ISO 9001:2000 • ISO 14001

Documento sometido a posibles cambios. Subject to change without notice.

© Murguía 2008. EMUSA ARTECHE

3 TRANSFORMADORES DE TENSIÓN CAPACITIVOS





Posibilidad de ajustar la precisión en la subestación y opción de dispositivos de protección de secundarios dentro del bloque de bornes

Possibility of adjusting the accuracy at site and option of adding secondary protection devices inside the terminal box



Seleccionar y Ampliar/Reducir

Posibilidad de puesta a tierra del transformador de Tensión Inductivo durante la manipulación en servicio

Possibility of fitting an earthing switch for safety during handling whilst in operation



Indicador del nivel de aceite
Oil level indicator



Diseño y Fabricación

El transformador de tensión capacitivo está formado por condensadores en serie, montados sobre una cuba donde va alojada la unidad electromagnética (transformador inductivo, reactancia serie y elementos auxiliares). Los condensadores forman un divisor de tensión (2, 3) entre el terminal de alta tensión (1) y el terminal de alta frecuencia (4).

Los condensadores, impregnados en aceite dieléctrico de alta calidad, están alojados en uno o más aisladores, formando cada uno de ellos una unidad independiente y **herméticamente sellada**. Los condensadores presentan una capacidad muy estable en el tiempo.

El borne de alta frecuencia para la señal de onda portadora sale lateralmente a través de la pieza de resina que separa la unidad capacitiva de la inductiva.

Una cuba de acero galvanizado aloja la parte inductiva, impregnada en aceite mineral. Esta cuba está hermeticamente protegida del ambiente.

Los bornes secundarios están ubicados en una amplia caja que facilita la labor de conexionado y permite la colocación de elementos de protección tales que fusibles y disyuntores en su interior.

Los aparatos se ensayan como rutina a descargas parciales, medida de capacidad y tangente de delta, aislamiento y precisión y están diseñados para soportar todos los ensayos de tipo que exigen las normas.

Design & Manufacture

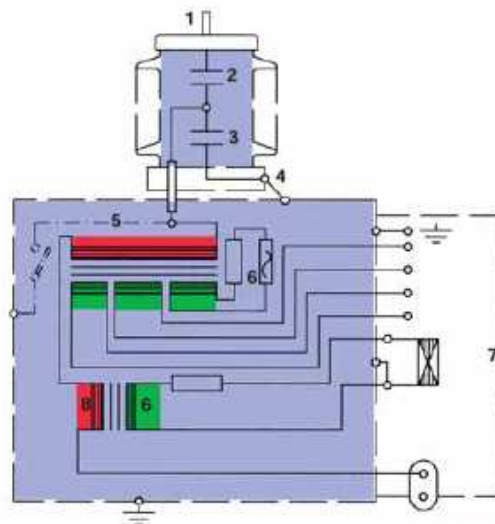
The capacitive voltage transformer is comprised of series capacitors mounted on a tank that houses the electromagnetic unit (inductive transformer, series reactor and auxiliary equipment). The capacitors form a voltage divider (2, 3) between the high-voltage terminal (1) and the high frequency terminal (4).

The capacitors, impregnated with top quality dielectric oil, are fitted into one or more insulators, each of which forms an **hermetically sealed** independent unit. The capacitors have an extremely stable capacitance.

The high-frequency terminal for the power line carrier signals comes out of one side through the resin piece that separates the capacitive unit from the inductive unit.

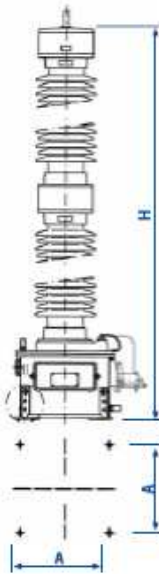
A galvanised steel tank houses the inductive part, impregnated in mineral oil. This tank is air and watertight. The secondary terminals are located in a spacious box, thus facilitating the connection work and allowing protective devices such as fuses and miniature circuit breakers to be fitted inside.

Routine tests are carried out on the equipment for partial discharges, capacitance and tangent delta measurements, insulation and accuracy, and the equipment is designed to withstand all the tests that are required by the different standards.



- 1.- Terminal primario.
- 2, 3.- Condensadores.
- 4.- Terminal de alta frecuencia.
- 5.- Transformador de tensión inductivo.
- 6.- Circuito de supresión de ferresonancia.
- 7.- Caja de bornes secundarios.
- 8.- Reactancia de compensación.

- 1.- Primary terminal.
- 2, 3.- Capacitors.
- 4.- High frequency terminal.
- 5.- Inductive voltage transformer.
- 6.- Ferresonance suppression circuit.
- 7.- Secondary terminal box.
- 8.- Compensating reactor.



Transformadores de Tensión Capacitivos • Capacitive Voltage Transformers

Modelo Model	Tensión máxima de servicio Highest system voltage (kV)	Tensiones de ensayo Test voltages			Capacidad estándar Standard capacitance (pF)	Alta capacidad High capacitance (pF)	Línea de fuga estándar Standard creepage distance (mm)	Dimensiones Dimensions		Peso Weight (Kg)
		Frecuencia Industrial Power frequency (kV)	Impulso Lightning Impulse (BIL) (kVp)	Maniobra Switching Impulse (S/MIL) (kVp)				A (mm)	H (mm)	
DDB-72	72,5	140	325	-	14600	40000	1825	450	1510	245
DDB-100	100	185	450	-	9000	26500	2500	450	1600	255
DDB-123	123	230	550	-	8800	24000	3075	450	1830	300
DDB-145	145	275	650	-	6000	17700	3625	450	1920	310
DDB-170	170	325	750	-	5000	15200	4250	450	2065	330
DFK-245	245	460	1050	-	3600	12400	6125	450	2885	450
DFK-300	300	460	1050	850	4000	10000	7500	450	3205	480
DFK-362	362	510	1175	950	3400	8600	9050	450	3675	520
DFK-420	420	630	1425	1050	2600	7000	10500	450	4595	670
DFK-525	525	680	1550	1175	-	6800	13125	450	5560	1065
DFK-765	765	880	1950	1425	-	5200	15300	450	7010	1270

Clases y potencias de precisión estándar • Standard accuracy classes and burdens:

Según Normas CEI

75 VA Clase 0,2 / 3P
180 VA Clase 0,5 / 3P
350 VA Clase 1 / 3P

Potencias de precisión elevadas como 500 VA Clase 0,5, o incluso superiores, son posibles bajo pedido. Clase 0,1 de alta precisión disponible bajo pedido.

Según Normas IEEE

0.3 WXY
0.6 WXYZ
1.2 WXYZ, ZZ

Potencias de precisión superiores como 0.3 WXYZ o ZZ son posibles bajo pedido.

According to IEC Standards:

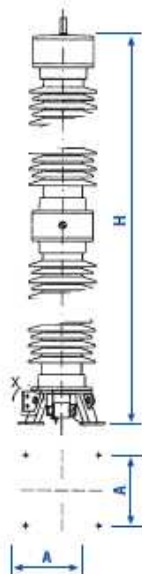
75 VA Class 0,2 / 3P
180 VA Class 0,5 / 3P
350 VA Class 1 / 3P

High accuracy burdens such as 500 VA Class 0,5, or even higher, can be made to order. High accuracy Class 0,1 can be made to order.

According to IEEE Standards:

0.3 WXY
0.6 WXYZ
1.2 WXYZ, ZZ

Higher accuracy burdens such as 0.3 WXYZ or ZZ can be made to order.



Condensadores de Acoplamiento • Coupling Capacitors

Modelo Model	Tensión máxima de servicio Highest system voltage (kV)	Tensiones de ensayo Test voltages			Capacidad estándar Standard capacitance (pF)	Alta capacidad High capacitance (pF)	Línea de fuga estándar Standard creepage distance (mm)	Dimensiones Dimensions		Peso Weight (Kg)
		Frecuencia Industrial Power frequency (kV)	Impulso Lightning Impulse (BIL) (kVp)	Maniobra Switching Impulse (S/MIL) (kVp)				A (mm)	H (mm)	
DDN-72	72,5	140	325	-	14600	40000	1825	350	1235	115
DDN-100	100	185	450	-	9000	26500	2500	350	1325	120
DDN-123	123	230	550	-	8800	24000	3075	350	1585	145
DDN-145	145	275	650	-	6000	17700	3625	350	1675	150
DDN-170	170	325	750	-	5000	15200	4250	350	1805	170
DFN-245	245	460	1050	-	3600	12400	6125	350	2625	255
DFN-300	300	460	1050	850	4000	10000	7500	350	2945	305
DFN-362	362	510	1175	950	3400	8600	9050	450	3415	345
DFN-420	420	630	1425	1050	2600	7000	10500	450	4335	495
DFN-525	525	680	1550	1175	-	6800	13125	450	5300	890
DFN-765	765	880	1950	1425	-	5200	15300	450	6760	1095

Pesos y medidas aproximadas.
Weights and dimensions are approximate.

Para valores distintos o necesidades especiales, consultar.
For special requirements or different values please consult.



Características y dimensiones
Characteristics and dimensions

SG3C / SG3CP
 Presentación general
 General overview

Características eléctricas Electrical characteristics

Referencia Reference	Tensión nominal Rated voltage	Intensidad nominal Rated normal current (I _n)	Tensión de ensayo / Impulse withstand voltage				Intensidad corta duración (valor eficaz) Short time withstand current (RMS) (I _t)	Valor cresta de la intensidad Peak withstand current (I _p)	Tipo de aislador Insulator type				
			A tierra y entre polos To earth and between poles		Sobre la distancia de seco Across isolating distance								
	kV	A	A frecuencia industrial bajo lluvia / Power frequency wet	A impulso / Impulse	A frecuencia industrial bajo lluvia / Power frequency wet	A impulso / Impulse	kA						
A	1	SG3CP-36/1250	SG3CPT-36/1250	36	1250	70	170	80	195	31,5	80	C4-170	
		SG3CP-52/1250	SG3CPT-52/1250	52	800	95	250	110	290	31,5	80	C4-250	
		SG3CP-72/1250	SG3CPT-72/1250	72,5	1250	140	325	160	375	31,5	80	C4-325	
		SG3CP-100/1250	SG3CPT-100/1250	100	1250	185	450	210	520	31,5	80	C4-450	
		SG3CP-123/1250	SG3CPT-123/1250	123	1250	230	550	265	630	31,5	80	C4-550	
		SG3C-36/1250	SG3CT-36/1250	36	1250	70	170	80	195	31,5	80	C4-170	
	2	SG3C-52/1250	SG3CT-52/1250	52	1250	95	250	110	290	31,5	80	C4-250	
		SG3C-72/1250	SG3CT-72/1250	72,5	1250	140	325	160	375	31,5	80	C4-325	
		SG3C-100/1250	SG3CT-100/1250	100	1250	185	450	210	520	31,5	80	C4-450	
		SG3C-123/1250	SG3CT-123/1250	123	1250	230	550	265	630	31,5	80	C4-550	
		3	SG3C-52/1600	SG3CT-52/1600	52	1600	95	250	110	290	40	100	C4-250
			SG3C-52/2000	SG3CT-52/2000	52	2000	95	250	110	290	50	125	C4-250
SG3C-52/2750	SG3CT-52/2750		52	2750	95	250	110	290	50	125	C4-250		
SG3C-72/1600	SG3CT-72/1600		72,5	1600	140	325	160	375	40	100	C4-325		
SG3C-72/2000	SG3CT-72/2000		72,5	2000	140	325	160	375	50	125	C4-325		
SG3C-72/2750	SG3CT-72/2750		72,5	2750	140	325	160	375	50	125	C4-325		
B	1	SG3CP-145/1250	SG3CPT-145/1250	145	1250	275	650	315	750	31,5	80	C4-650	
		SG3CP-170/1250	SG3CPT-170/1250	170	1250	325	750	375	860	31,5	80	C4-750	
		SG3CP-245/1250	SG3CPT-245/1250	245	1250	460	1050	530	1200	31,5	80	C4-1050	
		SG3C-145/1250	SG3CT-145/1250	145	1250	275	650	315	750	40	100	C4-650	
		SG3C-170/1250	SG3CT-170/1250	170	1250	325	750	375	860	40	100	C4-750	
		SG3C-245/1250	SG3CT-245/1250	245	1250	460	1050	530	1200	40	100	C4-1050	
	2	SG3C-145/1600	SG3CT-145/1600	145	1600	275	650	315	750	50	125	C4-650	
		SG3C-145/2000	SG3CT-145/2000	145	2000	275	650	315	750	50	125	C4-650	
		SG3C-145/2750	SG3CT-145/2750	145	2750	275	650	315	750	50	125	C4-650	
		SG3C-170/1600	SG3CT-170/1600	170	1600	325	750	375	860	40	100	C4-750	
		SG3C-170/2000	SG3CT-170/2000	170	2000	325	750	375	860	50	125	C4-750	
		SG3C-170/2750	SG3CT-170/2750	170	2750	325	750	375	860	50	125	C4-750	
C	SG3C-245/1600	SG3CT-245/1600	245	1600	460	1050	530	1200	40	100	C4-1050		
	SG3C-245/2000	SG3CT-245/2000	245	2000	460	1050	530	1200	50	125	C4-1050		
	SG3C-245/2750	SG3CT-245/2750	245	2750	460	1050	530	1200	50	125	C4-1050		

Dimensiones Dimensions

Seccionador Disconnector		Seccionador con puesta a tierra Disconnector with earthing switch		Dimensiones Dimensions (mm)																		
Referencia Reference	Peso Weight	Referencia Reference	Peso Weight	A	B	C	D	E	F	H	I	K	L	M	R ⁽²⁾	S	V					
	Kg		Kg	SG3C / SG3CP SG3CT / SG3CPT																		
A	1	SG3CP-36/800	SG3C-36/800	SG3CPT-36/800	SG3CT-36/800	140	60	90	160	800	400	788	650	240	480	1190	105	1000	368	-		
		SG3CP-36/1250	SG3C-36/1250	SG3CPT-36/1250	SG3CT-36/1250	291	140	60	90	160	1000	500	903	765	340	680	1390	105	1200	468	-	
		SG3CP-52/800	SG3C-52/800	SG3CPT-52/800	SG3CT-52/800	339	140	60	90	160	1000	500	903	765	340	680	1390	105	1200	468	-	
		SG3CP-52/1250	SG3C-52/1250	SG3CPT-52/1250	SG3CT-52/1250	580	160	65	145	105	1200	600	1118	980	495	990	1590	50	1500	568	-	
		SG3CP-72/800	SG3C-72/800	SG3CPT-72/800	SG3CT-72/800	882	160	65	145	105	500	750	1368	1230	645	1290	1890	50	800	718	-	
		SG3CP-100/800	SG3C-100/800	SG3CPT-100/800	SG3CT-100/800	754	160	65	145	105	1700	850	1568	1430	745	1490	2090	50	2100	818	-	
	3	SG3CP-52/1600	SG3C-52/1600	SG3CPT-52/1600	SG3CT-52/1600	384	140	60	90	160	1000	500	985	1010	-	340	680	1390	105	1200	468	-
		SG3CP-52/2000	SG3C-52/2000	SG3CPT-52/2000	SG3CT-52/2000	404	140	60	90	160	1000	500	985	1010	-	340	680	1390	105	1200	468	-
		SG3CP-72/1600	SG3C-72/1600	SG3CPT-72/1600	SG3CT-72/1600	630	160	65	145	105	1200	600	1070	1195	-	495	990	1590	50	1500	568	-
		SG3CP-72/2000	SG3C-72/2000	SG3CPT-72/2000	SG3CT-72/2000	660	160	65	145	105	1200	600	1070	1195	-	495	990	1590	50	1500	568	-
		SG3CP-100/1600	SG3C-100/1600	SG3CPT-100/1600	SG3CT-100/1600	732	160	65	145	105	1500	750	1420	1445	-	645	1290	1890	50	1800	718	-
		SG3CP-100/2000	SG3C-100/2000	SG3CPT-100/2000	SG3CT-100/2000	762	160	65	145	105	1500	750	1420	1445	-	645	1290	1890	50	1800	718	-
B	1	SG3CP-145/800	SG3C-145/800	SG3CPT-145/800	SG3CT-145/800	1485	815	315	500	-	2100	1050	1875	1770	550	1100	2730	-	3000	1020	600	
		SG3CP-145/1250	SG3C-145/1250	SG3CPT-145/1250	SG3CT-145/1250	1525	815	315	500	-	2400	1200	2075	1960	700	1400	3030	-	3200	1168	600	
		SG3CP-170/800	SG3C-170/800	SG3CPT-170/800	SG3CT-170/800	1525	815	315	500	-	2400	1200	2075	1960	700	1400	3030	-	3200	1168	600	
		SG3CP-170/1250	SG3C-170/1250	SG3CPT-170/1250	SG3CT-170/1250	2045	715	315	400	-	3000	1500	2875	2560	1100	2200	3630	-	4500	1468	500	
		SG3CP-245/800	SG3C-245/800	SG3CPT-245/800	SG3CT-245/800	2045	715	315	400	-	3000	1500	2875	2560	1100	2200	3630	-	4500	1468	500	
		SG3CP-245/1250	SG3C-245/1250	SG3CPT-245/1250	SG3CT-245/1250	1505	815	315	500	-	2100	1050	1875	1770	550	1100	2730	-	3000	1000	600	
	C	SG3CP-145/1600	SG3C-145/1600	SG3CPT-145/1600	SG3CT-145/1600	1505	815	315	500	-	2100	1050	1875	1770	550	1100	2730	-	3000	1000	600	
		SG3CP-145/2000	SG3C-145/2000	SG3CPT-145/2000	SG3CT-145/2000	1515	815	315	500	-	2100	1050	1875	1770	550	1100	2730	-	3000	1000	600	
		SG3CP-170/1600	SG3C-170/1600	SG3CPT-170/1600	SG3CT-170/1600	1585	715	315	400	-	2400	1200	2155	2183	-	700	1400	-	3200	1150	600	
		SG3CP-170/2000	SG3C-170/2000	SG3CPT-170/2000	SG3CT-170/2000	1595	715	315	400	-	2400	1200	2155	2183	-	700	1400	-	3200	1150	600	
		SG3CP-245/1600	SG3C-245/1600	SG3CPT-245/1600	SG3CT-245/1600	2145	715	315	400	-	3000	1500	2755	2783	-	1100	2200	-	4500	1450	500	
		SG3CP-245/2000	SG3C-245/2000	SG3CPT-245/2000	SG3CT-245/2000	2160	715	315	400	-	3000	1500	2755	2783	-	1100	2200	-	4500	1450	500	

(1) Para valores distintos a los indicados, consultar. / Other different values available under request.
 (2) R= Distancia entre polos normalizada de MESA. Otras distancias bajo demanda. / Distance between poles is the MESA standard one. Other distances available under request.

5 SECCIONADORES DE BARRAS

SP / SPD
Montajes 11 a 17

Características

Características técnicas

Montaje	Referencia	Fig. nº	Peso nº (kg)	Referencia (con PAT)	Peso nº (kg)	Tensión nominal (kV)	Intensidad nominal (A)	Tensión de ensayo:						Intensidad de corta- duración (valor eficaz) (kA)	Valor cresta de la intensidad (¹⁾ (kA)	Tipo de aislador
								A tierra y entre polos			Sobre la distancia de accionamiento:					
								A frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	A impulso tipo rayo (kV)	A impulso tipo manobra (kV)	A frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	A impulso (kV)	A impulso tipo manobra (kV)			
11	SP-170/4000	2	103	SPT-170/4000	153	170	4000	325	750	-	375	880	-	50	125	C8-750
12	SP-245/4000	2	112	SPT-245/4000	162	245	4000	480	1050	-	530	1200	-	50	125	C8-1000
13	SP-245/4000	2	112	SPT-245/4000	162	245	4000	480	1050	-	530	1200	-	63	160	C8-1000
14	SPD-245/4000	3	133	SPDT245/4000	183	245	4000	480	1050	-	530	1200	-	50	125	C8-1000
15	SPD-245/4000	3	133	SPDT245/4000	183	245	4000	480	1050	-	530	1200	-	63	160	C8-1000
16	SPD-420/4000	3	150	SPDT420/4000	200	420	4000	520	1425	1050	610	1685	1245	50	125	C8-1000
17	SPD-420/4000	3	150	SPDT420/4000	200	420	4000	520	1425	1050	610	1685	1245	63	160	C8-1000

Tensión nominal (kV)	Fig.	A	C	E	F (aprox.)	K (aprox.)	L (mm)	R (aprox.)	Anchuras (vista B-B) ²⁾		
									I	Nº agujeros	P
170	2	4390	1700	300	2970	2145	1630	875	225	(4xØ18)	270
245	2	5630	2300	480	3230	2540	2290	1250	225	(4xØ18)	270
245	3	6250	2300	480	3980	1740	2350	1235	225	(4xØ18)	270
420	3	8250	3350	550	4885	2285	3150	1590	254	(4xØ18)	330



²⁾ Peso unipolar y sin aisladores.

¹⁾ Posibilidad de utilizar aisladores tipo C4 hasta 170 kV 2500 A, reduciéndose la intensidad de cortocircuito a 31,5 kV/s - 80 kA.

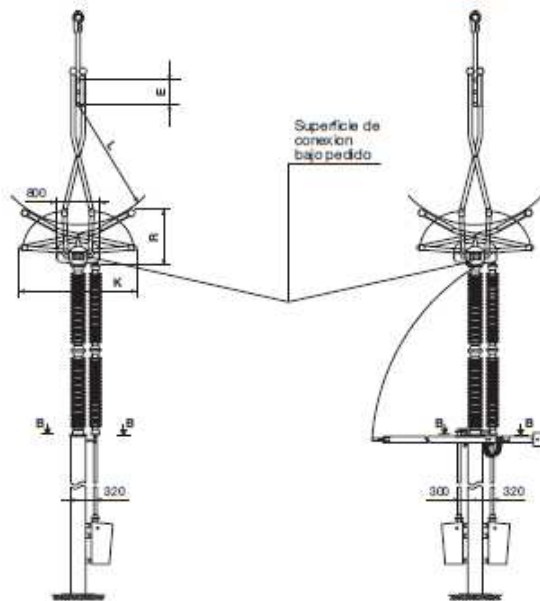
²⁾ Valores para aisladores tipo C6. Para otros tipos de aisladores consultar a MESA.

Dimensiones

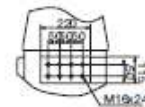
SP / SPD
 Montajes 11 a 17

Figura 2

Sin P.T.



Detalle A
 Superficie de conexión



Vista B-B

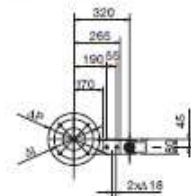
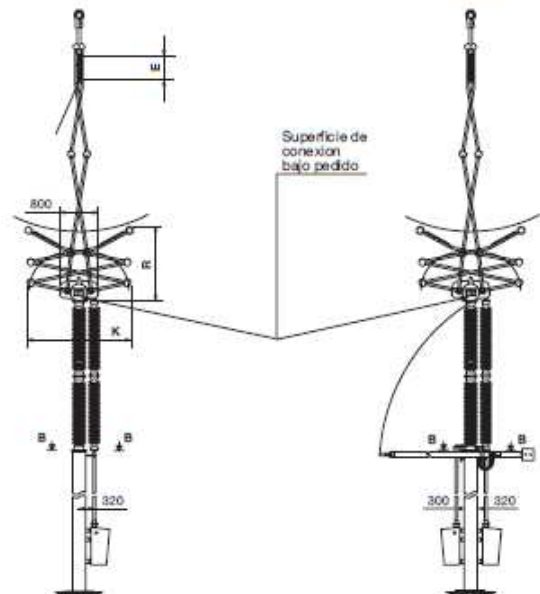
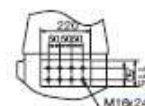


Figura 3

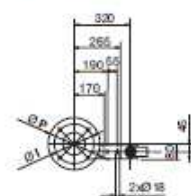
Sin P.T.



