



Departament d'Enginyeria Electrònica Elèctrica i Automàtica

Diseño de Subestación Transformadora

Titulació: Enginyeria Tècnica Industrial en Electricitat

AUTOR: Joan Francesc Moreno Molina.

DIRECTOR: Juan José Tena Tena.

DATA: Junio / 2004.

1. INDICE GENERAL

2. MEMORIA

2.1 OBJETO DEL PROYECTO	5
2.2 ALCANCE DEL PROYECTO	5
2.3 ANTECEDENTES	5
2.4 NORMAS Y REFERENCIAS	5
2.4.1 DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS OBLIGATORIAS	5
2.4.2 BIBLIOGRAFIA.....	6
2.4.3 PROGRAMAS DE CÁLCULO.....	9
2.4.4 PLAN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD APLICADO DURANTE LA REDACCIÓN DEL PROYECTO.....	9
2.4.5 OTRAS REFERENCIAS	9
2.5 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	9
2.6 REQUISITOS DE DISEÑO	12
2.7 ANÁLISIS DE SOLUCIONES	12
2.7.1 EMBARRADO DE LA SUBESTACIÓN.....	12
2.7.1.1 JUEGO DE BARRAS SENCILLO.....	12
2.7.1.2 DOBLE JUEGO DE BARRAS	13
2.7.1.3 TRIPLE JUEGO DE BARRAS	14
2.7.1.4 JUEGO DE BARRAS EN ANILLO	15
2.7.1.5 RESUMEN DE CONCLUSIONES SOBRE EL EMBARRADO	16
2.7.2 ELECCIÓN DEL TRANSFORMADOR PARA SERVICIOS AUXILIARES	17
2.7.3 ELECCIÓN DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS.....	18
2.7.3.1 INTERRUPTORES EN BAÑO DE ACEITE.....	18
2.7.3.2 INTERRUPTORES DE PEQUEÑO VOLUMEN DE ACEITE	18
2.7.3.3 INTERRUPTORES EN SF ₆ (hexafluoruro de azufre)	19
2.7.4 SECCIONADORES	20
2.7.4.1 SECCIONADORES DE CUCHILLAS GIRATORIAS	20
2.7.4.2 SECCIONADORES DE COLUMNAS GIRATORIAS	20
2.7.4.3 SECCIONADORES DE CUCHILLAS DESLIZANTES	20
2.7.5 CONDUCTORES	21
2.7.5.1 CONDUCTORES DE ALUMINIO.....	21
2.7.5.2 CONDUCTORES DE ALUMINIO CON ALMA DE ACERO.....	21
2.7.5.3 CONDUCTORES DE COBRE	21
2.7.5 AISLADORES	21

2.8 RESULTADOS FINALES	22
2.8.1 GENERALIDADES DE LA INSTALACIÓN	22
2.8.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN	23
2.8.2.1 EQUIPOS ELÉCTRICOS	23
2.8.2.1.1 EQUIPOS ELÉCTRICOS DE ALTA TENSIÓN.....	23
2.8.2.1.2 EQUIPOS ELÉCTRICOS DE MEDIA TENSIÓN	24
2.8.3 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN INTERIOR.....	25
2.8.3.1 EDIFICIO INTERIOR	25
2.8.3.1.1 CABINAS DE MEDIA TENSIÓN.....	27
2.8.3.1.1.1 DISTRIBUCIÓN DE CELDAS	28
2.8.4 CRITERIOS PARA LA INSTALACIÓN EXTERIOR.....	29
2.8.5 OBRA CIVIL.....	30
2.8.5.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS	30
2.8.5.2 CIMENTACIONES PARA APARAMENTA Y PÓRTICOS.....	31
2.8.5.3 CANALIZACIONES DE CABLES	31
2.8.5.4 URBANIZACIÓN	31
2.8.5.5 ESTRUCTURAS METÁLICAS	32
2.8.5.5.1 PÓRTICOS DE ENTRADA A TRANSFORMADORES	32
2.8.5.5.2 SOPORTES DE APARAMENTA.....	32
2.8.5.6 INSTALACIONES	32
2.8.5.6.1 VALLADO EXTERIOR.....	32
2.8.5.6.2 PUERTAS PRINCIPALES DE ACCESO A LOS RECINTOS.....	33
2.8.5.6.2 VIALES	33
2.8.5.6.4 DRENAJES	33
2.8.6 CONDUCTORES DE POTENCIA	34
2.8.6.1 EMBARRADO PRINCIPAL	34
2.8.6.2 DERIVACIONES DE BARRAS	34
2.8.7 TRANSFORMADORES DE POTENCIA.....	35
2.8.7.1 TRANSFORMADORES DE POTENCIA A LA INTEMPERIE	37
2.8.7.1.1 DISEÑO, TIPO Y NECESIDADES	35
2.8.7.1.2 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL TRANSFORMADOR DE 40 MVA.....	36
2.8.7.1.3 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL TRANSFORMADOR DE 60 MVA.....	37
2.8.7.1.4 ACCESORIOS Y ENSAYOS A REALIZAR.....	38
2.8.7.1.5 ACOPLAMIENTO EN PARALELO.....	40
2.8.7.2 TRANSFORMADORES A SERVICIOS AUXILIARES.....	40
2.8.7.2.1 GENERALIDADES.....	40
2.8.7.2.2 DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y ENSAYOS A REALIZAR	41

2.8.8 COMPENSADOR DE NEUTRO	42
2.8.8.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOBINAS EN ZIG-ZAG	43
2.8.9 SECCIONADORES	43
2.8.9.1 GENERALIDADES	43
2.8.9.2 SECCIONADORES DE 220 kV	44
2.8.9.3 SECCIONADORES DE 25 kV	45
2.8.10 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS	46
2.8.10.1 GENERALIDADES	46
2.8.10.2 ELECCIÓN.....	47
2.8.10.2.1 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS DE 220 kV.....	48
2.8.10.2.2 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS DE 25 kV.....	49
2.8.11 EQUIPOS DE PROTECCIÓN	50
2.8.11.1 PROTECCIONES PROPIAS DE LOS TRANSFORMADORES.....	51
2.8.11.1.1 INTRODUCCIÓN A LAS PROTECCIONES	51
2.8.11.1.2 REFRIGERACIÓN INDEPENDIENTE.....	52
2.8.11.1.3 PROTECCIÓN DE GASES DE LOS TRANSFORMADORES.....	52
2.8.11.1.4 PROTECCIÓN DE IMAGEN TÉRMICA	53
2.8.11.1.5 SEÑALIZACIONES	53
2.8.11.2 PROTECCIÓN DE LAS LÍNEAS DE LLEGADA.....	53
2.8.11.2.1 PROTECCIÓN DE DISTANCIA.....	54
2.8.11.2.2 GENERALIDADES.....	54
2.8.11.2.2 ZONAS DE PROTECCIÓN.....	54
2.8.11.2.3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	55
2.8.11.3 PROTECCIÓN DE SOBRETENSIÓN Y SUBTENSIÓN	55
2.8.11.3.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	55
2.8.11.3.2 SOBRETENSIÓN Y SUBTENSIÓN	56
2.8.11.4 PROTECCIÓN DE FRECUENCIA.....	57
2.8.11.5 PROTECCIÓN DE SOBREINTENSIDAD	57
2.8.11.5.1 PROTECCIÓN DE SOBREINTENSIDAD EN LAS LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN A TRANSFORMADORES (LADO DE ALTA TENSIÓN).....	57
2.8.11.5.2 PROTECCIÓN DE SOBREINTENSIDAD EN EL DEVANADO SECUNDARIO	58
2.8.11.5.2.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	58
2.8.11.6 PROTECCIÓN DIFERENCIAL DE LOS TRANSFORMADORES	60
2.8.11.6.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	60
2.8.11.6.1.1 TRANSFORMADORES AUXILIARES	61
2.8.11.6.1.2 ASPECTOS AL DISPARO DEL RELÉ	62