Detalle B
 Superficie de conexión



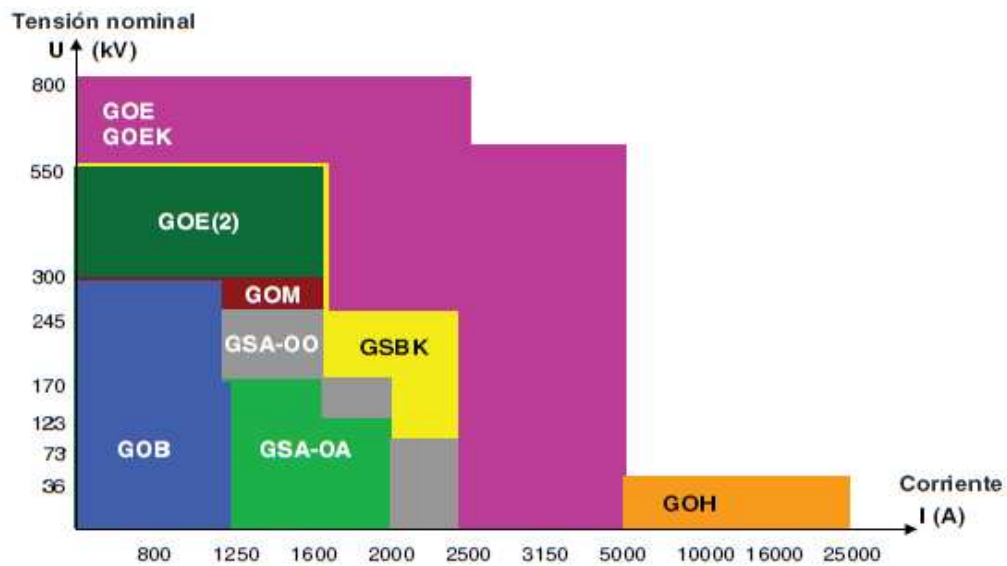
Vista B-B





6 AISLADORES SOPORTE

Selección



Referencia rápida para aisladores de transformador.

	Tensión más alta (kV)	Impulso por rayo (kV)	Impulso por maniobra, en húmedo (kV)	CA 1 min. de rutina en seco (kV)	CA 1 min. en húmedo (kV)	Tensión de fase a tierra (kV)	Corriente (A)	Línea de fuga (mm)
Aire-aceite:								
GOB	300	1050	750	510	510	173	1250	7500
GSA-OA	170	750	N.A.	365	325	100	2000	5504 *)
GOM	300	1050	850	505	550	200	1600	7550
GOE	800	2550	1600	1000	1000	485	5000	20000
GOE(2)	550	1675	1300	750	750	318	1600	15200
GOH	36	200	N.A.	80	75	36	25000	760
Aceite-aceite:								
GSA-OO	245	1050	N.A.	505	N.A.	141	2500	N.A.
Aceite-SF₆:								
GOEK	800	2550	N.A.	1000	N.A.	485	5000	N.A.
GSBK	550	1675	N.A.	750	N.A.	317	2500	N.A.
Aire-aire:								
GOBL	145	-	N.A.	-	275	145	1250	4080
GSA-AA	-	550	N.A.	230	230	100	4000	3913 *)
GOEL	800	2100	1600	1000	1000	485	5000	20000
Aire-SF₆:								
GGA	550	1800	1360	800	800	318	4000	13750 *)

Valores máximos para los distintos tipos de aisladores de ABB. Consulte también la referencia rápida que figura arriba.

*) Aletas de caucho de silicona.



Alcance del producto

Los aisladores de condensador facilitan el control del esfuerzo eléctrico a través de la inserción de pantallas equalizadoras de aluminio variables que se encuentran en el cuerpo capacitivo. Una banda de papel corrugado o Kraft se bobina en un conductor o un mandril para formar el cuerpo capacitivo. Las inserciones de conducción de aluminio se colocan en posiciones axiales y radiales calculadas y muy precisas para crear la graduación del campo eléctrico. Los cuerpos capacitivos están impregnados con aceite mineral de transformador o una resina epoxi curable.

El aislamiento se realiza desde materiales cerámicos o caucho de silicona, cuando corresponde. Los aislantes cerámicos están disponibles para los aisladores impregnados en aceite y en color marrón y gris mientras que los aislantes de silicona están disponibles para los aisladores impregnados en resina y sólo en color gris. En ambos casos, los elementos aislantes son de tipo antiniebla, con aletas largas y cortas dispuestas alternadas. Todos los aisladores están equipados con una toma de pruebas aislada en la brida.

Aisladores de papel impregnado en aceite (OIP)

GOB está disponible con y sin indicador de nivel de aceite y para tensiones de 52 kV a 300 kV. Todos los modelos están equipados con una toma de pruebas de 2 kV y la disposición del conductor puede ser del tipo conductor flexible o varilla maciza. El aislador GOB se puede instalar con una inclinación de hasta 45° respecto de la vertical sin ninguna precaución especial.

Guía técnica 1ZSE 2750-102

Guía de instalación y mantenimiento 2750 515-12



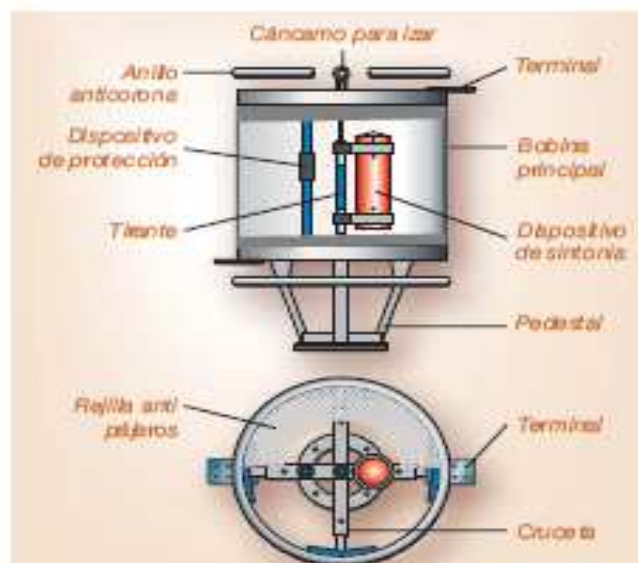
GOE está disponible en dos diseños. La línea clásica GOE de aisladores está disponible para todo el rango de tensiones de 52 kV a 800 kV. GOE(2) es un aislador liviano, compacto y económico para valores de corriente inferiores y está disponible para tres clases específicas de tensión; 362 kV, 420 kV y 550 kV. GOE y GOE(2) están equipados con una toma de pruebas de 20 kV y la disposición del conductor puede ser del tipo conductor flexible, varilla maciza o conductor rígido. El aislador GOE se puede instalar con una inclinación de hasta 60° respecto de la vertical sin ninguna precaución especial, mientras que el aislador GOE(2) está limitado a 30° respecto de la vertical.

Guía técnica 1ZSE 2750-105

Guía de instalación y mantenimiento 2750 515-1



7 BOBINAS DE BLOQUEO





PFC: Subestación eléctrica de transporte 400 kV / 220 kV

0.5/30/...	0.5	930	15	20	41	51	796	616	375	535	673	95	10	A
1.0/30/...	1	930	15	20	41	51	796	967	375	535	1031	145	10	A
2.0/30/...	2	930	16	20	41	51	1046	1190	500	708	1348	205	10	A
0.1/30/...	0.1	800	20	25	51	64	546	469	290	400	546	50	5	A
0.2/30/...	0.2	800	20	25	51	64	546	601	250	400	566	75	5	A
0.32/30/...	0.32	800	20	25	51	64	796	707	375	535	754	100	10	A
0.5/30/...	0.5	800	20	25	51	64	796	967	375	535	1031	130	10	A
1.0/30/...	1	800	20	-	51	-	1046	1179	500	708	1469	180	10	A
1.0/30/...	1	800	-	25	-	64	1046	1431	500	708	1721	240	10	A
2.0/30/...	2	800	20	-	51	-	1396	1363	675	800	1653	295	25	A
2.0/30/...	2	800	-	25	-	64	1396	1639	675	800	1909	365	25	A
0.1/1250/...	0.1	1250	31	40	80.5	102	546	330	250	400	564	60	5	A
0.2/1250/...	0.2	1250	31	40	80.5	102	796	680	375	535	866	125	10	A
0.32/1250/...	0.32	1250	31	40	80.5	102	796	1152	375	535	1233	170	10	A
0.5/1250/...	0.5	1250	31	40	80.5	102	1046	1181	500	708	1471	210	10	A
1.0/1250/...	1	1250	31	-	80.5	-	1396	1394	675	800	1684	325	25	A
1.0/1250/...	1	1250	-	40	-	102	1414	1364	675	800	1664	410	25	A
2.0/1250/...	2	1250	31	-	80.5	-	1846	2104	800	1129	2420	675	50	B
2.0/1250/...	2	1250	-	40	-	102	1846	2104	800	1129	2420	865	50	B
0.1/1600/...	0.1	1600	40	50	102	127.5	796	611	375	535	868	110	10	A
0.2/1600/...	0.2	1600	40	50	102	127.5	1046	1023	500	708	1093	170	10	A
0.32/1600/...	0.32	1600	40	-	102	-	1046	1387	500	708	1477	210	10	A
0.32/1600/...	0.32	1600	-	50	-	127.5	1396	1142	675	800	1233	265	25	A
0.5/1600/...	0.5	1600	40	-	102	-	1396	1363	675	800	1463	295	25	A
0.5/1600/...	0.5	1600	-	50	-	127.5	1396	1505	675	800	1595	360	25	A
1.0/1600/...	1	1600	40	-	102	-	1396	2448	675	800	2538	780	35	A
1.0/1600/...	1	1600	-	50	-	127.5	1414	2448	675	800	2538	820	45	B
2.0/1600/...	2	1600	40	-	102	-	1846	2753	800	1129	2873	850	45	B
2.0/1600/...	2	1600	-	50	-	127.5	1864	2753	800	1129	2873	1100	45	B
0.1/2000/...	0.1	2000	40	50	102	127.5	796	1645	375	535	1109	130	10	A
0.2/2000/...	0.2	2000	40	50	102	127.5	1046	1222	500	708	1305	205	10	A
0.32/2000/...	0.32	2000	40	50	102	127.5	1046	1701	500	708	1792	290	10	A
0.5/2000/...	0.5	2000	40	-	102	-	1396	1670	675	800	1790	390	35	A
0.5/2000/...	0.5	2000	-	50	-	127.5	1414	1505	675	800	1825	550	35	A
1.0/2000/...	1	2000	40	-	102	-	1396	2448	675	800	2535	780	35	A
1.0/2000/...	1	2000	-	50	-	127.5	1646	2615	800	1129	2735	990	50	B
2.0/2000/...	2	2000	40	-	102	-	1864	3062	800	1129	3172	1320	50	B
0.1/2500/...	0.1	2500	40	50	102	127.5	1046	1083	500	708	1094	180	10	A
0.2/2500/...	0.2	2500	40	50	102	127.5	1046	1699	500	708	1790	290	10	A
0.32/2500/...	0.32	2500	40	50	102	127.5	1396	1663	675	800	1716	420	35	A
0.5/2500/...	0.5	2500	40	50	102	127.5	1396	2245	675	800	2380	580	35	A
1.0/2500/...	1	2500	40	50	102	127.5	1646	2615	800	1129	2735	990	50	B
2.0/2500/...	2	2500	40	-	102	-	1864	3110	800	1129	3251	1155	50	B
0.1/3150/...	1.0	3150	40	50	102	127.5	1396	917	675	800	974	230	35	A
0.2/3150/...	0.2	3150	40	50	102	127.5	1396	1519	675	800	1663	345	35	A
0.32/3150/...	0.32	3150	40	50	102	127.5	1396	2149	675	800	2250	495	35	A
0.5/3150/...	0.5	3150	40	50	102	127.5	1646	2600	800	1129	2851	615	45	B
1.0/3150/...	1	3150	40	50	102	127.5	1646	3410	800	1090	3661	1100	50	B

Notas:
 1. Las dimensiones de la bobina de bloque que no está indicada en la tabla de arriba pueden ser informadas mediante consulta.
 2. La designación del tipo de bobina de bloque: Inductancia nominal [mH] / corriente nominal [A] / corriente de cortocircuito mecánica [kA] p.ej.: 0.32/800/54; 0.32 mH 800 A 64 kA p - IEC II.
 3. La dimensión Dda puede ser modificada para atender a la especificación del cliente. Valores estándar son 236 mm, 220 mm y 127 mm.
 4. La dimensión Ddb equivale a 1000 mm para bobinas de bloque con Dd=1396 mm y 1595 mm para bobinas de bloque con Dd=1546 o 1654 mm.
 5. Las bobinas de bloque pueden ser instaladas en las posiciones suspendida, vertical sobre pedestal o horizontal, conforme lo indicado.
 6. El peso del pedestal indicado corresponde al del montaje vertical sugerido.
 7. Tolerancia en las dimensiones ±0.6.
 8. Corriente nominal entre 3150A y 5000A, diseño especial a petición.

8 PARARRAYOS AUTOVÁLVULAS

8.1 AUTOVÁLVULAS 400 kV

Descargadores con revestimiento de porcelana

Descargador de óxido de cinc EXLIM P

Para la protección contra sobretensiones atmosféricas y de funcionamiento de subestaciones de alta tensión, transformadores y otros equipos en redes de alta tensión.

- en zonas con intensidad de descarga muy alta
- en lugares donde las condiciones de puesta a tierra o apantallamiento son deficientes o incompletas
- para instalaciones importantes
- donde los requisitos energéticos son muy altos (por ejemplo, líneas muy largas, protección de condensadores, etc.).



Sumario de datos de rendimiento

Tensiones de red ($U_{m(n)}$)	52 -550 kV
Tensiones nominales (U_n)	42 -444 kV
Corriente de descarga nominal (IEC)	20 kA _{pl00}
Corriente de clasificación (ANSI/IEEE)	10/15 kA _{pl00}
Resistencia de corriente de descarga	
Corriente alta 4/10 μ s	100 kA _{pl00}
Corriente baja 2000 μ s	1.350 A _{pl00}
Capacidad de energía:	
Clase de descarga de líneas (IEC) [2 impulsos, (IEC Cl. 8.5.5)]	Clase 4 10,8 kJ/kV (U_n)
Cumple con / sobrepasa los requisitos de la prueba de descarga de líneas de transmisión ANSI para sistemas de 550 kV.	
Capacidad de corte circuito/ alivio de presión	65 kA _{lim}
Aislamiento externo	Cumple con / sobrepasa las normas
Resistencia mecánica:	
Carga de servicio estática admisible (PSSL)	7.200 Nm
Carga de servicio dinámica admisible máxima (MPDSL)	18.000 Nm
Condiciones de funcionamiento:	
Temperatura ambiente	-50 °C a +45 °C
Altitud de diseño (Mayores altitudes bajo pedido)	máx. 1.000 m
Frecuencia	15 - 62 Hz



Datos de protección garantizados

Tensión máxima de red U_m kVrms	Tensión nominal U_r kVrms	Tensión de trabajo continuo máxima 1)		Capacidad de sobretensiones temporales 2)		Tensión residual máxima con onda de corriente							
		según IEC U_c kVrms	según ANSI/IEEE MCOV kVrms	1 s kVrms	10 s kVrms	30/60 μ s			8/20 μ s				
						1 kA kVpico	2 kA kVpico	3 kA kVpico	5 kA kVpico	10 kA kVpico	20 kA kVpico	40 kA kVpico	
300	216	173	174	250	237	422	437	448	467	492	539	590	
	228	182	182	264	250	445	461	473	493	519	568	623	
	240	191	191	278	264	468	485	497	519	546	598	656	
	258	191	209	299	283	504	522	535	558	587	643	705	
362	264	191	212	306	290	515	534	547	571	601	658	721	
	258	206	209	299	283	504	522	535	558	587	643	705	
	264	211	212	306	290	515	534	547	571	601	658	721	
	276	221	221	320	303	539	558	572	597	628	688	754	
420	288	230	230	334	316	562	582	597	623	656	718	787	
	330	284	267	382	363	644	667	684	714	751	823	901	
	336	267	272	389	369	656	679	696	727	765	838	918	
	360	267	291	417	396	702	728	746	779	819	897	983	
	372	267	301	431	409	726	752	771	804	847	927	1021	
	378	267	306	438	415	737	764	783	817	860	942	1037	
	381	267	308	441	419	743	770	789	824	867	950	1045	
	390	267	315	452	429	761	788	808	843	888	972	1070	
	396	267	318	459	435	773	800	820	856	901	987	1086	
	420	267	336	487	462	819	849	870	908	956	1051	1152	
	550	396	317	318	459	435	773	800	820	856	901	987	1086
		420	336	336	487	462	819	849	870	908	956	1051	1152
444		349	353	515	488	866	897	920	960	1015	1111	1217	

Para información más detallada sobre la capacidad de sobretensiones temporales (TOV) y las características de protección, ver la publicación IHSM 9543 13-01 en.

1) Las tensiones de operación continua U_c (según IEC) y MCOV (según ANSI) sólo se diferencian debido a las desviaciones en los procedimientos de prueba.
 U_c sólo debe considerarse cuando la tensión de red real es superior a la indicada.
 Se puede seleccionar cualquier descargador con U_c superior o igual que la tensión de red real dividida por $\sqrt{3}$.

2) Con rendimiento primario igual a la carga energética máxima de impulso simple (7,0 kJAV (U_r)).

A petición del cliente puede ser posible ofrecer descargadores con voltajes inferiores o superiores para aplicaciones especiales.

8.2 AUTOVÁLVULAS 220 kV

EXLIM Q-E

Descargadores con revestimiento de porcelana

Descargador de óxido de cinc EXLIM Q-E

Para la protección contra sobretensiones atmosféricas y de funcionamiento de subestaciones de alta tensión, transformadores y otros equipos en redes de alta tensión.

- en zonas con alta intensidad de descargas atmosféricas y requisitos energéticos elevados.
- en lugares donde las condiciones de puesta a tierra o apantallamiento son deficientes o incompletas



Sumario de datos de rendimiento

Tensiones de red (U_m) _m	52-245 kV
Tensiones nominales (U_n)	42-228 kV
Corriente de descarga nominal (IEC)	10 kA _{pic}
Corriente de clasificación (ANSI/IEEE)	10 kA _{pic}
Resistencia de corriente de descarga	
Corriente alta 4/10 μ s	100 kA _{pic}
Corriente baja 2.400 μ s	700 A _{pic}
Corriente baja 2.000 μ s	900 A _{pic}
Capacidad de energía:	
Clase de descarga de línea (IEC) [2 impulsos, (IEC Cl. 8.5.5)]	Clase 3 7,8 kJ/kV (U_n)
Cumple con/sobrepasa los requisitos de la prueba de descarga de líneas de transmisión ANSI para sistemas de 245 kV.	
Capacidad de corto circuito/alivio de presión	65 kA _{sim}
Aislamiento externo	Cumple con/sobrepasa las normas
Resistencia mecánica:	
Carga de servicio estática admisible (PSSL)	3.000 Nm
Carga de servicio dinámica admisible máxima (MPDSL)	7.500 Nm
Condiciones de funcionamiento:	
Temperatura ambiente	-50 °C a +45 °C
Altitud de diseño (Mayores alturas bajo pedido)	máx. 1.000 m
Frecuencia	15 - 62 Hz



Descargadores con revestimiento de porcelana

EXLIM Q-E

Datos de protección garantizados

Tensión máxima de red	Tensión nominal	Tensión de trabajo continuo máxima 1)		Capacidad de sobretensiones temporales 2)		Tensión residual máxima con onda de corriente												
		según IEC	según ANS/IEEE	1 s	10 s	30/60 µs				8/20 µs								
						U _C	MCOV	0,5 kA	1 kA	2 kA	5 kA	10 kA	20 kA	40 kA				
U _m	U _r	U _C	MCOV	1 s	10 s	0,5 kA	1 kA	2 kA	5 kA	10 kA	20 kA	40 kA						
kV _{rms}	kV _{rms}	kV _{rms}	kV _{rms}	kV _{rms}	kV _{rms}	kV _{pico}	kV _{pico}	kV _{pico}	kV _{pico}	kV _{pico}	kV _{pico}	kV _{pico}						
36.1	24	19,2	19,5	27,8	26,4	46,1	47,6	49,5	53,6	56,4	62,1	69,4						
	30	24,0	24,4	34,8	33,0	57,6	59,5	61,8	67,0	70,5	77,6	86,8						
	33	26,4	26,7	38,2	36,3	63,4	65,4	68,0	73,7	77,6	85,4	95,4						
	36	28,8	29,0	41,7	39,6	69,2	71,4	74,2	80,4	84,6	93,1	105						
	39	31,2	31,5	45,2	42,9	74,9	77,3	80,3	87,1	91,7	101	113						
52	42	34	34,0	48,7	46,2	80,7	83,3	86,5	93,8	98,7	109	122						
	48	38	39,0	55,6	52,8	92,2	95,1	98,9	108	113	125	139						
	51	41	41,3	59,1	56,1	98,0	102	106	114	120	132	148						
	54	43	43,0	62,6	59,4	104	107	112	121	127	140	157						
	60	48	48,0	69,6	66,0	116	119	124	134	141	156	174						
72	54	43	43,0	62,6	59,4	104	107	112	121	127	140	157						
	60	48	48,0	69,6	66,0	116	119	124	134	141	156	174						
	66	53	53,4	76,5	72,6	127	131	136	148	156	171	191						
	72	58	58,0	83,5	79,2	139	143	149	161	170	187	209						
	75	60	60,7	87,0	82,5	144	149	155	168	177	194	217						
	78	62	63,1	90,4	85,8	150	155	161	175	184	202	226						
	81	65	65,6	93,9	89,1	156	161	167	181	191	210	235						
	84	67	68,0	97,4	92,4	162	167	173	188	198	218	243						
100	84	67	68,0	97,4	92,4	162	167	173	188	198	218	243						
	90	72	72,0	104	99,0	173	179	186	201	212	233	261						
	96	77	77,0	111	106	185	191	198	215	226	249	278						
	96	77	77,0	111	106	185	191	198	215	226	249	278						
	108	78	84,0	125	118	208	214	223	242	254	280	313						
	120	78	98,0	139	132	231	238	248	268	282	311	347						
	132	78	106	153	145	254	262	272	295	311	342	382						
	138	78	111	160	151	265	274	285	309	325	357	399						
145	108	86	86,0	125	118	208	214	223	242	254	280	313						
	120	92	96,0	139	132	231	238	248	268	282	311	347						
	132	92	106	153	145	254	262	272	296	311	342	382						
	138	92	111	160	151	265	274	285	309	325	357	399						
	144	92	115	167	158	277	286	297	322	339	373	417						
170	132	106	106	153	145	254	262	272	296	311	342	382						
	144	108	115	167	158	277	286	297	322	339	373	417						
	162	108	131	187	178	312	321	334	362	381	419	469						
	168	108	131	194	184	323	333	346	376	395	435	486						
245	180	144	144	208	198	346	357	371	402	423	466	521						
	192	154	154	222	211	369	381	396	429	452	497	555						
	198	156	160	229	217	381	393	408	443	466	512	573						
	210	156	170	243	231	404	417	433	469	494	543	608						
	216	156	175	250	237	415	428	445	483	508	559	625						
	219	156	177	254	240	421	434	451	489	515	567	634						
	222																	
	228	156	180	264	250	438	452	470	510	536	590	660						

Para información más detallada sobre la capacidad de sobretensiones temporales (TOV) y las características de protección, ver la publicación IHSM 9543 13-01en.

- Las tensiones de operación continua U_C (según IEC) y MCOV (según ANSI) sólo se diferencian debido a las desviaciones en los procedimientos de pruebas tipo.
 U_C sólo debe considerarse cuando la tensión de red real es superior a la indicada.
 Se puede seleccionar cualquier descargador con U_C superior o igual que la tensión de red real dividida por √3.
- Con servicio anterior igual a la carga energética máxima de impulso simple (4,5 kJ/MV (U₀)).
- A petición del cliente se pueden suministrar descargadores para tensiones de red de 36 kV o inferiores, cuando el pedido también contiene descargadores para sistemas de alta tensión.



9 AUTOTRANSFORMADORES MONOFÁSICOS DE POTENCIA





PFC: Subestación eléctrica de transporte 400 kV / 220 kV

AUTOTRANSFORMADOR MONOFÁSICO

DE 200 MVA y 400/230 ± 15%/24-26,4-33 kV

HOJAS DE DATOS TÉCNICOS

Nº	DESIGNACIÓN	UDS.	SOLICITADO	OFERTADO
<u>CARACTERÍSTICAS GENERALES</u>				
1	Fabricante	--	--	
2	Instalación	--	Intemperie	
3	Tipo Autotransformador	--		
4	Nº de Fases.....	--	Monofásico	
5	Frecuencia Nominal	Hz	50	
6	Potencia Nominal			
	Arrollamiento AT	MVA	200	
	Arrollamiento BT	MVA	200	
	Arrollamiento Terciario	MVA	40	
7	Tensión Máxima de Servicio	kV	420	
8	Grupo de Conexión	--	YN, a0,d11	
9	Intensidad Nominal AT	A	866	
	BT	A	1506	
	Terciario			
	Ref. a 33 kV	A	1212	
	Ref. A 26,4 kV	A	1515	
	Ref. A 24 kV	A	1667	
10	Método de Refrigeración:			
	Alternativa con radiadores	MVA	60%	
	Alternativa con radiadores +(bombas ó ventiladores)	MVA	80%	
	Alternativa con radiadores + bombas + ventiladores	MVA	100%	
	Alternativa con Aerorefrigerantes	MVA	100%	
11	Circulación dirigida		Sí	
12	Relación de Transformación			
	A-Alta Tensión.....	kV	400	



Nº	DESIGNACIÓN	UDS.	SOLICITADO	OFERTADO
13	B-Baja Tensión (Regulación en BT).....	kV	230 ± 15%	
	C-Terciario (seleccionable por conexionado interno).....	kV	24-26,4-33	
	Intensidad de Cortocircuito			
	En 420 kV	kA	63	
	En 245 kV	kA	63	
	En 33 kV	kA	30	
	En 26,4 kV	kA	30	
	En 24 kV	kA	30	
	<u>NIVEL DE AISLAMIENTO DE LOS ARROLLAMIENTOS</u>			
14	Tensión de Ensayo a Frecuencia Industrial			
	A-Extremo de Línea AT.....	kV	630	
	B-Extremo de Línea BT.....	kV	395	
	C-Neutro.....	kV	70	
15	D-Terciario.....	kV	70	
	Tensión de Ensayo con Onda de Choque completa de 1,2 x 50 µs (BIL)			
	A-Alta Tensión.....	KVc	1425	
	B-Baja Tensión.....	kVc	950	
	C-Neutro.....	kVc	170	
16	D-Terciario (conexión 33 KV).....	kVc	170	
	Tensión de Inducida larga duración con medida de descargas parciales		Según Norma CEI	
	Nivel.....	pC	<500	
17	Tensión de Ensayo con Sobretensión de Maniobra 250/2500 µs en el extremo de Línea de Alta Tensión.....	kVc	1050	



Nº	DESIGNACIÓN	UDS.	SOLICITADO	OFERTADO
18	Máximo calentamiento del Cobre, medido por variación de resistencia en las siguientes condiciones de funcionamiento:			
	a) Considerando las pérdidas en el cobre de la posición de máximas pérdidas (400/230-15% y 200 MVA) y las pérdidas en el hierro al 110% de sobreexcitación y con el equipo de refrigeración completo (Rad + Bombas + Vent)	°C	55	
	b) Considerando las pérdidas en el cobre de la posición nominal (400/230 y 200 MVA) y las pérdidas en el hierro al 110% de sobreexcitación y con el equipo de refrigeración solo con Radiadores + Bombas	°C	55	
19	Calentamiento del punto de mayor temperatura del Cobre en las mismas condiciones anteriores	°C	65	
20	Calentamiento máximo del aceite de la capa superior en las mismas condiciones anteriores	°C	55	
CARACTERÍSTICAS DE LAS BORNAS				
21	<u>Borna de Alta Tensión:</u>			
	a) Fabricante		A3B comp.	
	b) Denominación según catálogo		GOE1300-1150	
	c) Plano nº			
	d) Tipo de Borna		Condensador	
	e) Tipo de Aislamiento interno		Papel-Aceite	
	Tipo de aislador			
	f) Forma/Material conductor del borne		Cilindrico/Alum	
	g) Material de Relleno		Aceite	
	h) Intensidad Nominal en servicio continuo	A	2.500	
	i) Calentamiento sobre la temperatura del aceite de la capa superior en el punto mas caliente de las partes portadoras de corriente a la intensidad nominal en servicio continuo	°C	10	
	j) Calentamiento sobre la temperatura del aire ambiente en el punto más caliente de las partes portadoras de corriente a la intensidad nominal en servicio continuo	°C	55	
	k) Tensión Nominal de la Borna	kV	420	
	l) Tensión Nominal Fase-Tierra	kV	245	
	m) Longitud de la Línea de Fuga	mm	13.020	



Nº	DESIGNACIÓN	UDS.	SOLICITADO	OFERTADO
n)	Tensión de Ensayo a la Frecuencia Industrial durante 1 minuto en seco	kV	680	
o)	Tensión de Ensayo a Frecuencia Industrial bajo lluvia	kV	650	
p)	Tensión de Ensayo con Onda de Choque completa de 1,2 / 50 µs (BIL).....	kVc	1425	
q)	Tangente del ángulo de pérdidas	%	<0,5	
t)	Tensión de Ensayo con Sobretensión de maniobra 250/2500 µs	kVc	1.175	
u)	Tensión de Aparición de Ionización interna (descargas parciales)	kVc	>367,5	
22	<u>Borna de Baja Tensión:</u>			
a)	Fabricante.....		ABB Comp..	
b)	Denominación según catálogo		GOE1050-750	
c)	Plano nº			
d)	Tipo de Borna		Condensador	
e)	Tipo de Aislamiento interno		Papel-Aceite	
	Tipo de aislador			
f)	Forma/Material conductor del borne		Cilindrico/Alumi	
g)	Material de Relleno.....		Aceite	
h)	Intensidad Nominal en servicio continuo	A	2.500	
i)	Calentamiento sobre la temperatura del aceite de la capa superior en el punto más caliente de las partes portadoras de corriente a la intensidad nominal en servicio continuo.....	°C	10	
j)	Calentamiento sobre la temperatura del aire ambiente en el punto más caliente de las partes portadoras de corriente a la intensidad nominal en servicio continuo.....	°C	55	
k)	Tensión Nominal de la Borna	kV	362	
l)	Tensión Nominal Fase-Tierra.....	kV	220	
m)	Tensión de Ensayo a la Frecuencia Industrial durante 1 minuto en seco	kV	505	
n)	Tensión de Ensayo a Frecuencia Industrial bajo lluvia	kV	480	
o)	Tensión de Ensayo con Onda de Choque completa de 1,2 / 50 µs (BIL).....	kVc	1.050	



Nº	DESIGNACIÓN	UDS.	SOLICITADO	OFERTADO
	p) Tensión de Ensayo con Sobretensión de maniobra 250/2500 μ s.....	kVc	960	
	q) Longitud de Línea de Fuga.....	mm	7205	
	r) Tangente del ángulo de pérdida	%	<0,5	
23	<u>Borna de Neutro:</u>			
	a) Fabricante.....			
	b) Denominación según catálogo		45 kV / 2000 A	
	c) Catálogo nº.....			
	d) Plano nº			
	e) Tipo de Borna.....		Sólido	
	f) Tipo de Aislamiento		Porcelana	
	f) Forma / Material conductor del borne.....			
	h) Material de Relleno.....			
	i) Intensidad Nominal en servicio continuo	A	2000	
	j) Calentamiento sobre la temperatura del aceite de la capa superior en el punto más caliente de las partes portadoras de corriente a la intensidad nominal en servicio continuo.....	°C		
	k) Calentamiento sobre la temperatura del aire ambiente en el punto más caliente de las partes portadoras de corriente a la intensidad nominal en servicio continuo.....	°C		
	l) Tensión Nominal Fase-Tierra.....	kV		
	m) Longitud de Línea de Fuga.....	mm		
	n) Tensión de Ensayo a Frecuencia Industrial durante 1 minuto en seco	kV		
	o) Tensión de Ensayo a Frecuencia Industrial bajo lluvia	kV	95	
	p) Tensión de Ensayo con Onda de Choque completa de 1,2 x 50 μ s (BIL).....	kVc	250	
	q) Tangente del ángulo de pérdida.....	%		
24	<u>Borna de Terciario:</u>			
	a) Fabricante.....			



Nº	DESIGNACIÓN	UDS.	SOLICITADO	OFERTADO
b)	Denominación según catálogo		45 / 2000	
c)	Catálogo nº			
d)	Plano nº			
e)	Tipo de Borna		Sólido	
f)	Tipo de Aislamiento		Porcelana	
f)	Forma / Material conductor del borne			
h)	Material de Relleno			
i)	Intensidad Nominal en servicio continuo	A	2000	
j)	Calentamiento sobre la temperatura del aceite de la capa superior en el punto más caliente de las partes portadoras de corriente a la intensidad nominal en servicio continuo	°C		
k)	Calentamiento sobre la temperatura del aire ambiente en el punto más caliente de las partes portadoras de corriente a la intensidad nominal en servicio continuo	°C		
l)	Tensión Nominal Fase-Tierra	kV		
m)	Longitud de Línea de Fuga	mm		
n)	Tensión de Ensayo a Frecuencia Industrial durante 1 minuto en seco	kV		
o)	Tensión de Ensayo a Frecuencia Industrial bajo lluvia	kV	95	
p)	Tensión de Ensayo con Onda de Choque completa de 1.2 x 50 us (BIL)	kVc	250	
q)	Tangente del ángulo de pérdida	%	-	

10 PROTECCIONES

10.1 PROTECCIÓN DIFERENCIAL LÍNEA



PROTECTION

Serie MiCOM P54x

Protección diferencial de Línea

La serie MICOM P541-P546 proporciona unidad de protección diferencial de corriente de alta velocidad. El P54x está diseñado para aplicaciones de líneas aéreas y cables, ya que se interconecta fácilmente con el canal longitudinal de comunicaciones (de extremo a extremo) entre las terminales de la línea. Las opciones de interfaz, soportan enlaces directos de fibra óptica o digitales multiplexados.

Garantizan una óptima selectividad. El esquema mide las corrientes que entran y salen del elemento protegido. Con resultados de disparo instantáneo para fallas internas, con estabilidad para cualquier falla fuera de zona.

Una de las características del disparo, es que si se compara la corriente diferencial de la circulante será más sencillo realizar las pruebas. Este tipo de elementos diferenciales de fase ofrecen detección consistente de fallas sólidas y resistivas, con óptima selección de fallas de fase, disparo e indicación.

Tiene integrada una gama completa de protecciones de respaldo. Esto mejora la confiabilidad de la protección, ya que elementos *hot stand by* (como las zonas de distancia y la sobrecorriente) se pueden poner en servicio cuando ocurra una señalización de interrupción en algún canal.



MICOM P541
en 40TE





CARACTERÍSTICAS CLAVE

- > Protección diferencial de línea.
 - Medición por fase - identifica de manera precisa la fase fallada.
 - Aplicable a todas las líneas y cables, largas o cortas, Alimentadores grandes o pequeños.
 - Selectividad de fase sin comprometer la sensibilidad de fallas resistivas.
- > Aplicaciones para terminales múltiples - cada relevador tiene capacidad para 2 o 3 esquemas.
- > Se adaptan a diversas subestaciones y topologías.
 - Aplicaciones en zonas de alimentador-transformador. (P541/P542)
 - Interruptor y medio, o alimentación en triángulo con dos juegos de entradas TC en cada extremo. (P544/P546).
 - Compensa las diferentes relaciones entre TCs de línea.
- > Se conecta fácilmente a canales de comunicaciones de un extremo a otro.
 - Comunicación directa por fibra óptica.
 - Enlace multiplexado IEEE C37.94 TM Estándar.
 - Enlaces multiplexados G.703, V.35 y X.21.
 - Monitoreo completo del enlace, con registro de datos de las estadísticas del canal.
 - Modulos sincronizados por GPS para redes SONET/SDH (P545/P546).
- > Rango completo de funciones de respaldo:
 - Esquema de Protección de distancia de tres zonas (P544-P546)
 - Sobrecorriente, falla del interruptor y protección térmica en todos los modelos.
- > Autorendere (con varios intentos) con verificación de sincronismo (P542/P543/P545)
- > Esquemas de lógica programable
 - Personalización del dispositivo para cumplir con los requisitos precisos de protección y esquema de control de la bahía.

Beneficios

- Unidad de Protección altamente selectiva.
- Monitoreo continuo del canal de comunicaciones.
- Elementos de respaldo integrados, operación en *hot stand by* en caso de interrupción de las comunicaciones del canal.






APLICACIÓN:

Los modelos P541 y P542 se aplican cuando no se desea una conexión a un transformador de potencial. Estos dispositivos están preparados para disparo tripolar.

Los modelos P543-P546 se pueden usar para extra altas tensiones de transmisión, ya que permiten disparo monopolar y tripolar además de contar con entradas de TPs que permiten la aplicación del respaldo de distancia, direccionamiento de la protección de sobrecorriente y localizador la falla.

Puede seleccionar entre los modelos P544 o P546 en aplicaciones de interruptor y medio en donde la medición de dos juegos de entradas TCs ofrecen una mejor estabilidad y permiten que la protección por falla del interruptor identifique en dónde está la falla. Seleccione el P545 o el P546 cuando requiera de entradas y salidas (I/O) adicionales o necesite sincronizar por GPS. Generalmente las redes multiplexadas SONET/SDH requieren de esta característica.

La serie MICOM P54x se suministra con un paquete completo estándar de funciones de protección y control. La columna menú, del software de configuración, se usa para habilitar aquellas funciones que el usuario para una cierta aplicación y aquellas que pueden deshabilitarse.

Las funciones no habilitadas o seleccionadas se ocultan totalmente del menú para así simplificar la configuración.

Por su naturaleza, la protección diferencial de corriente necesita ajustes de protección, la mayoría de ellos se dejan igual que como vienen configurados de fábrica. La serie P54x se suministra lista para proteger.

ANSI	CARACTERÍSTICAS	P541	P542	P543	P544	P545	P546
87	Diferencial de corriente de fase segregada	●	●	●	●	●	●
	Lineas/cables con 2 y 3 terminales	●	●	●	●	●	●
	Alimentadores en zona de transformadores	●	●				
	Configuraciones de 2 interruptores				●		●
	Adecuado para usarse con redes SDH/SONET					●	●
	Disparo directo/permisivo	●	●	●	●	●	●
	Disparo tripolar	●	●				
	Disparo monopolar y tripolar			●	●	●	●
79	Autoerre- Número de intentos		4	4		4	
25	Verificación de sincronismo			●		●	
50/51	Sobrecorriente para fallas de fase	●	●	●	●	●	●
50/51N	Sobrecorr. para fallas de fase a tierra	●	●	●	●	●	●
67	Sobrecorriente direccional de fase			●	●	●	●
67N	Sobrecorriente direccional para fallas de fase a tierra			●	●	●	●
67N	Sobrecorr. dir. falla a tierra alta sensibilidad			●	●	●	●
67W	Sobrecorr. dir. falla a tierra voltimétrica			●	●	●	●
21	Zonas de distancia			3	3	3	3
68	Bloqueo de oscilación de potencia			●	●	●	●
49	Sobrecarga térmica	●	●	●	●	●	●
FL	Localizador de falla			●	●	●	●
BC	Conductor roto	●	●	●	●	●	●
VTS	Supervisión de Transformador de Potencial			●	●	●	●
	Monitoreo de condición del interruptor	●	●	●	●	●	●
50 BF	Falla del interruptor de alta velocidad	●	●	●	●	●	●
	Esquema lógico programable (PSL)	●	●	●	●	●	●
TCS	Supervisión del circuito de disparo	●	●	●	●	●	●
	Grupos de ajuste	4	4	4	4	4	4
	Entradas lógicas optoacopladas	8	16	16	16	24	24
	Contactos de salida del relevador	7	14	14	14	32	32

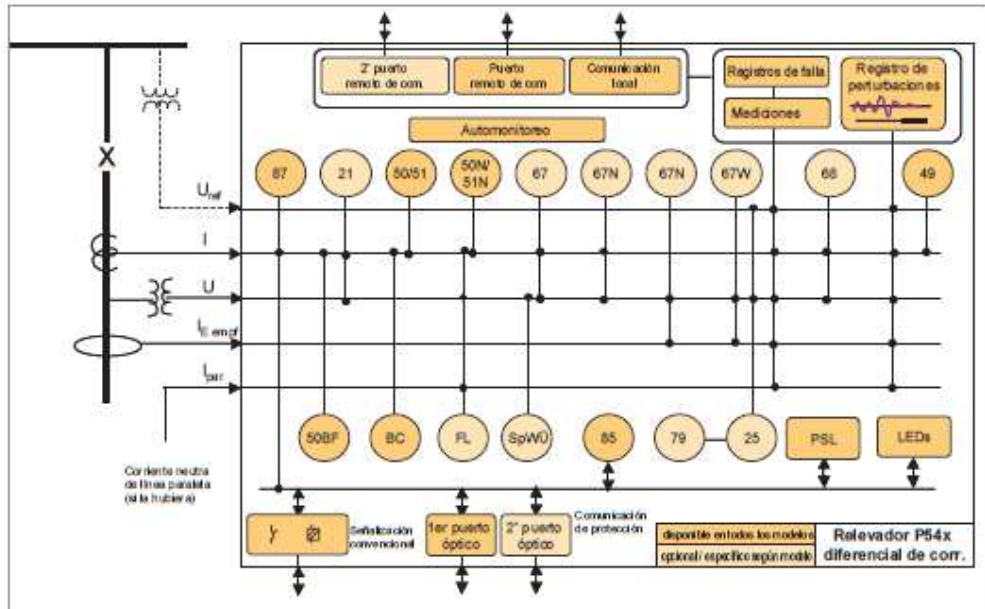


Gráfico 1 | Resumen del sistema de la Serie P54x

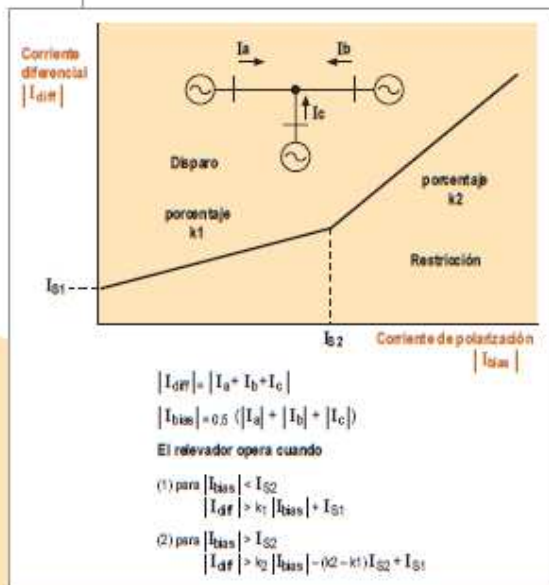
PROTECCION DIFERENCIAL

El elemento primario de protección en la serie P54x, es una efectiva protección diferencial de corriente de fase segregada. El algoritmo de medición es extremadamente confiable, brindando rápida detección de fallas internas y estabilidad para externas.

El algoritmo diferencial tiene una restricción de porcentaje de doble pendiente, como se muestra en el gráfico 2. Un falla interna genera corriente diferencial. La corriente de polarización es aquella que sólo fluye a través de la unidad protegida, como una carga o una falla externa con alimentación de paso. La pendiente inicial (k1) asegura sensibilidad a las fallas de baja corriente, mientras que la pendiente k2, se incrementa para contrarrestar los efectos de saturación del transformador de corriente.

Graficar las características de disparo en el plano diferencial, ayuda a facilitar las pruebas / puesta en servicio y a visualizar claramente la sensibilidad exacta de corriente del esquema. El excelente comportamiento para fallas de alta resistencia y alimentación débil son características poco comunes al operar en otros planos, en los que su verdadera sensibilidad puede no ser visible.

Gráfico 2 | Based current differential protection



10.2 PROTECCIÓN DE DISTANCIA

SEL SEL-421 Protection and Automation System

High-Speed Line Protection,
Automation, and Control System



Major Features and Benefits

The SEL-421 Protection, Automation, and Control System combines high-speed distance and directional protection with complete control for a two-breaker bay.

- **Protection.** Protect any transmission line using a combination of five zones of phase- and ground-distance and directional overcurrent elements. Select Mho or Quadrilateral characteristics for any phase or ground distance element. Use the optional high-speed elements and series compensation logic to optimize protection for critical lines or series-compensated lines. Use the ACCELERATOR QuickSet[®] SEL-5030 Software (a graphical user interface) to speed and simplify setting the relay. Patented Coupling Capacitor Voltage Transformer (CCVT) transient overreach logic enhances the security of Zone 1 distance elements. Best Choice Ground Directional Element[™] logic optimizes directional element performance and eliminates the need for many directional settings.
- **Automation.** Take advantage of enhanced automation features that include 32 programmable elements for local control, remote control, protection latching, and automation latching. Local metering on the large format front-panel Liquid Crystal Display (LCD) eliminates the need for separate panel meters. Use serial and Ethernet links to efficiently transmit key information, including metering data, protection element and control I/O status, IEEE C37.118 Synchrophasors, IEC 61850 GOOSE messages, Sequential Events Recorder (SER) reports, breaker monitor, relay summary event reports, and time synchronization. Use expanded SELoGic[®] control equations with math and comparison functions in control applications. High-isolation control input circuits feature settable assertion levels for easy combinations of elements from other systems. Incorporate up to 1000 lines of automation logic (depending on the model) to speed and improve control actions.
- **Synchrophasors.** Make informed load dispatch decisions based on actual real-time phasor measurements from SEL-421 relays across your power system. Record streaming synchrophasor data from SEL-421 relays system-wide disturbance recording. Control the power system using local and remote synchrophasor data.