2.8.11.6.1.3 RELÉ DIFERENCIAL	62
2.8.11.6.1.4 CONEXIONADO DEL RELÉ DIFERENCIAL	62
2.8.11.7 PROTECCIÓN DIFERENCIAL DE NEUTRO	63
2.8.11.8 DETECTOR DE PRESENCIA/AUSENCIA DE INTENSIDAD HOMOPOLAR EN ELEMENTO DE PUESTA A TIERRA EN MEDIA TENSIÓN.....	64
2.8.11.9 PROTECCIÓN DE CUBA	64
2.8.11.10 PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES	65
2.8.11.10.1 PARARRAYOS DE 220 kV	65
2.8.11.10.2 PARARRAYOS DE 25 kV	66
2.8.11.11 PROTECCIÓN LÍNEAS DE SALIDA	66
2.8.11.12 REENGANCHES	67
2.8.12 TRANSFORMADORES DE MEDIDA Y PROTECCIÓN.....	68
2.8.12.1 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD.....	68
2.8.12.1.1 LÍNEAS DE LLEGADA	68
2.8.12.1.2 LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN A TRANSFORMADORES DE POTENCIA.....	69
2.8.12.1.3 LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN A BARRAS.....	70
2.8.12.1.4 SALIDA DE LÍNEAS	71
2.8.12.1.5 TRANSFORMADORES PARA EL NEUTRO DEL ZIG-ZAG.....	71
2.8.12.1.6 TRANSFORMADOR PARA LA CUBA.....	72
2.8.12.2 TRANSFORMADORES DE TENSIÓN.....	73
2.8.12.2.1 LÍNEAS DE LLEGADA.....	73
2.8.12.2.2 LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN A BARRAS.....	74
2.8.12.2.3 EMBARRADO DE 25 kV.....	74
2.8.13 RED GENERAL DE TIERRA	75
2.8.13.1 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO	75
2.8.13.2 INSTALACIÓN DE LA RED DE TIERRA	76
2.8.13.3 COMPROVACIONES AL FINAL DE LA INSTALACIÓN	76
2.8.13 ALUMBRADO	77
2.8.13.1 ALUMBRADO INTERIOR.....	77
2.8.13.2 ALUMBRADO EXTERIOR.....	78
2.8.13.3 ALUMBRADO DE EMERGENCIA.....	78
2.8 PLANIFICIÓN.....	80
2.8 ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE LOS DOCUMENTOS BÁSICOS.....	80

3. ANEXOS

3.1 CÁLCULOS	88
3.1.1 CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.....	88
3.1.1.1 GENERALIDADES	88
3.1.1.2 ESQUEMA UNIFILAR Y LOCALIZACIÓN DE FALTAS	88
3.1.1.3 CÁLCULO POR UNIDAD	89
3.1.1.4 SELECCIÓN DE VALORES BÁSICOS.....	89
3.1.1.4.1 CÁLCULO DE REACTANCIAS POR UNIDAD	90
3.1.1.4.1.1 REACTANCIAS DE LAS LÍNEAS DE ENTRADA.....	90
3.1.1.4.1.2 REACTANCIAS DE TRANSFORMADORES	91
3.1.1.5 ESQUEMA DE IMPEDANCIAS POR UNIDAD	92
3.1.1.6 POTENCIAS DE CORTOCIRCUITO	95
3.1.1.7 CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.....	96
3.1.1.7.1 CORRIENTE EFICAZ DE CORTOCIRCUITO DE CHOQUE.....	97
3.1.1.7.1.1 VALORES PERMANENTES	97
3.1.1.7.1.2 CORRIENTE MÁXIMA DE CORTOCIRCUITO DE CHOQUE.....	98
3.1.1.8 DIMENSIONADO Y ELECCIÓN DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS....	99
3.1.1.8.1 ELECCIÓN DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS	99
3.1.1.8.2 LOCALIZACIÓN DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS	100
3.1.1.8.3 DIMENSIONADO DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS	100
3.1.1.8.3.1 CAPACIDAD DE RUPTURA Y DE CONEXIÓN.....	100
3.1.1.8.3.2 CORRIENTE DE DESCONEXIÓN.....	102
3.1.1.8.3.3 CORRIENTES NOMINALES	103
3.1.1.8.4 RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS.....	104
3.1.2 DIMENSIONADO DE CONDUCTORES.....	105
3.1.2.1 GENERALIDADES	105
3.1.2.2 CALCULO DEL EMBARRADO DE ALTA TENSIÓN	105
3.1.2.2.1 ELECCIÓN DEL TIPO DE CABLE	106
3.1.2.2.2 COMPROBACIÓN POR DENSIDAD DE CORRIENTE.....	106
3.1.2.2.2.1 JUSTIFICACIÓN	106
3.1.2.2.3 CÁLCULO DEL EFECTO CORONA.....	108
3.1.2.2.3.1 JUSTIFICACIÓN	108
3.1.2.2.3.2 TENSIÓN CRÍTICA DISRUPTIVA.....	108
3.1.2.2.4 JUSTIFICACIÓN MECÁNICA	112