Functional Overview

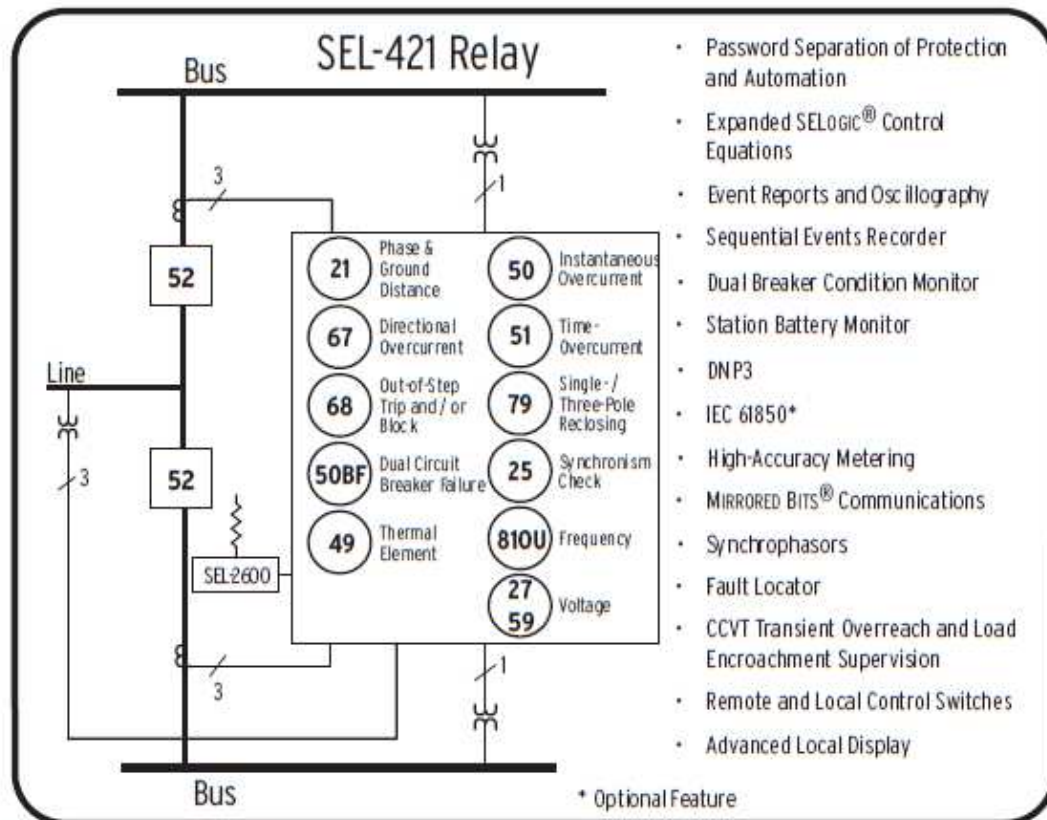


Figure 1 Functional Diagram

Protection Features

The SEL-421 contains all the necessary protective elements and control logic to protect overhead transmission lines and underground cables (see [Figure 1](#)). The relay simultaneously measures five zones of phase and ground distance plus five zones of phase and ground quadrilateral distance. These distance elements, together with optional high-speed directional and faulted phase selection and high-speed distance elements, are applied in communications-assisted and step-distance protection schemes. You can further tailor the relay to your particu-

lar application using expanded SELOGIC control equations. Performance times of the high-speed and standard distance elements for a range of faults, locations, and source impedance ratios (SIR) are shown in [Figure 2](#), [Figure 3](#), and [Figure 4](#). As transmission systems are pushed to operational limits by both competitive and regulatory pressures, line protection must be able to adapt to changing conditions. The SEL-421 is easy to set and use for typical lines, while the high-speed and logic settings make it applicable for critical and hard-to-protect lines.



10.3 TERMINAL DE TELEPROTECCIÓN

Especificaciones técnicas

Características generales

Principio de funcionamiento Canales analógicos y/o digitales

Capacidad

Sobre canales digitales De 1 a 8 órdenes
Sobre canales analógicos De 1 a 4 órdenes

Tiempo nominal de transmisión

Sobre canales digitales
Velocidad de transmisión 64 kbit/s De 2,1 ms a 15,66 ms
Velocidad de transmisión 2 Mbit/s (1 slot) De 2,1 ms a 7,8 ms
Sobre canales analógicos Programable entre 7 ms, 15 ms y 25 ms

Seguridad y obediencia

De acuerdo a la norma CEI 60834-1

Interfaces de línea

Digital

módulo IETU 64 kbit/s, G.703, V.35 o V.11 con conector SUB-D macho de 15 contactos
módulo IDTU E1/T1, G.703 con conector BNC
módulo IOTU 64 kbit/s, FO monomodo de 1300 nm con conector FC (emisora LASER)

Análoga

módulo IATU
Impedancia nominal 600Ω
Atenuación de reflexión > 20 dB
Nivel de emisión Programable entre -30 dBm y 0 dBm
Incremento de potencia Programable entre 0 dB y +6 dB
Sensibilidad del receptor Programable entre -40 dBm y 0 dBm

Entradas de orden

Entradas de orden digitales De acuerdo a la norma CEI 61850

Entradas de orden analógicas

Número de entradas Optoaisladas (módulo IPTU)
Programable de 1 a 16 entradas por orden
(2 entradas optoaisladas por módulo IPTU)
Tensión nominal de operación Seleccionable entre 24 Vcc, 48 Vcc, 110 Vcc y 220 Vcc.

Salidas de orden

Salidas de orden digitales De acuerdo a la norma CEI 61850

Salidas de orden analógicas

Número de salidas Por relé (módulo IPTU)
Programable de 1 a 16 salidas por orden
(2 relés de estado sólido por módulo IPTU)
Intensidad máxima 2 A en permanencia y 3 A durante un máximo de 20 s
Tensión máxima 300 Vcc

Alimentación

48 Vcc
110 Vcc o Vca a 220 Vcc o Vca
Posibilidad de operar con cualquier alimentación redundante

Consumo

Con 8 módulos IPTU: 1,5 A

Dimensiones

Altura: 133 mm; Anchura: 482 mm (19");
Profundidad: 370 mm



Características principales:

- Hasta cuatro órdenes sobre canales analógicos; enlaces de Ondas Portadoras, cables telefónicos, radioenlaces, etc.
- Hasta ocho órdenes sobre canales digitales; interfaces E1/T1 (G.703), 64 kbit/s (G.703, V.11 o V.35) y 64 kbit/s sobre fibra óptica
- Aplicable a esquemas de teleprotección por bloqueo, teledisparo directo y teledisparo permisivo, así como a sistemas de teleseñalización



Especificaciones técnicas

Peso mínimo	7,5 kg
Condiciones de funcionamiento Temperatura y humedad	De -5 °C a +55 °C y humedad relativa no superior al 95%, según CEI 721-3-3 clase 3HS (o climatograma 3HS)
Condiciones de almacenamiento	Según CEI 721-3-1, clase 1HS
Normativa aplicable	Cumple con la norma CEI 60834-1 Compatible con la norma CEI 61850 Cumple con las normas ANSI C37.90.1 y ANSI C37.90.2
Ordenador de gestión Tipo	Ordenador personal compatible (PC) con procesador Pentium III 350 MHz o superior
Sistema operativo Navegador Web	Windows 2000 o Windows XP Microsoft Internet Explorer v 5.5 o superior
Interfaces de gestión Gestión Web integrada	10/100Base-Tx con conector RJ-45 100Base-FX con conector MT-RJ
Gestión local basada en una interfaz Web	USB
Agente SNMP Protocolo SNMP	v1, v2c y v3
Funciones	Generación de notificaciones no confirmadas (traps) y confirmadas (informs) de alarmas y eventos del equipo. Este último tipo sólo es admitido para las versiones del protocolo v2c y v3. Consulta mediante un comando GET de determinados parámetros monitorizables del equipo, siendo éstos: • parámetros de red (IP, máscara de subred y puerta de enlace) • reloj interno y sincronización horaria • estado de los contadores de emisión y de recepción de orden y de los contadores de activaciones de entrada y de salida • estado señales de alarma • monitorización de eventos • relación Señal/Ruido en canal analógico Inicialización mediante comando SET de los contadores de emisión y de recepción de orden y de los contadores de activaciones de entrada y de salida Modificación mediante comando SET de los parámetros de red (IP, máscara de subred y puerta de enlace)
Supervisión mediante Agente SNMP	Posible desde una aplicación SNMP. Bajo demanda, puede suministrarse un Kit opcional para integración en HP Openview



Características principales:

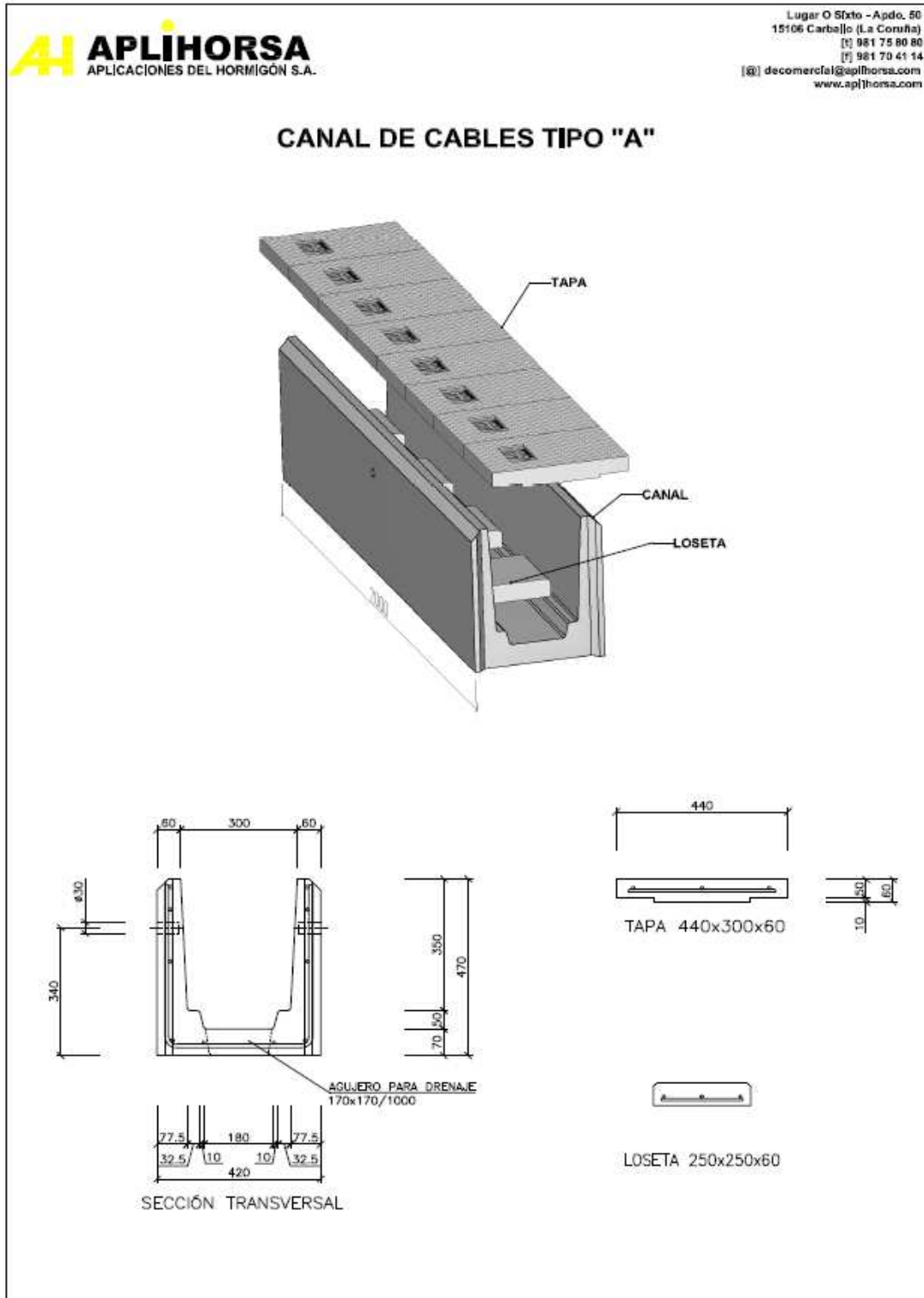
- Dos terminales de teleprotección independientes o un terminal con un canal principal y un canal de back-up
- Puerto IRIQ-B para sincronización GPS
- Supervisión del enlace
- Sistema de Gestión Web con interfaz LAN integrado en el equipo y Sistema de gestión local basado en una interfaz Web
- Prestaciones adicionales como pantalla LCD para los contadores de órdenes, fuente de alimentación redundante, cables apantallados para instalación en bloques de botes de fondo amarillo, etc.





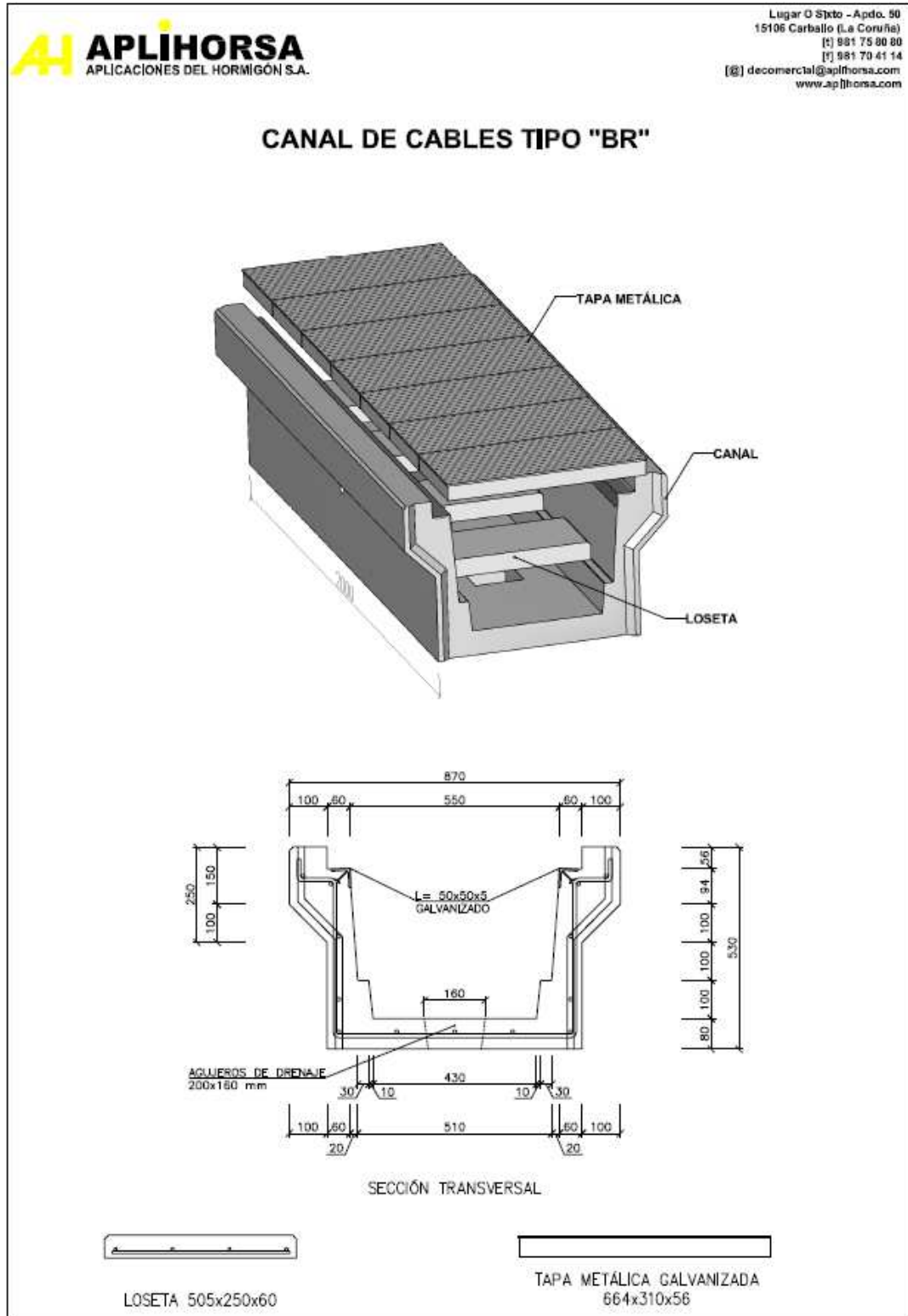
11 CANALIZACIONES

11.1 CANAL DE CABLES TIPO "A"





11.3 CANAL DE CABLES TIPO "BR"





DOCUMENTO 4: PRESUPUESTO

El siguiente presupuesto incluye las partidas necesarias para el diseño y ejecución del proyecto de la nueva subestación de 400/220 kV. En este presupuesto no se incluyen otros costes incurridos para la final realización de la instalación, como son los costes financieros, de gestión, administrativos y costes de terrenos, licencias y tasas.

1 PRESUPUESTO DESGLOSADO SUBESTACIÓN 400/220 kV

1.1 INGENIERÍA.....645.000 € (3 %)

1.2 MATERIALES.....16.948.884 €

1.2.1 Aparamenta y materiales de tensión 400 KV.....3.958.576 € (17,3 %)

	Medición	Precio unitario	Precio Total
Interruptores trifásicos	9 Uds.	120.000 €/Ud	1.080.000 €
Seccionadores trifásicos de calle y salida de posición	18 Uds.	54.000 €/Ud	972.000 €
Seccionadores pantógrafos trifásicos	6 Uds.	65.000 €/Ud	390.000 €
Transformadores de tensión	14 Uds.	8.500 €/Ud	119000 €
Transformadores de intensidad	27 Uds	15.500 €/Ud	418.500 €
Autoválvulas	18 Uds	6.600 €/Ud	118.800 €
Bobinas de bloqueo	4 Uds.	9.000 €/Ud	36.000 €
Embarrado tendido alto (Cable Duplex LAPWING)	830 m	5,83 €/m	4.839 €
Embarrado alto (tubo aluminio 250/228Ø)	360 m	112,06 €/m	40.342 €
Embarrado alto (tubo aluminio 150/132Ø)	1098 m	39,97 €/m	43.887 €



PFC: Subestación eléctrica de transporte 400 kV / 220 kV

Estructura metálica	469.600 kg	1,48 €/kg	695.008 €
Aisladores soporte embarrado principal C16-1425	24 Uds.	1.000 €/Ud	24.000 €
Aisladores soporte embarrado secundario C10-1425	18 Uds.	900 €/Ud	16.200 €

Tabla 22. Presupuesto aparamenta y materiales de tensión 400 KV

1.2.2 Aparamenta y materiales de tensión 220 KV..... 1.321.177 € (5,9 %)

	Medición	Precio unitario	Precio Total
Interruptores trifásicos	7 Uds.	60.000 €/Ud	420.000€
Seccionadores trifásicos de calle y salida posición	6 Uds.	15.200 €/Ud	91.200 €
Seccionadores pantógrafos trifásicos	14 Uds.	12.000 €/Ud	168.000 €
Transformadores de tensión	10 Uds.	4.000 €/Ud	40.000 €
Transformadores de intensidad	21 Uds.	7.500 €/Ud	157.500 €
Autoválvulas	12 Uds.	3.500 €/Ud	42.000 €
Bobinas de bloqueo	4 Uds.	7500 €/Ud	30.000 €
Embarrado tendido alto (Cable Duplex RAIL AW)	323 m	3,72 €/m	1.202 €
Embarrado alto (tubo aluminio 150/132Ø)	567 m	39,97 €/m	22.663 €
Embarrado alto (tubo aluminio 100/88Ø)	549 m	14,09 €/m	7.736 €
Estructura metálica	218.700 kg	1,48 €/kg	323.676 €
Aisladores soporte embarrado principal C10-1050	48 Uds.	250 €/Ud	12.000 €
Aisladores soporte embarrado secundario C6-1050	26 Uds.	200 €/Ud	5.200 €

Tabla 23. Presupuesto aparamenta y materiales de tensión 220 KV



1.2.3 Transformadores de potencia.....8.700.000 € (38 %)

	Medición	Precio unitario	Precio Total
Transformadores de Potencia monofásicos de 200 MVA	6 Uds.	1.450.000 €/Ud	8.700.000 €

Tabla 24. Presupuesto transformadores de potencia

1.2.4 Protecciones, control y comunicaciones.....2.969.131 (13 %)

- Bastidores cuadros y convertidores.....487.200 €
- Fibra óptica88.400 €
- Conmutación.....352.300 €
- Onda portadora156.600 €
- Control digital y remotas.....559.900 €
- Protecciones383.400 €

Protecciones de posición de línea	Medición	Precio unitario	Precio Total
Protección diferencial de línea	8 Uds.	9.000 €	72.000 €
Protección de distancia	8 Uds.	7.000 €	56.000 €
Protección de interruptor	13 Uds.	7.000 €	91.000 €

Tabla 25. Presupuesto de protecciones de posición de línea

Protecciones de posición de trafos de potencia	Medición	Precio unitario	Precio Total
Protección diferencial de trazo	4 Uds.	3.600 €/Ud	15.400 €.

Tabla 26. Presupuesto de protecciones de posición de trafos

	Medición	Precio unitario	Precio Total
Protección diferencial de barras	8 Uds.	20.000 €	160.000 €

Tabla 27. Presupuesto de protecciones diferenciales de barras



PFC: Subestación eléctrica de transporte 400 kV / 220 kV

Protección de posición acoplamiento	Medición	Precio unitario	Precio Total
Protección de interruptor	1 Ud.	7.000 €/Ud	7.000 €

Tabla 28. Presupuesto de protecciones de posición de acoplamiento

- Servicios auxiliares, baterías y alumbrado.....893.400 €
- Red de tierras.....47.931 €

	Medición	Precio unitario	Precio Total
Conductor cobre 120mm ²	13.580 m	2,7 €/m	36.666 €
Puntas Franklin	35 Uds.	300 €/Ud	10.500 €
Cable de tierra 7N7	796 m	0,96 €/Ud	765 €

Tabla 29. Presupuesto red de tierras

1.3 CONSTRUCCIÓN.....5.203.900 €

1.3.1 Obra civil.....3.006.100 € (13,2 %)

- Movimiento de tierras 1.247.800
- Obra civil de parques 1.278.300
- Edificio de control..... 120.000
- Casetas de relés (6 Uds)..... 300.000
- Caseta Centro de Transformación (2 Uds) 40.000
- Caseta residuos..... 20.000

1.3.2 Montaje electromecánico.....1.142.700 € (5 %)

1.3.3 Servicios diversos.....1.055.100 € (4,6 %)

- Supervisión e inspección de construcción 621.700
- Pruebas y puesta en servicio 163.600
- Almacenamiento y transporte 66.500
- Seguridad/vigilancia..... 99.500
- Adecuación medioambiental..... 103.800

TOTAL PRESUPUESTO 1.....22.797.784 euros



2 PRESUPUESTO DE SEGURIDAD Y SALUD LABORAL.

2.1 SEGURIDAD Y SALUD LABORAL.....44.900 €

TOTAL PRESUPUESTO 2.....44.900 euros

3 PRESUPUESTO TOTAL.

1. SUBESTACIÓN 400/220 kV.....22.797.784 €

2. SEGURIDAD Y SALUD LABORAL.....44.900 €

TOTAL.....22.842.684 euros

El presupuesto total de la Subestación asciende a VEINTIDÓS MILLONES OCHOCIENTOS CUARENTA Y DOS MIL SEISCIENTOS OCHENTA Y CUATRO EUROS.





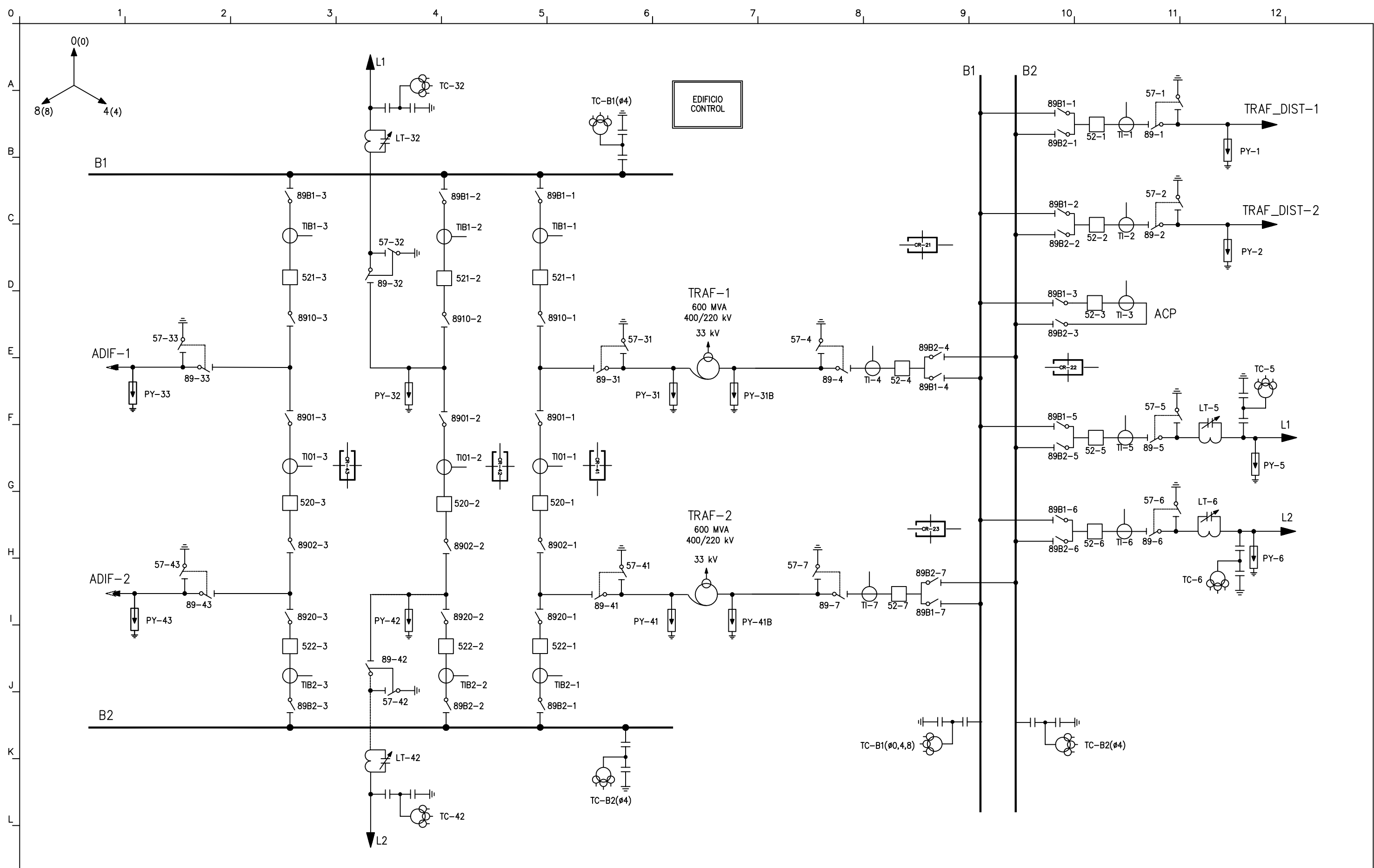
DOCUMENTO 5: PLANOS

En la siguiente tabla, se encuentran indicados todos los planos necesarios para la proyección de la subestación, cabe destacar la ausencia del plano principal en todo proyecto técnico, el plano de situación. Esto es así debido a que se ha proyectado una subestación tipo, que podrá ser ubicada en cualquier parcela que cumpla los requisitos ya mencionados.

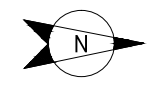
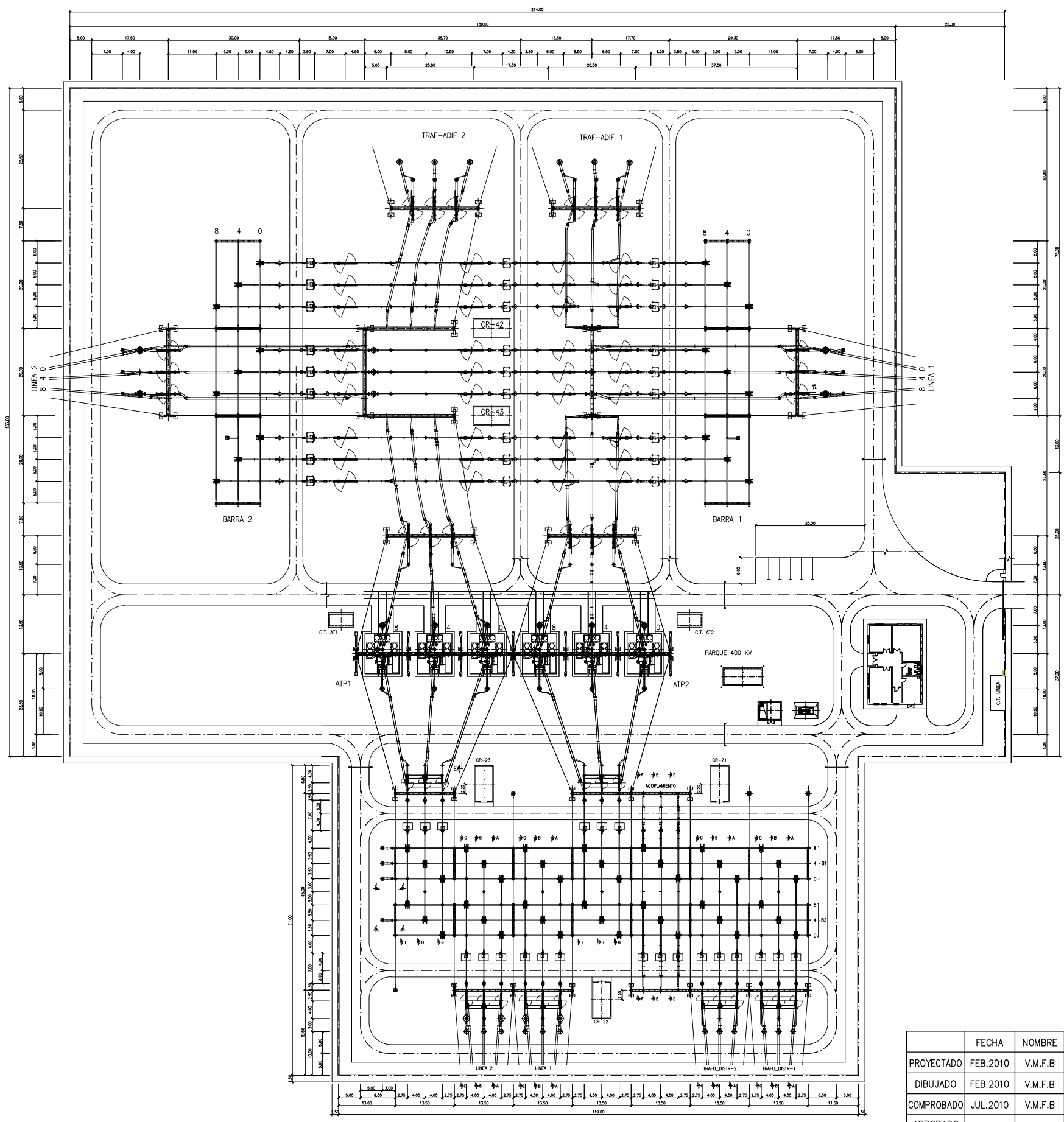
ÍNDICE DE PLANOS

TITULO DE PLANOS	Nº DE PLANO
1. Esquema unifilar simplificado (Sin escala)	UNIF1
2. Implantación general subestación 400/220 kV (Escala 1:1.000)	PGSUB1
3. Planta general parque 400 kV (Escala 1:800)	PG400
4. Planta general parque 220 kV (Escala 1:600)	PG220
5. Secciones generales. Parque 400 kV (Escala 1:500)	SECC400
6. Secciones generales. Parque 220 kV (Escala 1:500)	SECC220
7. Planta general parque 400 kV. Fundaciones y canales (Escala 1:800)	FYC400
8. Planta general parque 220 kV. Fundaciones y canales (Escala 1:600)	FYC220
9. Planta general parque 400 kV. Red de tierras (Escala 1:800)	RT400
10. Planta general parque 220 kV. Red de tierras (Escala 1:600)	RT220
11. Edificio de control. Planta distribución (Escala 1:100)	EDIF1
12. Edificio de control. Alzados (Escala 1:100)	EDIF2
13. Caseta de relés. Planta (Escala 1:100)	CASREL1
14. Caseta de relés. Secciones y detalles (Escala 1:100)	CASREL2


Tabla 30. Índice de planos

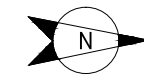
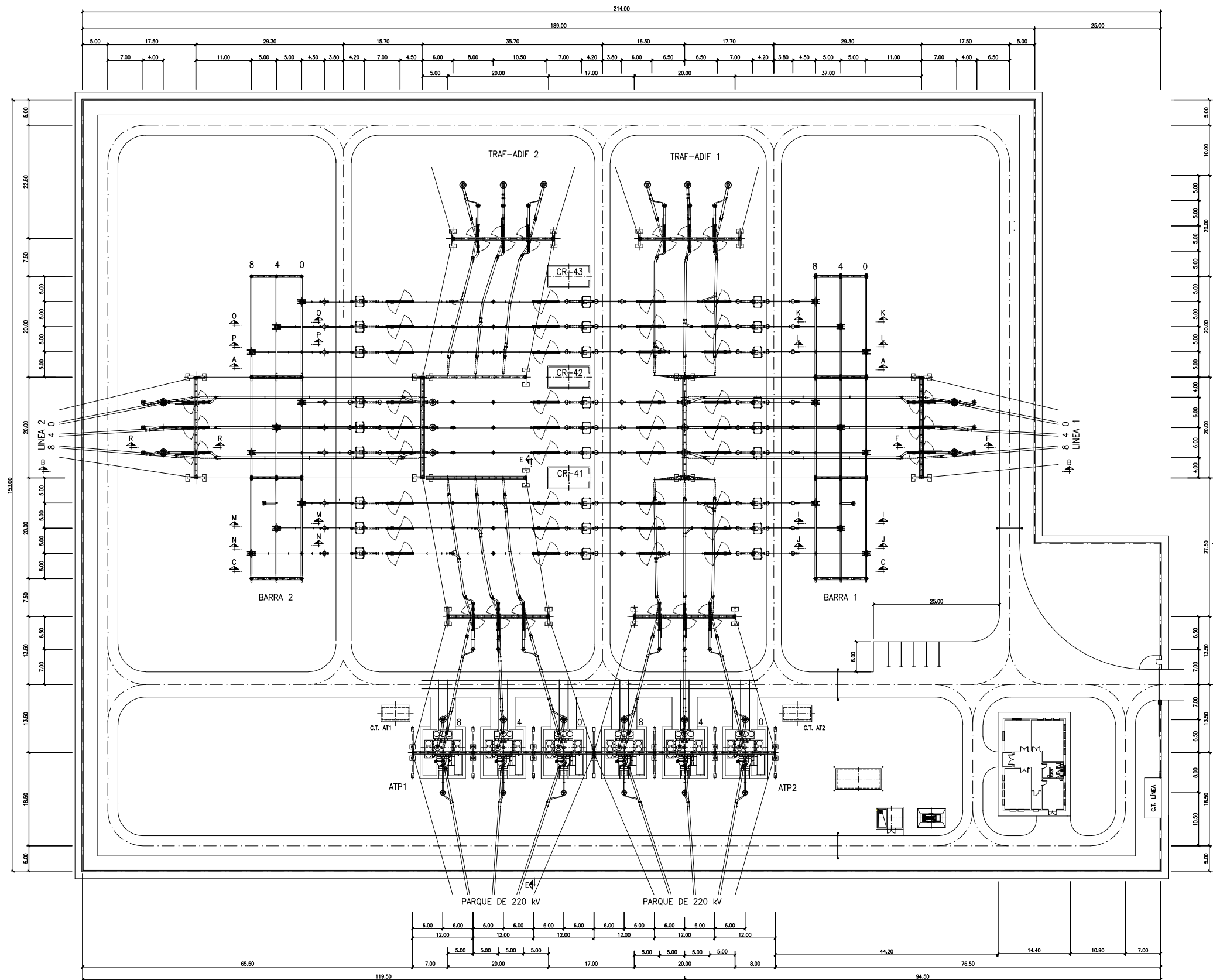


						FECHA	NOMBRE	INSTALACION	SUBESTACION DE TRANSPORTE 400/220 KV		 UNIVERSIDAD CARLOS III MADRID	
						PROYECTADO	FEB.2010					V.M.F.B
						DIBUJADO	FEB.2010					V.M.F.B
						COMPROBADO	JUL.2010	V.M.F.B	TITULO	FORMATO: DIN A3		
						APROBADO	SEP.2010	V.J.H.J		N°	UNIF1	A
REV.	FECHA	COMPROB.	MODIFICACION			REV.	FECHA	COMPROB.	ESCALA			ESQUEMA UNIFILAR SIMPLIFICADO
									S/E			
											HOJA 1 SIGUE -	



NOTAS:
 1.DIMENSIONES EN METROS.
 PLANOS DE REFERENCIA:
 SECC400 SECCIONES GENERALES PARQUE 400 KV

PROYECTADO	FECHA	NOMBRE	INSTALACION	SUBESTACION DE TRANSPORTE 400/220 KV	 UNIVERSIDAD CARLOS III MADRID			
DIBUJADO	FEB.2010	V.M.F.B						
COMPROBADO	JUL.2010	V.M.F.B	TITULO	PLANTA GENERAL SUBESTACION 400/220 KV	FORMATO: DIN A3			
APROBADO	SEP.2010	V.J.H.J			Nº	PGSUB1	-	
ESCALA	1:1000				HOJA	1	SIGUE	-

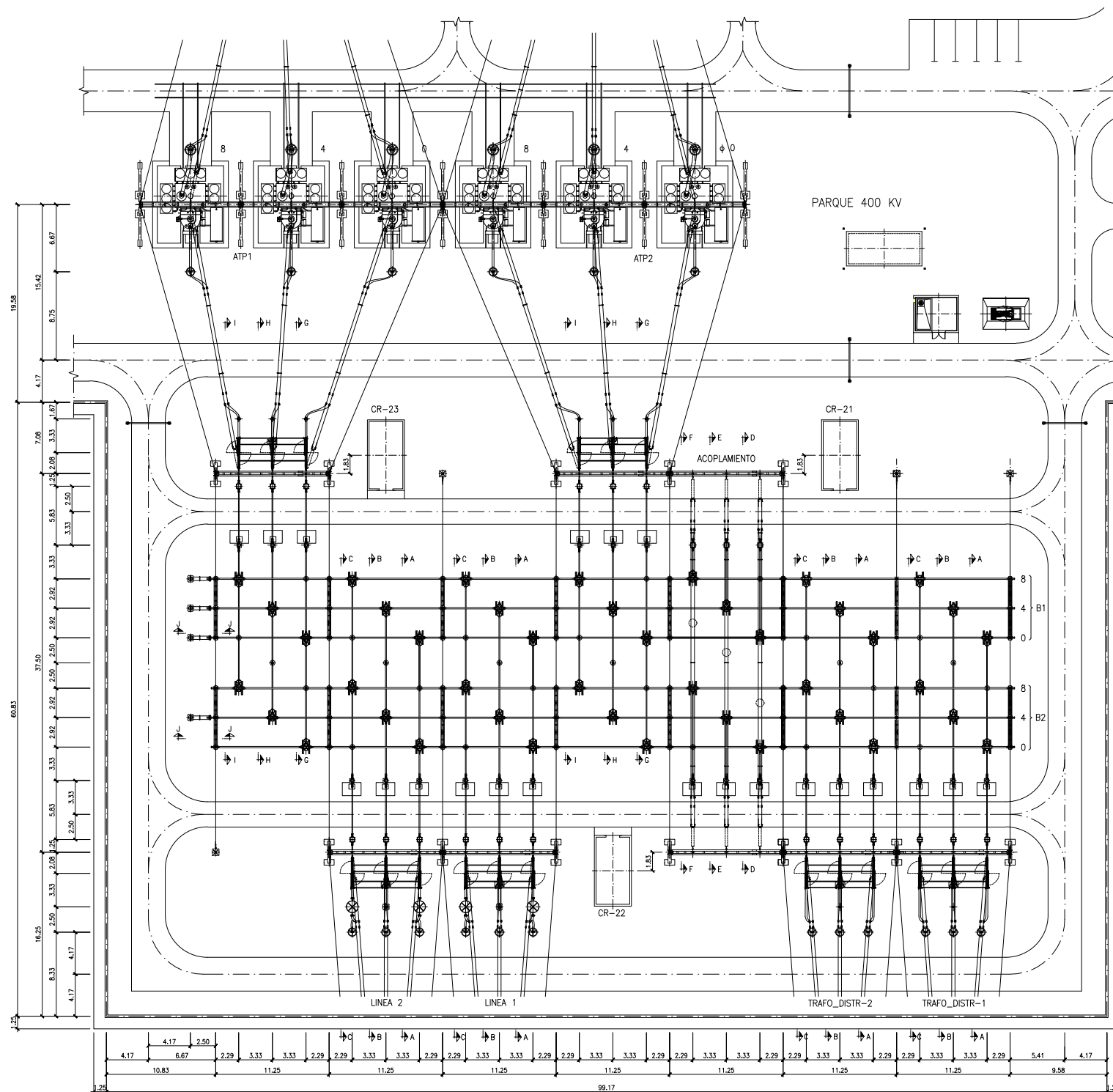


NOTAS:
1. DIMENSIONES EN METROS.

FECHA	NOMBRE	INSTALACION	SUBESTACION DE TRANSPORTE 400/220 KV
PROYECTADO FEB.2010	V.M.F.B		
DIBUJADO FEB.2010	V.M.F.B	TITULO	PLANTA GENERAL PARQUE 400 KV
COMPROBADO JUL.2010	V.M.F.B		
APROBADO SEP.2010	V.J.H.J		
ESCALA	1:800		




UNIVERSIDAD CARLOS III MADRID		
FORMATO: DIN A3		
Nº	PG400	-
HOJA 1	SIGUE	-

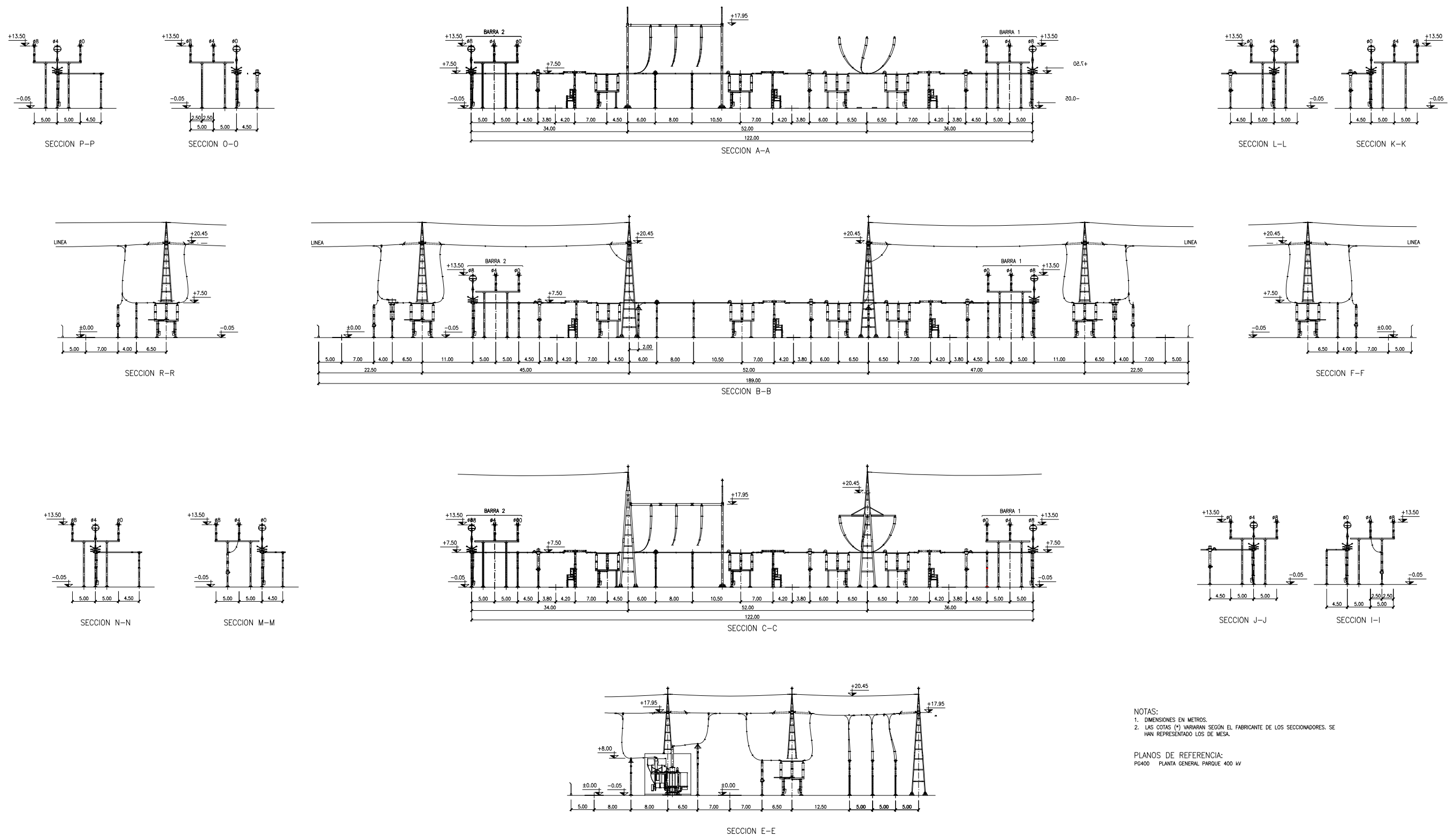


NOTAS:

1. DIMENSIONES EN METROS.
2. LA PRESENTACION ESTA REALIZADA CON SECCIONADORES DE FABRICACION MESA Y LOS INTERRUPTORES DE SIEMENS, DEBIENDO REPRESENTAR EN CADA SUBESTACION EL APARELLAJE DEFINITIVO A INSTALAR.
3. CUANDO SEA NECESARIA MEDIDA FISCAL, SE INSTALARAN TRAFOS DE INTENSIDAD Y TRAFOS DE TENSION INDUCTIVOS ESPECIFICOS EN LA POSICION DE TRANSFORMADOR O DE LINEA.
4. EN EL CASO DE QUE LA SUBESTACION PUEDA SER AMPLIADA POR AMBOS EXTREMOS LOS TRAFOS DE TENSION DE BARRAS SE UBICARAN EN UNA POSICION SIMILAR A LA REPRESENTADA.