3.1.2.2.4.1 TRACCIÓN MÁXIMA ADMISIBLE.....	112
3.1.2.2.4.2 FLECHAS MÁXIMA	114
3.1.2.2.4.3 FLECHAS MÍNIMAS	116
3.1.2.2.4.4 FENÓMENOS VIBRATORIOS	117
3.1.2.3 DERIVACIONES DE BARRAS A TRANSFORMADORES DE POTENCIA..	117
3.1.2.3.1 DERIVACIONES DE BARRAS A TRANSFORMADORES DE POTENCIA	117
3.1.2.3.1.1 ELECCIÓN DEL TIPO DE CABLE	117
3.1.2.3.1.2 COMPROBACIÓN POR DENSIDAD DE CORRIENTE.....	118
3.1.2.3.1.2.1 JUSTIFICACIÓN	118
3.1.2.3.1.3 CÁLCULO DEL EFECTO CORONA	119
3.1.2.3.1.3.1 TENSIÓN CRÍTICA DISRUPTIVA	119
3.1.2.3.1.4 JUSTIFICACIÓN MECÁNICA	122
3.1.2.3.4.1 TRACCIÓN MÁXIMA ADMISIBLE.....	122
3.1.2.3.4.2 FLECHAS MÁXIMAS	123
3.1.2.3.4.3 FLECHAS MÍNIMAS.....	126
3.1.2.3.4.4 FENÓMENOS VIBRATORIOS	125
3.1.2.4 SALIDAS EN MEDIA TENSIÓN.....	125
3.1.2.4.1 TRAMO EN INTEMPERIE.....	125
3.1.2.4.1.1 CÁLCULO DEL EFECTO CORONA	126
3.1.2.4.1.1.1 TENSIÓN CRÍTICA DISRUPTIVA	126
3.1.2.4.1.2 JUSTIFICACIÓN MECÁNICA	128
3.1.2.4.2 TRAMO SUBTERRÁNEO	130
3.1.2.4.2.1 ELECCIÓN DEL TIPO DE CONDUCTOR.....	130
3.1.2.4.2.2 CÁLCULO POR DENSIDAD DE CORRIENTE.....	131
3.1.2.5 BARRAS DE 25 kV.....	131
3.1.2.6 SALIDAS EN BAJA TENSIÓN	132
3.1.2.6.1 CALCULO POR DENSIDAD DE CORRIENTE.....	132
3.1.2.7 CABLE AÉREO DE TIERRA (CABLE GUARDA)	133
3.1.2.7.1 JUSTIFICACIÓN MECÁNICA	133
3.1.2.7.1.1 TRACCIÓN MÁXIMA ADMISIBLE.....	133
3.1.2.7.1.1.1 VANO DE 20 METROS	134
3.1.2.7.1.1.1.1 FLECHAS MÁXIMAS	135
3.1.2.7.1.1.1.2 FLECHAS MÍNIMAS	135
3.1.2.7.1.1.2 VANO DE 25,35 METROS	136
3.1.2.7.1.1.2.1 FLECHAS MÁXIMAS	136
3.1.2.7.1.1.2.2 FLECHAS MÍNIMAS	137