PLANOS DE REFERENCIA:
SECC220 SECCIONES GENERALES PARQUE DE 220 KV

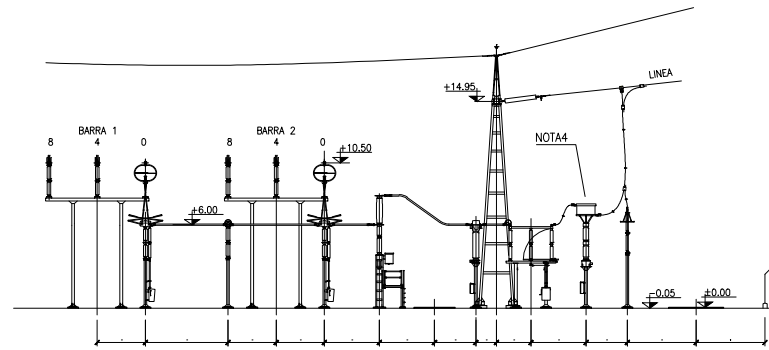
FECHA	NOMBRE	INSTALACION	 UNIVERSIDAD CARLOS III MADRID	
PROYECTADO	V.M.F.B	SUBESTACION DE TRANSPORTE 400/220 KV		
DIBUJADO	V.M.F.B	TITULO	FORMATO: DIN A3	
COMPROBADO	V.M.F.B	PLANTA GENERAL PARQUE 220 KV	Nº	PG220
APROBADO	V.J.H.J		HOJA	1
ESCALA	1:600			Rev.



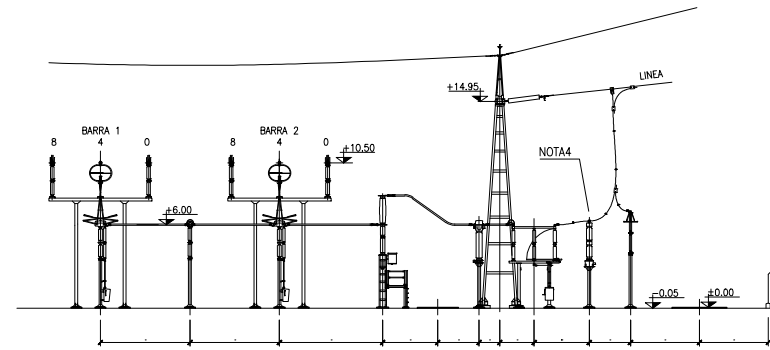
NOTAS:
 1. DIMENSIONES EN METROS.
 2. LAS COTAS (*) VARIARAN SEGÚN EL FABRICANTE DE LOS SECCIONADORES. SE HAN REPRESENTADO LOS DE MESA.

PLANOS DE REFERENCIA:
 PG400 PLANTA GENERAL PARQUE 400 kV

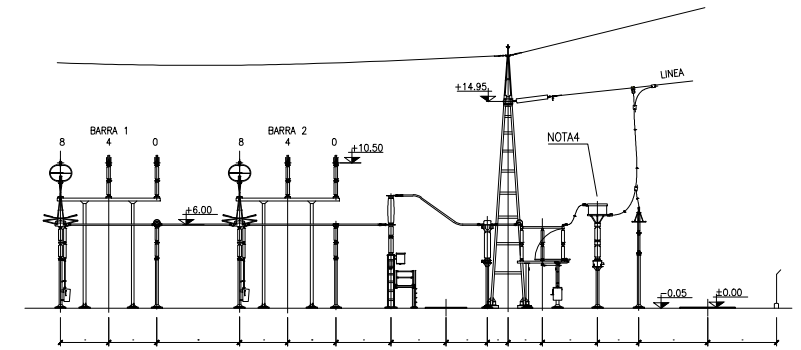
	FECHA	NOMBRE	INSTALACION	 UNIVERSIDAD CARLOS III MADRID	
PROYECTADO	FEB.2010	V.M.F.B	SUBESTACION DE TRANSPORTE 400/220 KV		
DIBUJADO	FEB.2010	V.M.F.B	TITULO	FORMATO: DIN A3	
COMPROBADO	JUN.2010	V.M.F.B	SECCIONES PRINCIPALES PARQUE 400 KV	Nº	SECC400
APROBADO	SEP.2010	V.J.H.J		HOJA	1
ESCALA	1:500			0	Rev.



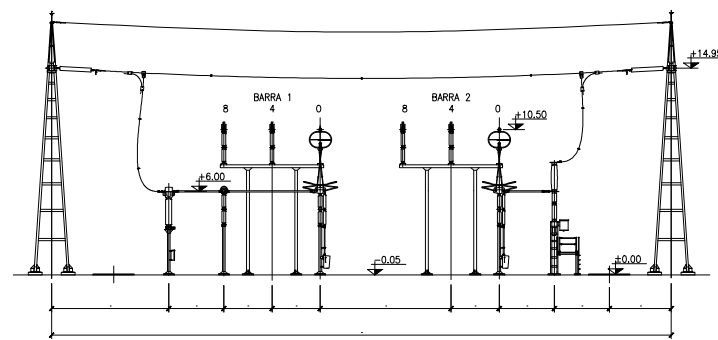
SECCION A-A
FASE 0



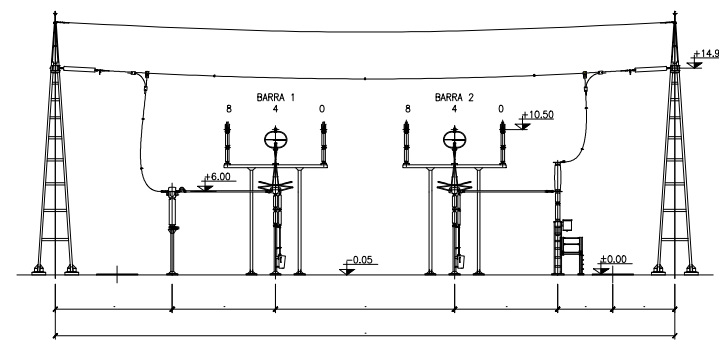
SECCION B-B
FASE 4



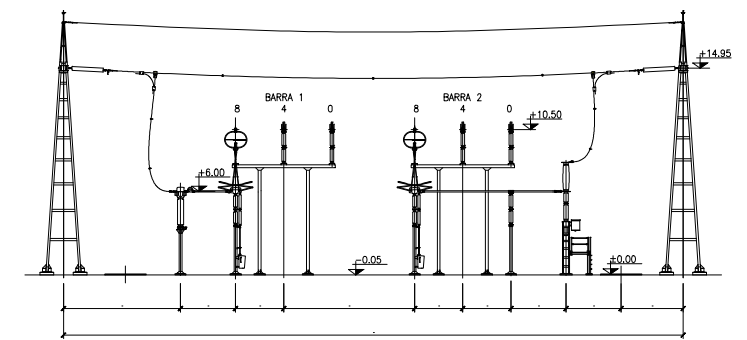
SECCION C-C
FASE 8



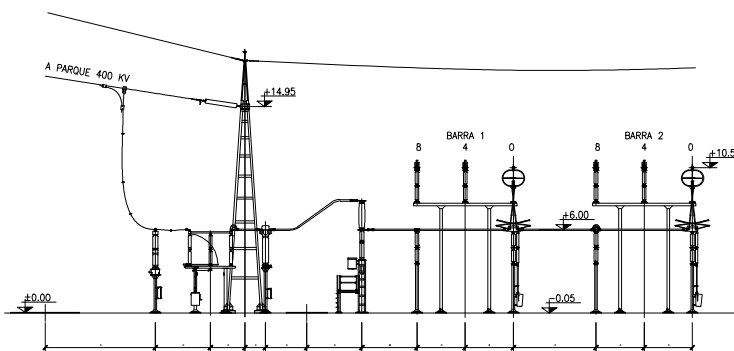
SECCION D-D
FASE 0



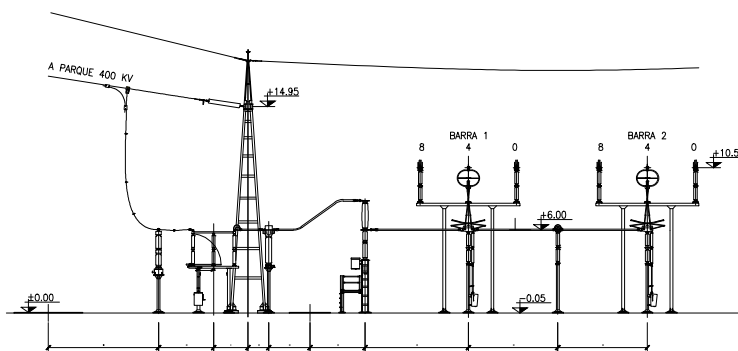
SECCION E-E
FASE 4



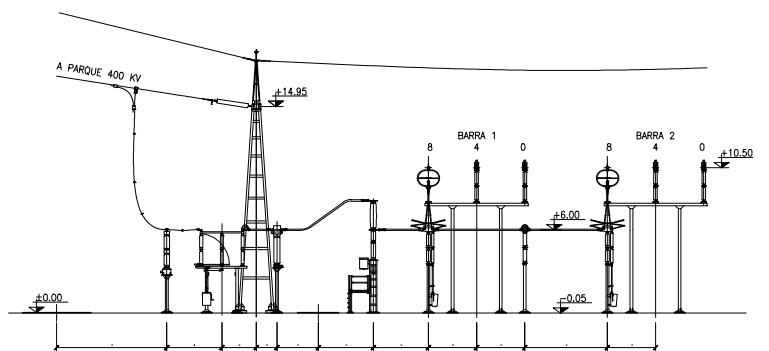
SECCION F-F
FASE 8



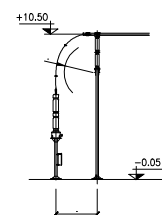
SECCION G-G
FASE 0



SECCION H-H
FASE 4



SECCION I-I
FASE 8




SECCION J-J

NOTAS:

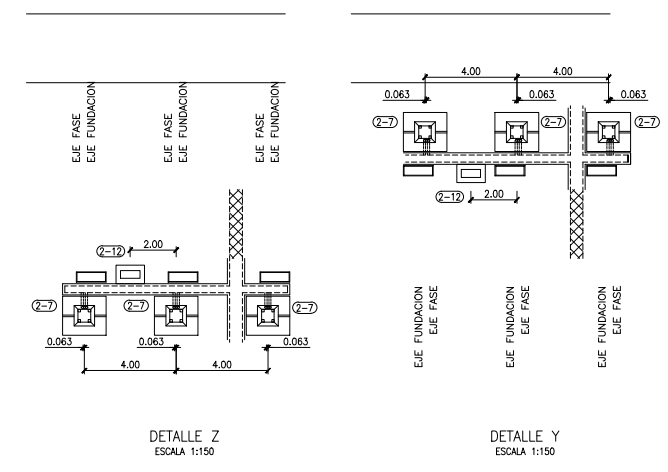
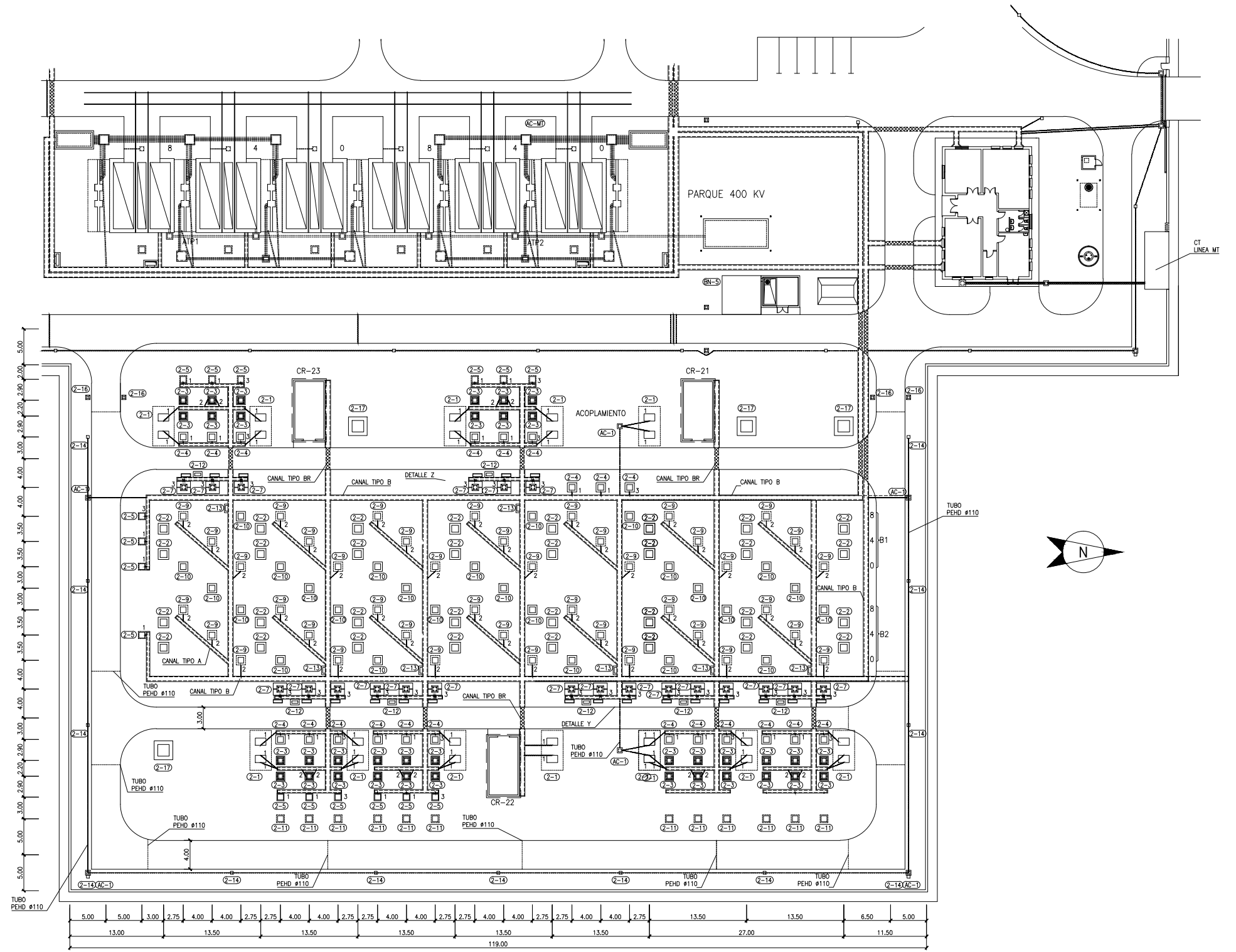
1. DIMENSIONES EN METROS.
2. LA PRESENTACION ESTA REALIZADA CON SECCIONADORES DE FABRICACION MESA Y LOS INTERRUPTORES DE SIEMENS, DEBIENDO REPRESENTAR EN CADA SUBESTACION EL APARELLAJE DEFINITIVO A INSTALAR.
3. CUANDO SEA NECESARIA MEDIDA FISCAL, SE INSTALARAN TRAFOS DE INTENSIDAD Y TRAFOS DE TENSION INDUCTIVOS ESPECIFICOS EN LA POSICION DE TRANSFORMADOR O DE LINEA.
4. EN CALLE 1 Y 2 PERTENECIENTE A TRAFIO DISTRIBUCION NO HABRA BOBINA DE BLOQUEO NI TRAFIO DE TENSION

PLANOS DE REFERENCIA:

- PG220 PLANTA GENERAL PARQUE DE 220 KV
- PG400220 PLANTA GENERAL SUBESTACION 400/220 KV


PROYECTADO	FEB.2010	V.M.F.B	INSTALACION	SUBESTACION DE TRANSPORTE 400/220 KV	 UNIVERSIDAD CARLOS III MADRID
DIBUJADO	FEB.2010	V.M.F.B			
COMPROBADO	JUN.2010	V.M.F.B	TITULO	SECCIONES PRINCIPALES PARQUE 220 KV	FORMATO: DIN A3
APROBADO	SEP.2010	V.J.H.J			N°
ESCALA	1:500				HOJA 1 SIGUE -

POS.	CANT.	DENOMINACION	PLANO N°	OBSERVACIONES
2-1	10	PILAR PORTICO PRINCIPAL 220 KV	---	---
2-2	24	PORTICO BARRAS PRINCIPALES	---	---
2-3	24	SECCIONADOR ROTATIVO 220 KV	---	---
2-4	15	TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD	---	---
2-5	16	TRINCO DE TENSION CAPACITIVO 220 KV	---	---
2-7	15	INTERRUPTOR	---	---
2-9	30	SECCIONADOR PANTOGRAFO	---	---
2-10	18	ASLADOR DE APOYO	---	---
2-11	6	ALTOVALVULA 220 KV	---	---
2-12	5	ARMARIO CENTRALIZACION INTERRUPTOR	---	---
2-13	5	ARMARIO CENTRALIZACION FUERZA Y CONTROL	---	---
2-14	13	COLUMNA DE ALUMBRADO	---	---
2-16	4	SOPORTE GALBO	---	---
2-17	2	FUNDACION TORRE PUNTA FRANKLIN	---	---
AC-1	6	ARQUETA TIPICA PARA CABLES	---	---
BN-5	1	LOSA DESMONTAJE	---	---

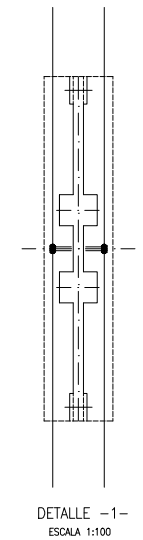
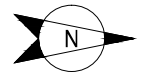
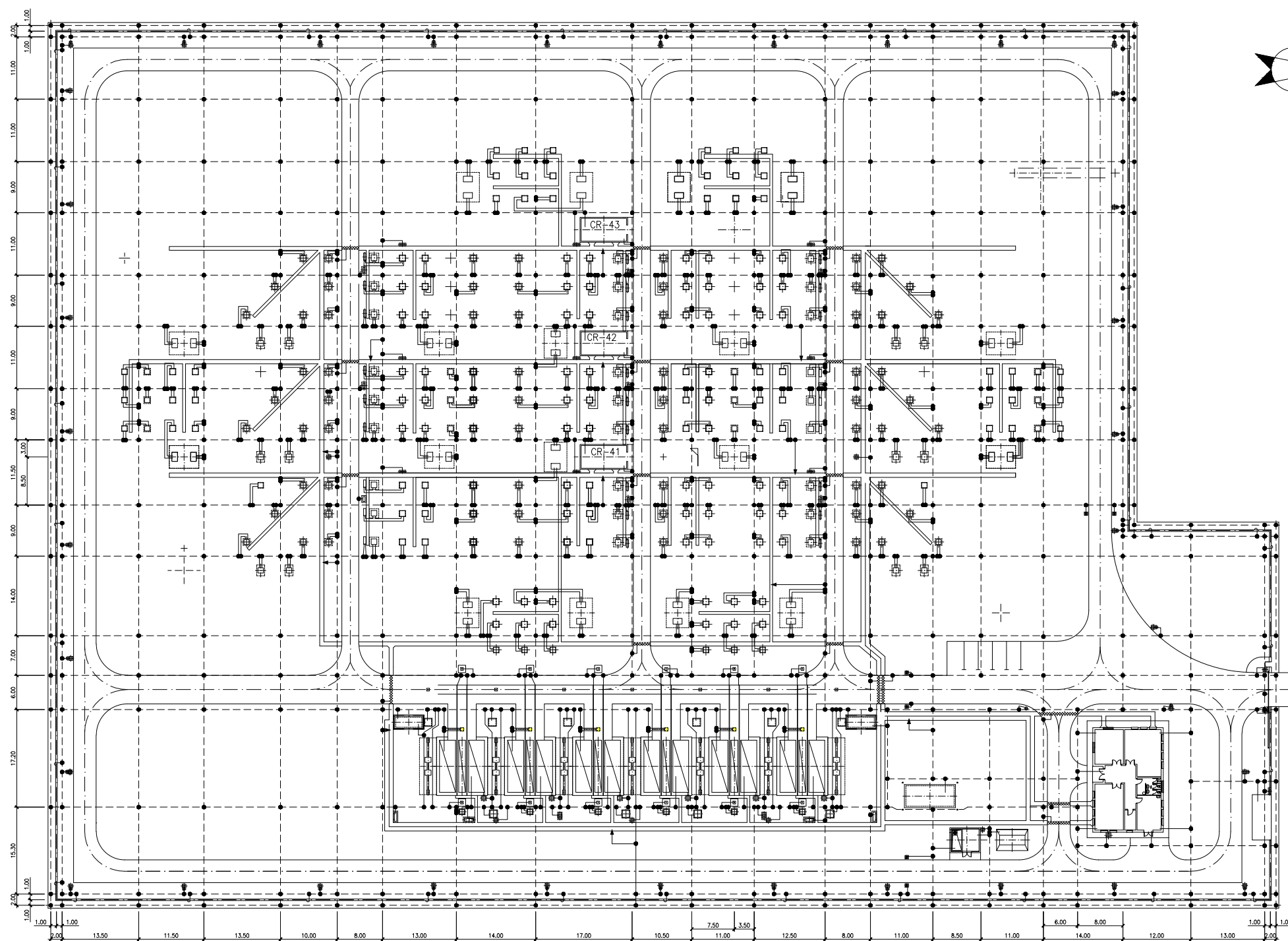


NOTAS:
 1. DIMENSIONES EN METROS.
 2. SE HAN REPRESENTADO ORIENTACIONES DE SECCIONADORES DE MESA E INTERRUPTORES DE ABB. PARA OTROS FABRICANTES VER DETALLES DE CIMENTACIONES.
 3. LA CIFRA INDICADA EN ALGUNAS FUNDACIONES (1,2,3,...) CORRESPONDE AL NUMERO DE TUBOS DE #90mm NECESARIOS SEGUN DETALLE DE LA FUNDACION CORRESPONDIENTE.

PLANOS DE REFERENCIA:
 PG220 PLANTA GENERAL PARQUE 220 KV
 SECC220 SECCIONES GENERALES PARQUE 220 KV

PROYECTADO	FECHA	NOMBRE	INSTALACION	SUBESTACION DE TRANSPORTE 400/220 KV	 UNIVERSIDAD CARLOS III MADRID	
DIBUJADO	FEB.2010	V.M.F.B				
COMPROBADO	JUN.2010	V.M.F.B	TITULO	PLANTA GENERAL PARQUE 220 KV FUNDACIONES Y CANALES	FORMATO: DIN A3	
APROBADO	SEP.2010	V.J.H.J	ESCALA		N°	FYC220
		1:600			HOJA 1	SIGUE -

RELACION DE MATERIALES					
CODIGO	POS.	CANT.	DENOMINACION	PLANO N°	OBSERVACIONES
3050033	C-5	9650 m	CABLE Cu 120 mm ² DESNUDO	---	---
---	T-31	847	SOLDADURA ALUMINOTERMICA EN "T" PARA CABLES DE Cu DESNUDOS DE 120 mm ²	---	---
---	T-32	310	SOLDADURA ALUMINOTERMICA EN CRUZ PARA CABLES DE Cu DESNUDOS DE 120 mm ²	---	---

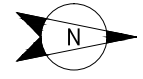
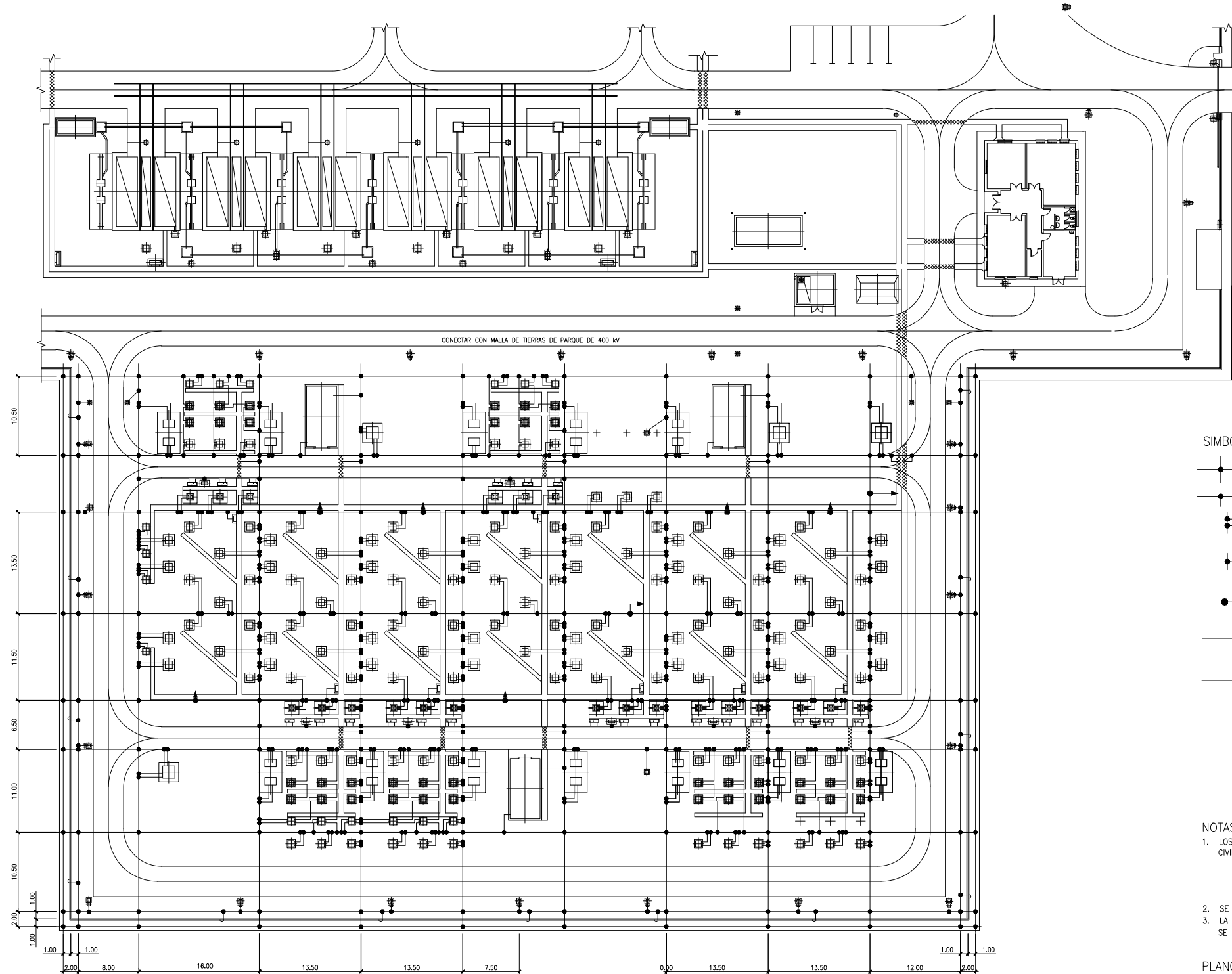


- SIMBOLOS**
- SOLDADURA ALUMINOTERMICA EN CRUZ O EN "T"
 - CONEXION A ESTRUCTURA
 - CONEXION A CERRAMIENTO
 - CONEXION A RED DE TIERRAS DE ACOMPAÑAMIENTO (HASTA DENTRO DE CANAL DE CABLES CERCANO)
 - MALLA PRINCIPAL DE CABLE DE Cu DE 120 mm² A 60 cm DE PROFUNDIDAD (SE EJECUTARA PREFERENTEMENTE DURANTE LOS TRABAJOS DE MOVIMIENTO DE TIERRA).
 - CONEXIONES CON LA MALLA PRINCIPAL CON CABLE DE Cu DE 120 mm² (SE REALIZARAN DURANTE LOS TRABAJOS DE OBRA CIVIL):
 - PARA LOS SOPORTES DE APARAMENTA SE DEJARAN LATIGUILLOS DE 1.50 m DE LONGITUD EN LA CIMENTACIÓN.
 - PARA LAS COLUMNAS PRINCIPALES SE DEJARAN LATIGUILLOS DE 2.0 m DE LONGITUD EN LA CIMENTACIÓN.
 - EN LOS MUROS CORTAFUEGOS SE DEJARAN LATIGUILLOS DE 2.50 m DE LONGITUD APROXIMADA EN AMBOS LADOS A LA ALTURA DEL EJE CENTRAL (DETALLE 1).

- NOTAS:**
1. LOS SIGUIENTES ELEMENTOS DEBERAN SER CONECTADOS A LA MALLA DE TIERRAS DENTRO DE LOS TRABAJOS DE OBRA CIVIL:
 - CERCOS METÁLICOS DE ARQUETAS (TANTO DE CABLES COMO DE DRENAJE) Y CANALES REFORZADOS
 - CERRAMIENTO APROXIMADAMENTE CADA 20 m
 - MUERTOS DE ARRASTRE
 - RAILES DE VIALES DE RODADURA
 - CIMENTACIONES DE EDIFICIOS Y CASETAS
 2. SE DARÁ CONTINUIDAD EN LAS CASETAS Y EDIFICIO A LAS ARMADURAS DE MURO DE CIMENTACIÓN Y SOLERA
 3. LA SITUACIÓN DE LAS CONEXIONES CON LA ESTRUCTURA EN CADA CIMENTACIÓN ES ORIENTATIVA. EN CADA PROYECTO SE HARÁN COINCIDIR CON EL LADO INDICADO EN LOS PLANOS DE MONTAJE DE CADA EQUIPO
 4. AL INTERIOR DE LAS ARQUETAS DE P. a T. DE LOS NEUTROS SE LLEVARAN ADEMAS 4 CABLES DE Cu DE 120 mm²

FECHA	NOMBRE	INSTALACION	SUBESTACION DE TRANSPORTE 400/220 KV PLANTA GENERAL PARQUE 400 KV RED DE TIERRAS	UNIVERSIDAD CARLOS III MADRID
PROYECTADO	FEB.2010	V.M.F.B		
DIBUJADO	FEB.2010	V.M.F.B		
COMPROBADO	JUL.2010	V.M.F.B		
APROBADO	SEP.2010	V.J.H.J		
ESCALA	1:800		TITULO	FORMATO: DIN A3 N° RT400 HOJA 1 SIGUE -

RELACION DE MATERIALES					
CODIGO	POS.	CANT.	DENOMINACION	PLANO N°	OBSERVACIONES
3050033	C-5	3930 m.	CABLE Cu 120 mm2 DESNUDO	---	---
---	T-31	405	SOLDADURA ALUMINOTERMICA EN "T" PARA CABLES DE Cu DESNUDOS DE 120 mm2	---	---
---	T-32	72	SOLDADURA ALUMINOTERMICA EN CRUZ PARA CABLES DE Cu DESNUDOS DE 120 mm2	---	---




SIMBOLOS

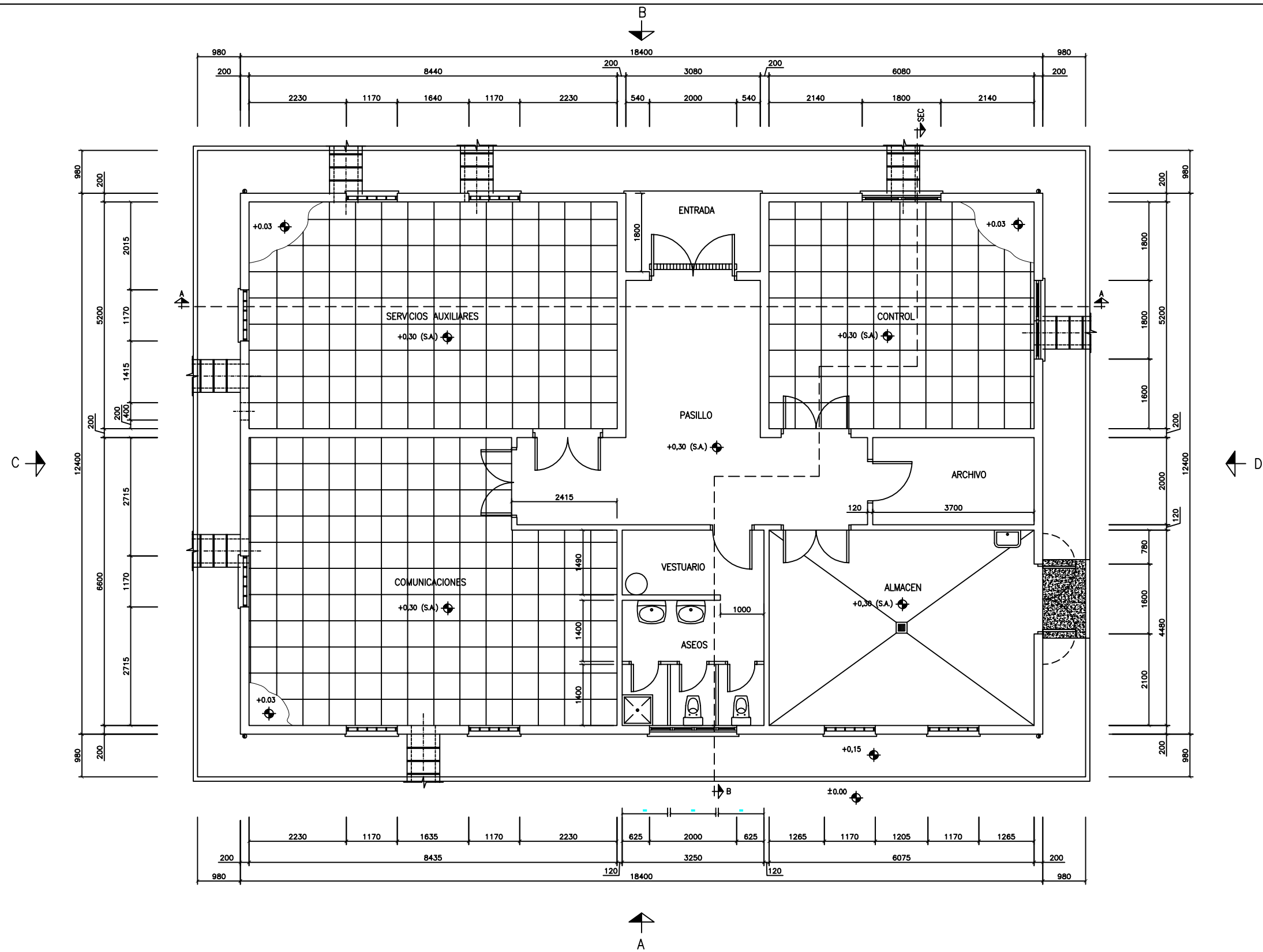
- SOLDADURA ALUMINOTERMICA EN CRUZ O EN "T"
- CONEXION A ESTRUCTURA
- CONEXION A CERRAMIENTO
- CONEXION A RED DE TIERRAS DE ACOMPAÑAMIENTO (HASTA DENTRO DE CANAL DE CABLES CERCANO)
- MALLA PRINCIPAL DE CABLE DE Cu DE 120 mm2 A 60 cm DE PROFUNDIDAD (SE EJECUTARA PREFERENTEMENTE DURANTE LOS TRABAJOS DE MOVIMIENTO DE TIERRA).
- CONEXIONES CON LA MALLA PRINCIPAL CON CABLE DE Cu DE 120 mm2 (SE REALIZARAN DURANTE LOS TRABAJOS DE OBRA CIVIL):
 -PARA LOS SOPORTES DE APARATA SE DEJARAN LATIGUILLOS DE 1.50 m DE LONGITUD EN LA CIMENTACIÓN.
 -PARA LAS COLUMNAS PRINCIPALES SE DEJARAN LATIGUILLOS DE 2.0 m DE LONGITUD EN LA CIMENTACIÓN.

NOTAS:

1. LOS SIGUIENTES ELEMENTOS DEBERÁN SER CONECTADOS A LA MALLA DE TIERRAS DENTRO DE LOS TRABAJOS DE OBRA CIVIL:
 - PUERTAS CASETAS
 - CERCOS METÁLICOS DE ARQUETAS (TANTO DE CABLES COMO DE DRENAJE) Y CANALES REFORZADOS
 - CERRAMIENTO APROXIMADAMENTE CADA 20 m
 - CIMENTACIONES DE CASETAS
2. SE DARÁ CONTINUIDAD EN LAS CASETAS A LAS ARMADURAS DE MURO DE CIMENTACIÓN Y SOLERA
3. LA SITUACIÓN DE LAS CONEXIONES CON LA ESTRUCTURA EN CADA CIMENTACIÓN ES ORIENTATIVA. EN CADA PROYECTO SE HARÁN COINCIDIR CON EL LADO INDICADO EN LOS PLANOS DE MONTAJE DE CADA EQUIPO

PLANOS DE REFERENCIA:
 PG220 PLANTA GENERAL PARQUE 220 kV
 SECC220 SECCIONES GENERALES PARQUE 220 kV

PROYECTADO	FECHA	NOMBRE	INSTALACION	SUBESTACION DE TRANSPORTE 400/220 KV	 UNIVERSIDAD CARLOS III MADRID			
DIBUJADO	FEB.2010	V.M.F.B						
COMPROBADO	FEB.2010	V.M.F.B	TITULO	PLANTA GENERAL PARQUE 220 KV RED DE TIERRAS	FORMATO: DIN A3			
APROBADO	JUN.2010	V.M.F.B						
ESCALA	SEP.2010	V.J.H.J	1:600		N°	RT220	-	
					HOJA	1	SIGUE	-



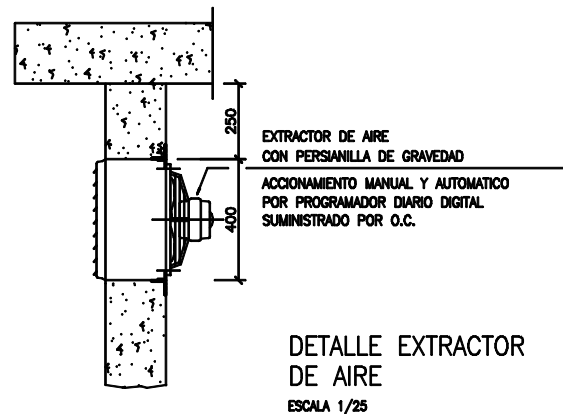
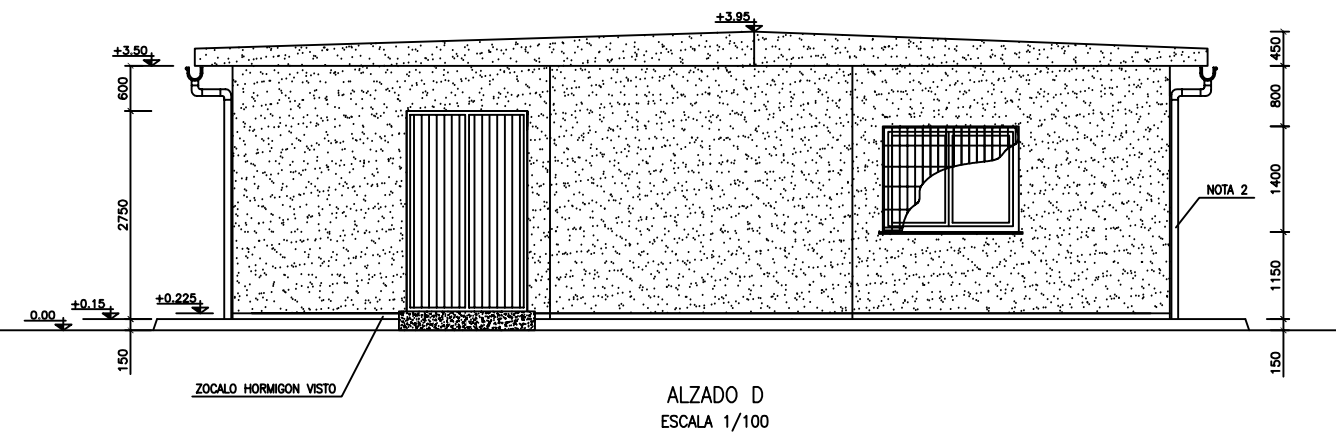
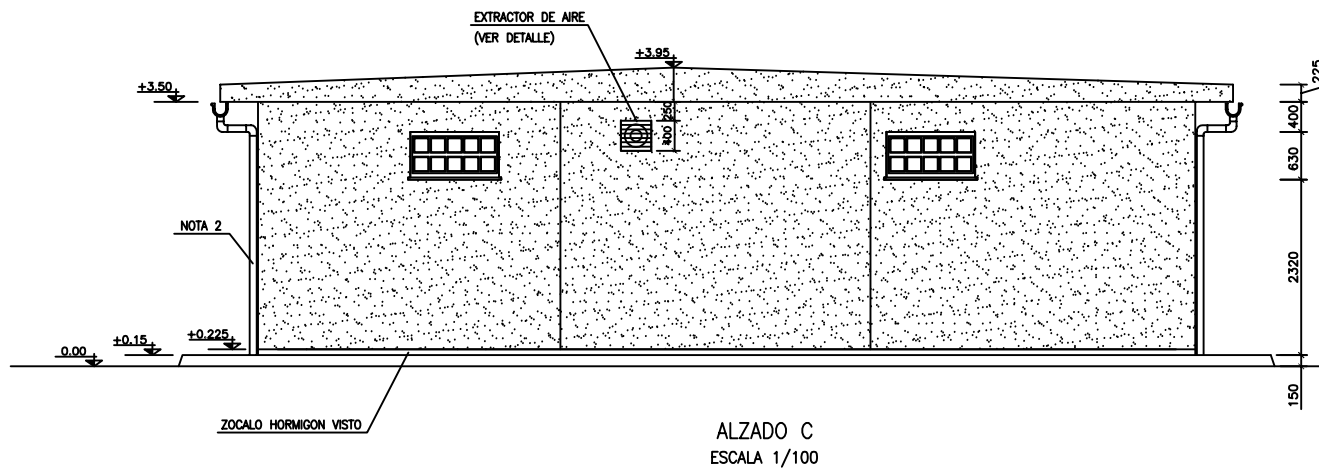
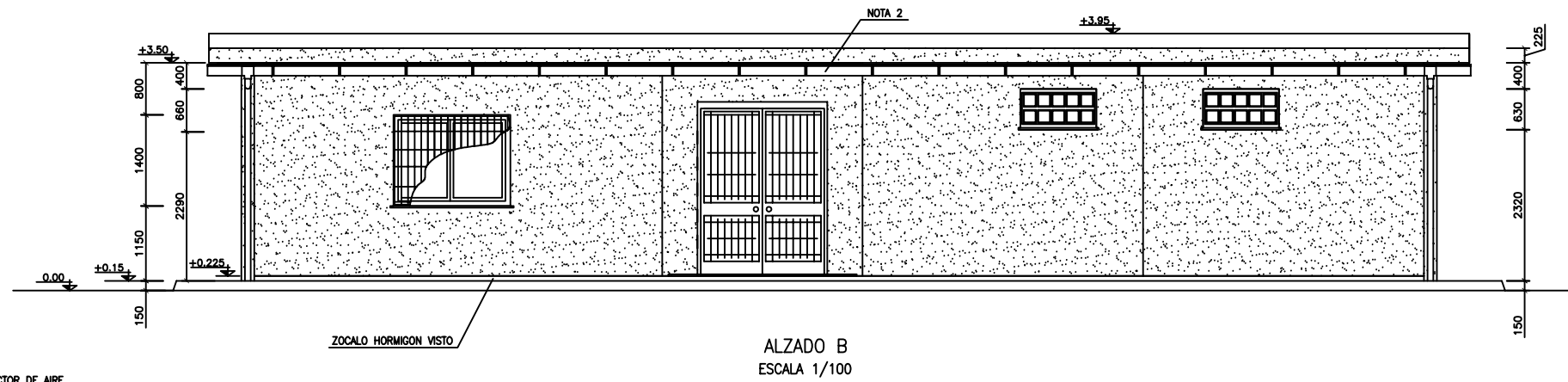
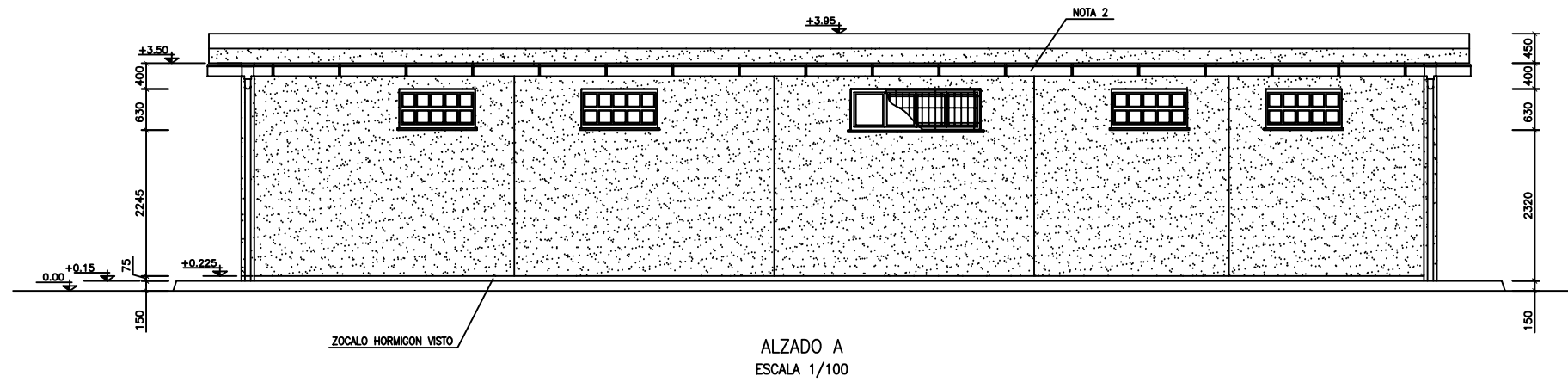
- NOTAS:
- 1.- TODAS LAS COTAS ESTÁN EN MILIMETROS, SALVO LAS ELEVACIONES QUE ESTAN EN METROS (SALVO INDICACIÓN CONTRARIA).
 - 2.- TODOS LOS EQUIPOS QUE SE INSTALEN, SE CONECTARÁN A LA TOMA DE TIERRA GENERAL A TRAVÉS DE LAS DERIVACIONES PREVISTAS, EN LAS DISTINTAS DEPENDENCIAS.
 - 3.- ANTES DE COMENZAR A CONSTRUIR, SE COMPROBARÁ QUE SE CUMPLEN LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD ENTRE ESTE EDIFICIO Y LAS PARTES MÁS PRÓXIMAS EN TENSIÓN.
 - 4.- LA DISTRIBUCIÓN DEL EDIFICIO SE PODRÁ REPLANTEAR SIMÉTRICAMENTE RESPECTO A LOS EJES VERTICAL Y HORIZONTAL, SEGÚN LAS NECESIDADES DE IMPLANTACIÓN.

LEYENDA

	Terreno compactado al 95% PM
	Encachado de piedra
(S.A.)	Suelo acabado
(S.E.)	Suelo estructural
(A.C.)	Ambas caras
(HL)	Hormigón de limpieza
(TIP)	Típico

	FECHA	NOMBRE	INSTALACION
PROYECTADO	FEB.2010	V.M.F.B	SUBESTACION DE TRANSPORTE 400/220 KV
DIBUJADO	FEB.2010	V.M.F.B	
COMPROBADO	FEB.2010	V.M.F.B	EDIFICIO DE CONTROL PLANTA DISTRIBUCIÓN
APROBADO	FEB.2010	V.J.H.J	
ESCALA	1/100		

		UNIVERSIDAD CARLOS III MADRID	
		FORMATO: DIN A3	
Nº	EDIF1	-	
HOJA	1	SIGUE	-



EXTRACTOR DE AIRE
CON PERSIANILLA DE GRAVEDAD
ACCIONAMIENTO MANUAL Y AUTOMATICO
POR PROGRAMADOR DIARIO DIGITAL
SUMINISTRADO POR O.C.