3.1.2 DISTANCIAS DE SEGURIDAD	138
3.1.2.1 ALTURA DE LOS CONDUCTORES AL TERRENO	139
3.1.2.2 DISTANCIAS MINIMA DE LOS CONDUCTORES DE 220 KV	140
3.1.2.3 DISTANCIAS FINALES ADOPTADAS	141
3.1.2 EFECTO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO	141
3.1.2.1 JUSTIFICACIÓN ELECTRODINÁMICA POR CORTOCIRCUITO	141
3.1.2.1.1 EFECTOS EN EL EMBARRADO DE ALTA TENSIÓN	142
3.1.2.2.2 EFECTOS EN LAS DERIVACIONES DE BARRAS A TRANSFORMADORES DE POTENCIA	144
3.1.2.1.3 SALIDAS EN MEDIA TENSIÓN	145
3.1.2.2 JUSTIFICACIÓN TÉRMICA POR CORTOCIRCUITO	147
3.1.2.2.1 ASPECTOS GENERALES	147
3.1.2.2.2 EFECTOS EN EL EMBARRADO DE ALTA TENSIÓN	148
3.1.2.2.3 EFECTOS EN LAS DERIVACIONES DE BARRAS A TRANSFORMADOR DE POTENCIA	149
3.1.2.2.5 EFECTOS EN LAS SALIDAS EN MEDIA TENSIÓN	150
3.1.2.2.6 EFECTOS EN LAS SALIDAS EN BAJA TENSIÓN	151
3.1.3 CÁLCULO DE LAS CADENAS DE AISLADORES	151
3.1.3.1 AISLADORES DE 220 kV	152
3.1.3.1.1 CÁLCULO ELÉCTRICO DE AISLADORES	153
3.1.3.1.2 CALCULO MECÁNICO DE AISLADORES	155
3.1.3.1.2.1 BARRAS GENERALES	155
3.1.3.1.2.2 BAJANTE DE BARRAS A TRANSFORMADORES	158
3.1.4 COMPENSACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA	159
3.1.4.1 JUSTIFICACIÓN	159
3.1.4.2 CÁLCULO DE LA POTENCIA REACTIVA	160
3.1.4 PROTECCIONES	161
3.1.4.1 PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES	161
3.1.4.1.1 PARARRAYOS DE 220 kV	162
3.1.4.1.2 PARARRAYOS DE 25 kV	163
3.1.4.2 PROTECCIÓN DE SOBRE Y SUBTENSIÓN	165
3.1.4.3 PROTECCIÓN DE LOS TRANSFORMADORES	166
3.1.4.3.1 PROTECCIÓN DIFERENCIAL DE FASES	166
3.1.4.3.1.1 DETERMINACIÓN DEL VALOR DE AJUSTE DE LA CORRIENTE DIFERENCIAL DEL TRANSFORMADOR DE 60 MVA	166
3.1.4.3.1.2 DETERMINACIÓN DEL VALOR DE AJUSTE DE LA CORRIENTE DIFERENCIAL DEL TRANSFORMADOR DE 40 MVA	169

3.1.5 TRANSFORMADORES DE MEDIDA Y PROTECCIÓN	171
3.1.5.1 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD	172
3.1.5.1.1 LÍNEAS DE LLEGADA	172
3.1.5.1.2 LÍNEAS A TRANSFORMADORES	180
3.1.5.1.3 LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN A BARRAS	188
3.1.5.1.4 SALIDA DE LÍNEAS	195
3.1.5.1.5 TRANSFORMADORES EN EL NEUTRO DEL ZIG-ZAG	201
3.1.5.1.5.1 TRANSFORMADOR DE 1500/5 A	201
3.1.5.1.5.2 TRANSFORMADOR DE 400/5 A	203
3.1.5.1.6 TRANSFORMADOR PARA LA CUBA DEL TRAFIO	204
3.1.5.2 TRANSFORMADORES DE TENSIÓN	206
3.1.5.2.1 LÍNEAS DE LLEGADA	206
3.1.5.2.2 LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN A BARRAS	207
3.1.5.2.3 EMBARRADO DE 25 kV	210
3.1.6 CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA	212
3.1.6.1 JUSTIFICACIÓN REGLAMENTARIA	212
3.1.6.2 INFORMACIÓN FACILITADA I DATOS DE PARTIDA	212
3.1.6.3 CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO	213
3.1.6.4 DETERMINACIÓN DE LAS CORRIENTES MÁXIMAS DE PUESTA A TIERRA	213
3.1.6.5 TIEMPO DE AISLAMIENTO DE LA FALTA	213
3.1.6.6 SECCIÓN DEL CONDUCTOR	214
3.1.6.7 CÁLCULO DE LA MALLA GENERAL DE TIERRA	216
3.1.6.8 VALORES ADMISIBLES DE LAS TENSIONES DE PASO I CONTACTO ...	216
3.1.6.9 TENSIÓN DE PASO I CONTACTO REALES	217
3.1.6.10 CONCLUSIONES	219
3.1.6.11 TENSIÓN MÁXIMA APLICABLE AL CUERPO HUMANO	220
3.1.6.11.1 TENSIONES APLICADAS	221
3.1.6.11.1.1 TENSIÓN DE PASO APLICADA	221
3.1.6.11.1.2 TENSIÓN DE CONTACTO APLICADA	221
3.1.6.11.1.3 RESUMEN DEL CÁLCULO	222
3.1.7 ALUMBRADO	222
3.1.7.1 ALUMBRADO PARQUE DE INTEMPERIE	222
3.1.7.2 ALUMBRADO INTERIOR	224
3.1.7.2.1 ALUMBRADO SALA DE MANDO Y CONTROL	241
3.1.7.2.2 ALUMBRADO SALA DE CABINAS	257

4. PLANOS

PLANO 1: SITUACIÓN	
PLANO 2: EMPLAZAMIENTO	
PLANO 3: ESQUEMA UNIFILAR DE 220 kV	
PLANO 4: ESQUEMA UNIFILAR DE 25 kV	
PLANO 5: PLANTA GENERAL DE MONTAJE	
PLANO 6: PLANTA GENERAL DE SECCIONES	
PLANO 7: ALZADO LONGITUDINAL (SECCIÓN A-A)	
PLANO 8: ALZADO TRANSVERSAL (SECCIÓN B-B)	
PLANO 9: RED DE TIERRAS	
PLANO 10: DETALLE PUESTA A TIERRA APARAMENTA	
PLANO 11: PUESTA A TIERRA AÉREA (DETALLE)	
PLANO 12: CADENA DE AMARRE	
PLANO 13: ESTRIBO DE AMARRE	
PLANO 14: ESTRUCTURA DE 220 kV	
PLANO 15: ESTRUCTURA 220 kV (DETALLES Y SECCIONES)	
PLANO 16: COLUMNA VIGA 220 kV	
PLANO 17: PÓRTICO DE 25 kV (ALZADO LONGITUDINAL)	
PLANO 18: PORTICO DE 25 kV (ALZADO TRANSVERSAL)	
PLANO 19: PANTALLA CONTRA FUEGOS	
PLANO 20: CIMENTACIÓN APARAMENTA	
PLANO 21: ZANJAS DE MEDIA TENSIÓN	
PLANO 22: LUMINARIAS DEL PARQUE 220 kV	
PLANO 23: DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	

5. PLIEGO DE CONDICIONES

5.1 GENERALIDADES	275
5.1.1 DESCRIPCIÓN	275
5.1.2 ÁMBITO DE APLICACIÓN	275
5.2. CONDICIONES ADMINISTRATIVAS	275
5.2.1. CONTRATO.....	275
5.2.2 RESCISIÓN DEL CONTRATO.....	276