DETALLE EXTRACTOR
DE AIRE
ESCALA 1/25

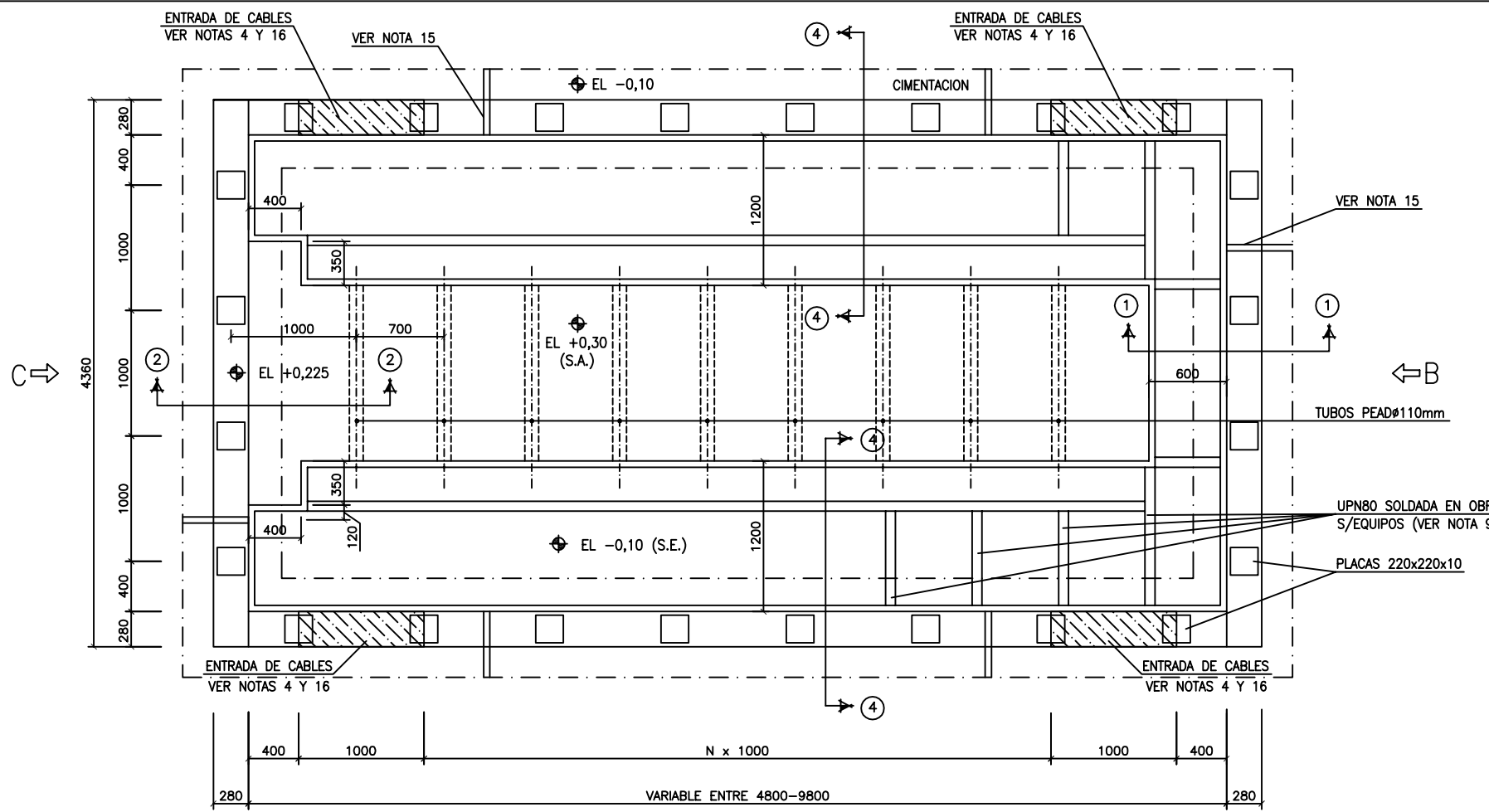
NOTAS:

- 1.- COTAS EN mm. ELEVACIONES EN m.
- 2.- CANALON CIRCULAR DE PVC, DESARROLLO D=33cm, TIPO FERROPLAST O SIMILAR, CON PENDIENTE HACIA LAS BAJANTES DE PVC DIAMETRO NOMINAL 90mm. SITUADAS EN LOS EXTREMOS DE LOS ALZADOS CON PENDIENTE DE CUBIERTA. EL CANALON IRA COLOCADO EN TODA LA LONGITUD DEL ALZADO EN SU PARTE DE CUBIERTA CON SOBREMEDIDA EN LAS TERMINACIONES. LAS BAJANTES SE CONECTARAN A ARQUETAS DE RECOGIDA DE PLUMALES SITUADAS EN LA ACERA Y ESTAS AL SISTEMA DE DRENAJE O AL DEPOSITO DE AGUA EN SU CASO. EL SISTEMA DE INSTALACION Y FIJACION DEL CANALON, BAJANTES Y ACCESORIOS SE REALIZARA SEGUN LAS RECOMENDACIONES DEL FABRICANTE.

	FECHA	NOMBRE	INSTALACION
PROYECTADO	FEB.2010	V.M.F.B	
DIBUJADO	FEB.2010	V.M.F.B	
COMPROBADO	SEP.2010	V.M.F.B	TITULO
APROBADO	SEP.2010	V.J.H.J	
ESCALA	1/100		

SUBESTACION DE TRANSPORTE 400/220 KV	
EDIFICIO DE CONTROL ALZADOS	


UNIVERSIDAD CARLOS III MADRID
 FORMATO: DIN A3
 N° EDIF2 - Rev.
 HOJA 1 SIGUE -



LEYENDA

- Terreno compactado al 95% PM
- Encachado de piedra
- (S.A.) Suelo acabado
- (S.E.) Suelo estructural
- (A.C.) Ambas caras
- (HL) Hormigón de limpieza
- (TÍP) Típico

CUADRO DE CARACTERISTICAS DE MATERIALES SEGUN EHE				
ELEMENTO	LOCALIZACION	ESPECIFICACION	NIVEL CONTROL EJECUCION	RECURRIMIENTO MIN. ARMADURAS (cm)
HORMIGON IN SITU	NO ESTRUCTURAL	HNE-15/P/20		
	LIMPIEZA	HL-150/P/20		
	CIMENTACION	HA-25/P/20/IIa	NORMAL	5.0
	MURO	HA-25/P/20/IIa	NORMAL	5.0
HORMIGON PREFABRICADO	CUBIERTA	HA-35/P/20/IIa	INTENSO	3.0
	PANELES	HA-35/P/20/IIa	INTENSO	3.0
ACERO	PREFABRICADOS	B 500 S	INTENSO	
	CIMENTACION	B 500 S	NORMAL	
	MURO	B 500 S	NORMAL	
	SOLERA	B 500 S	NORMAL	
ESTRUCTURAL	S 275 JR			

ACABADOS INTERIORES

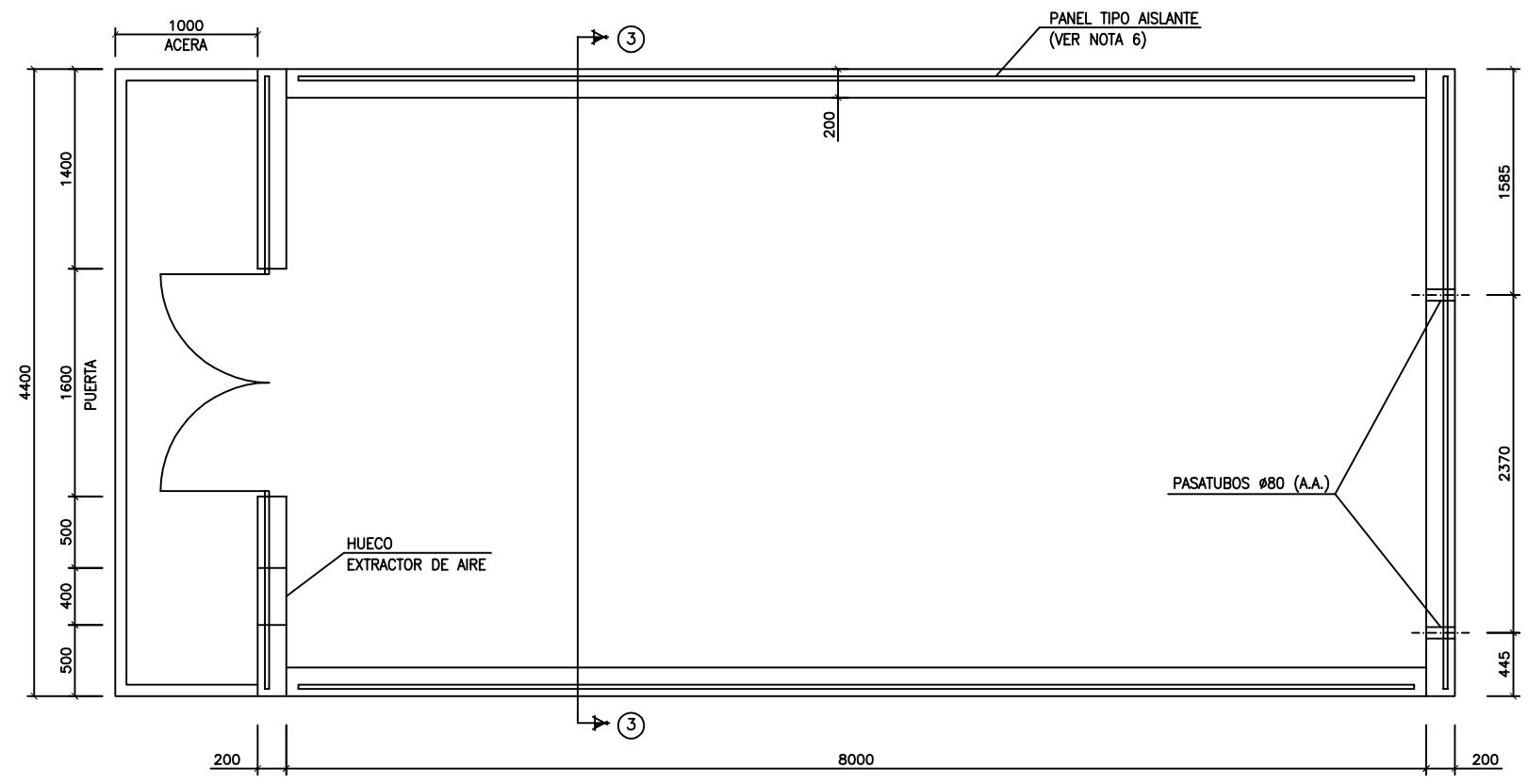
ACABADOS INTERIORES
PAREDES
PINTURA PLASTICA FUNGICIDA LISA COLOR BLANCO, SOBRE ENFOSCADO DE MORTERO O FRATASADO OPTIMO PARA PINTAR, CON ZOCALO DE 1m DE ALTURA.
TECHO
PINTURA PLASTICA FUNGICIDA LISA COLOR BLANCO, SOBRE GUARNECIDO Y ENLUCIDO DE YESO HORIZONTAL O FRATASADO OPTIMO PARA PINTAR
SUELO
PINTURA EPOXI ANTIDESLIZANTE PARA SUELOS COLOR RAL 7044 SOBRE SOLERA DE HORMIGON CON ACABADO FRATASADO OPTIMO PARA PINTAR. FONDO DE CANALES FRATASADO DE HORMIGON SIN PINTAR.

- NOTAS**
- COTAS EN mm., ELEVACIONES EN m.
 - ANTES DE COMENZAR A CONSTRUIR, SE COMPROBARÁ QUE SE CUMPLEN LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD ENTRE ESTE EDIFICIO Y LAS PARTES MAS PRÓXIMAS EN TENSION.
 - EN TODO EL CONTORNO DE LA PUERTA SE DEJARÁ EMBEBIDA UNA UPN 200 EN LOS PANELES DE HORMIGÓN ACABANDO LOS MISMOS CON PATILLAS Ø 12 CADA 400mm.
 - LAS ENTRADAS DE CABLES SE DEFINIRAN EN LOS PLANOS DE PLANTA GENERAL DE CADA SUBESTACION.
 - LA CERRADURA ESTARA DE ACUERDO CON EL DOCUMENTO DE REE DENOMINADO "CRITERIOS BASICOS DE INSTALACION DE LOS DIVERSOS TIPOS DE CERRADURAS".
 - LOS PANELES PROPUESTOS SON MERAMENTE INDICATIVOS PUDIENDO SER MODIFICADOS POR EL CONTRATISTA PREVIA AUTORIZACION DE LA DIRECCION DE OBRA.
 - LA CIMENTACION DIBUJADA ES VALIDA PARA TERRENO QUE TENGA UNA TENSION 1Kp/cm² Y ASIENTOS DIFERENCIALES DESPRECIABLES. EN EL CASO DE QUE A LA ELEVACION INDICADA (-0.40 m) NO APAREZCA TERRENO FIRME DE DICHAS CARACTERISTICAS, SE RELLENARA CON HORMIGON CICLOPEO EL ESPACIO ENTRE LA REFERIDA ELEVACION Y EL MENCIONADO FIRME. SI EL FIRME NO APARECE A UNA PROFUNDIDAD RAZONABLE, PUEDE SER NECESARIO RECALCULAR LA CIMENTACION.
 - LA SOBREECAVACION SE RELLENARÁ CON HORMIGÓN EN MASA HM-15.
 - LOS PERFILES UPN 80 TRANSVERSALES A LOS CANALES SERAN SUMINISTRADOS POR O.C. Y COLOCADOS POR M.O. SEGUN LA DISPOSICION DEFINITIVA DE LOS ARMARIOS A INSTALAR.
 - PERFILES DE ACERO Y PLACAS DE FARADAY GALVANIZADOS POR INMERSION EN CALIENTE
 - TODOS LOS EQUIPOS QUE SE INSTALEN, SE CONECTARÁN A LA TOMA DE TIERRA GENERAL A TRAVÉS DE LAS DERIVACIONES PREVISTAS, EN LAS DISTINTAS DEPENDENCIAS.
 - SI EL NIVEL DE HELADAS ESTA POR DEBAJO DEL NIVEL DE CIMENTACION, SE DEBERA RECALCULAR LA MISMA
 - SE UTILIZARA UN MORTERO SIN RETRACCION (TIPO BETTOGROUP 6 SIMILAR) EN EL APOYO DE LOS PANELES CON LA CIMENTACION
 - PARA EL CALZADO DE LOS PANELES, SE UTILIZARAN CHAPAS DE ACERO INOXIDABLE
 - PASATUBOS PEAD Ø50 PARA EL CONEXIONADO DE LA RED DE PUESTA A TIERRA PERIMETRAL CON LA RED DE ACOMPAÑAMIENTO BAJO EL SUELO TECNICO.
 - EN EL LADO OPUESTO A LAS ENTRADAS DE CABLES ADCESESIBLES SEGUN PLANTA GENERAL, SE REALIZARÁN DOS PRERROTOS DE ENTRADA SEGUN DETALLES

CARACTERISTICAS PUERTA

PUERTA DE SEGURIDAD CON SISTEMA ANTIPANICO, PERFLERIA DE ACERO GALVANIZADO CON DOBLE CHAPA DE 2 mm, PANEL RIGIDO DE FIBRA DE VIDRIO EN CAMARA, PREMARCO CON ANCLAJES DE Ø12 CADA 40cm UNIDOS A LA ARMADURA DEL PANEL, BISAGRAS CON TACO ANTIPALANQUETA Y 4 TACOS DE EXPANSION POR JAMBA ACABADO: 2 MANOS DE ESMALTE DE COLOR SOBRE 2 MANOS DE MINIO, CONECTADA A RED DE PUESTA A TIERRA.

PLANTA GENERAL
CIMENTACION Y SOLERA



PLANTA PREFABRICADOS

PROYECTADO	FECHA	NOMBRE	INSTALACION	SUBESTACION DE TRANSPORTE 400/220 KV	
DIBUJADO	FEB.2010	V.M.F.B			
COMPROBADO	FEB.2010	V.M.F.B	TITULO	CASETA DE RELÉS PLANTA	FORMATO: DIN A3
APROBADO	FEB.2010	V.J.H.J			
ESCALA	1:100				Nº CASREL1
					HOJA 1 SIGUE -



CONCLUSIONES Y FUTURAS MODIFICACIONES

Como conclusión sacada de la ejecución de este Proyecto Fin de Carrera se puede destacar la complejidad que conlleva un eficiente y seguro transporte de la energía en la red eléctrica nacional. Menciono esto ya que no es tan sencillo como a priori se puede pensar la gestión de la energía y el diseño de una subestación. Hay que elegir una configuración y un diseño adecuados, de forma que se consiga seguridad en el servicio sin incurrir en notables pérdidas, se ofrezcan buenas condiciones para el mantenimiento y se realice un desembolso económico aceptable.

Para que todo lo anterior mencionado se cumpla, se ha seguido la normativa española para el diseño de subestaciones, realizándose cálculos eléctricos y mecánicos para los embarrados que componen la subestación. Además de estos cálculos se han realizado otros sobre la red de tierras inferiores y superiores y sobre los pararrayos necesarios para proteger a la aparamenta y operarios de sobretensiones exteriores a la subestación.

Por otro lado, por si se produjera alguna falta en la subestación, se ha provisto esta de sistemas de protección necesarios para proteger la integridad física de los operarios a la vez que minimizar los daños en la aparamenta instalada. No obstante en caso de alguna incidencia, esta podrá ser tratada rápidamente gracias a los sistemas de telecontrol instalados.

Como futuras modificaciones, el diseño de la subestación eléctrica permite la construcción de una calle mas en el parque de 400 kV si el operador del sistema eléctrico español así lo exigiera.

También, no he podido evitar el descubrimiento de otro tipo de tecnología a la hora del diseño de subestaciones al documentarme para realizar este Proyecto. Se trata de la tecnología GIS basada en el aislamiento en Hexafluoruro de Azufre (SF₆).

He podido llegar a la conclusión de que esta tecnología probablemente terminará por “desbanca” a la tecnología AIS situada en intemperie y basada en el



aislamiento en aire. Esta tecnología AIS ha sido la utilizada en el diseño de la subestación proyectada en este Proyecto Fin de Carrera.

La afirmación realizada a cerca del inminente predominio de subestaciones GIS frente a AIS es debido a las siguientes características de la tecnología GIS:

- Mayor inversión de fabricantes en investigación de esta tecnología.
- La menor área necesaria para su construcción (entre 3 % y 12 % del área utilizado en una AIS de la misma tensión nominal y diseñada para las mismas funciones).
- Menor volumen necesario para su proyección.
- Posibilidad de construcción en zonas con alto nivel de contaminación.
- Mantenimiento más reducido en GIS que en AIS.
- Alta fiabilidad, durabilidad y seguridad de servicio.
- Protección absoluta a prueba de contacto.
- Diseño modular.
- Reducida duración de montaje por el preensamblado de campos completos y ensayos en fábrica.

En cambio para mi Proyecto se ha utilizado la tecnología AIS ya que para terrenos alejados de ciudades como es el caso, el montante económico es menor para AIS que para GIS, aparte se parte de que el operador de sistema exige una subestación de este tipo.

Para finalizar, en el aspecto académico quiero resaltar que la realización de este proyecto me ha aportado conocimientos tanto de cómo se realiza un proyecto técnico en general, como del funcionamiento general de una subestación eléctrica y de los elementos que lo componen. A parte de conocimientos funcionales, también he aprendido cuales son los cálculos necesarios para el diseño de esta instalación.

Este proyecto ha resultado un reto para mí ya que ha conllevado sumergirme en un campo casi totalmente desconocido para mí, ya que en mi especialidad, Electrónica Industrial, solo se tratan instalaciones eléctricas en la asignatura de dicho nombre, y son instalaciones de baja y media tensión, no de alta como es el caso. A parte de esto el diseño de la subestación ha conllevado el aprendizaje del programa de diseño gráfico Autocad, del cual no tenía el mínimo conocimiento y el cual creo se debería enseñar a lo largo de la carrera por su gran utilidad.



REFERENCIAS

Además de la consulta de las normas, recomendaciones, decretos, leyes y reglamentaciones descritas en cada capítulo del presente proyecto, hay que destacar el resto de material empleado para la realización de este proyecto fin de carrera.

Básicamente el resto de material empleado es el siguiente:

- [1] R.D. 3275/1982, Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y C.T.
- [2] “Instrucciones técnicas complementarias”. OM de 18 de octubre de 1984, y modificaciones posteriores.
- [3] RESOLUCIÓN - BOE 051 de 01/03/2005_Sec 3 Pag 7405 a 7430.
- [4] Curso de ABB, “Introducción al diseño de subestaciones eléctricas”.
- [5] Donald G. Fink & H. Wayne Beaty, Manual de ingeniería eléctrica tomo I, II; editorial Mc. Graw Hill.
- [6] Jesús Fraile Mora, *Máquinas eléctricas*, Ed. McGraw Hill, 2003.
- [7] Descargadores de sobretensiones de alto voltaje, Guía para el comprador de ABB
- [8] SIEMENS, www.energy.siemens.com/hq/en/power-transmission
- [9] ARTECHE, www.artecche.com
- [10] Manufacturas Eléctricas S.A, www.mesa.es
- [11] AREVA Transmission & Distribution, www.aveva-td.com
- [12] ABB España, www.abb.es
- [13] JST Transformers, www.jst-transformers.com
- [14] Schweitzer Engineering Laboratories, www.selinc.com
- [15] DIMAT, www.dimat.com
- [16] www.gervasoni-ingenieria.com/productos/alcatel/pdf/4400-gi.pdf
- [17] KONFTEL AB, www.konftel.com
- [18] APLIHORSA Aplicaciones del hormigón S.A, www.aplihors.com



- [19] Especificaciones técnicas exigidas por R.E.E para pararrayos de alta tensión (ET025), aprobado 27/2/2009.
- [20] Especificaciones técnicas exigidas por R.E.E para autotransformadores monofásicos (ET049), aprobado 10/9/2007.
- [21] Ing. Juan Alercio Alamos Hernández, SISTEMA DE PUESTA A TIERRA, juan_alamos_h@yahoo.es
- [21] Marcos Tosatado, Curso Estaciones y subestaciones transformadoras, www.mailxmail.com/curso-estaciones-energia
- [22] www.directindustry.es
- [23] Sergio García Pérez & Víctor J. Hernández, PFC uc3m - Criterios generales de protección y control en el diseño y adaptación de instalaciones de la red de transporte y distribución.
- [24] Proyecto técnico de la subestación 220/66 kV La Puebla de Guzmán, Gamesa energía, AGE generación eólica S.A. Octubre 2007
- [25] Proyecto de ejecución Nueva Subestación de Transporte de 400 kV Minglanilla y Nueva Línea aérea de Transporte de energía eléctrica a 400 kV, simple circuito & entrada y salida en Minglanilla de la Línea Cofrentes–Morata, R.E.E, Mayo 2008.
- [26] Proyecto de ejecución de la Nueva Subestación de Transporte de Cañuelo, R.E.E, Noviembre 2009.
- [27] 'The effect of safety regulations on the design of substations', Report by members of Working Group 06; Parizy et Al., ELECTRA, no 1.
- [28] "The insulation between terminals of circuit-breakers and disconnectors," ELECTRA, No. 26, 1973.