5.2.2.1 RESCISIÓN DEL CONTRATO DE ALGUNAS DE LAS PARTES	276
5.2.2.2 RESULOCIÓN UNILATERAL DEL CONTRATO	277
5.2.3 INDEMNIZACIONES-RECLAMACIONES	277
5.2.4 SEGUROS	278
5.2.4.1 SEGUROS DE CONSTRUCCIÓN	278
5.2.4.2 OTROS SEGUROS	278
5.2.5 JURISDICCIÓN Y FUERO DEL CONTRATO	280
5.2.6 FUERZA MAYOR	280
5.2.7 CONCURSO Y ADJUDICACIÓN.....	281
5.3.2.8 PLAZO DE ENTREGA Y EJECUCIÓN.....	283
5.3 CONDICIONES ECONÓMICAS	284
5.3.1 LIQUIDACIONES	284
5.3.2 LIQUIDACIÓN EN CASO DE RESCISIÓN DEL CONTRATO	284
5.3.3 PRECIOS Y CONDICIONES DE PAGO	284
5.3.2.4 CERTIFICACIONES	285
5.3.6 PLAZOS Y PENALIDADES	285
5.3.6.1 PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS	285
5.3.2.4 PLAZO DE EJECUCIÓN	286
5.3.6.3 PRORROGA DEL PLAZO DE EJECUCIÓN	286
5.3.7 PROGRESO DE LOS TRABAJOS	287
5.3.8 ATRASOS DEL CONTRATISTA	287
5.3.9 PENALIDADES POR RETRASO	287
5.3.10 FIANZA Y PLAZO DE GARANTIA.....	288
5.3.11 CLAUSULAS FINANCIERAS	288
5.4 CONDICIONES FACULTATIVAS	289
5.4.1 MANO DE OBRA	289
5.4.2 MATERIALES	289
5.4.2.1 ACOPIO DE MATERIALES	289
5.4.2.2 INSPECCIÓN Y MEDIDAS PREVIAS AL MONTAJE	290
5.4.2.3 VARIACIONES Y CAMBIO DE MATERIALES	290
5.4.2.4 PROTECCIÓN	291
5.4.2.5 CERTIFICACIONES DE MATERIALES	291
5.4.2.6 COMPROBACIÓN DE MATERIALES.....	291
5.4.3 HERRAMIENTAS	292
5.4.4 PLANOS.....	292
5.4.5 NORMATIVA.....	293
5.4.6 SEGURIDAD E HIGIENE.....	293

5.4.7 SUBCONTRATISTAS	294
5.4.8 RIESGOS.....	294
5.4.9 REALIZACIÓN Y CONTROL DEL DISEÑO.....	294
5.4.9.1 REALIZACIÓN.....	295
5.4.9.2 DEFINICIÓN DE LOS REQUISITOS DE PARTIDA.....	295
5.4.9.3 ASIGNACIÓN DE LAS RESPONSABILIDADES	295
5.4.9.4 ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO	295
5.4.9.5 INGENIERÍA BÁSICA	296
5.4.9.6 INGENIERÍA DE DETALLE	296
5.4.9.7 REVISIÓN DEL DISEÑO	296
5.4.9.8 DOSIER FINAL	296
5.4.10 INSPECCIONES DURANTE LA INSTALACIÓN.....	297
5.4.10.1 AUTOCONTROL.....	297
5.4.10.2 INSPECCIONES PROGRAMADAS	298
5.4.11 INSPECCIÓN FINAL.....	298
5.4.4 RECEPCIÓN DE SUMINISTROS.....	299
5.4.12.1 REALIZACIÓN.....	299
5.4.16 RECEPCIÓN DEL SISTEMA.....	300
5.4.16.1 RECEPCIÓN PROVISIONAL.....	300
5.4.16.2 RECEPCIÓN DEFINITIVA Y GARANTIA.....	301
5.5 CONDICIONES TÉCNICAS	301
5.5.1 OBJETO	301
5.5.2 ENSAYOS Y PRUEBAS.....	301

6. ESTADO DE MEDICIONES

CAPITULO 01 OBRA CIVIL.....	308
CAPITULO 02 CONDUCTORES	313
CAPITULO 03 ESTRUCTURAS, SOPORTES Y ACCESORIOS.....	315
CAPITULO 04 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS.....	318
CAPITULO 05 TRANSFORMADORES DE POTENCIA.....	319
CAPITULO 06 TRANSFORMADORES DE TENSIÓN	320
CAPITULO 07 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD.....	321
CAPITULO 08 SECCIONADORES	323
CAPITULO 09 AUTOVÁLVULAS	324
CAPITULO 10 EQUIPOS AUXILIARES	325

CAPITULO 11 RELÉS DE PROTECCIÓN.....	326
CAPITULO 12 EQUIPOS DE MEDIDA.....	328
CAPITULO 13 ALUMBRADO.....	330
CAPITULO 14 VARIOS	331

7. PRESUPUESTO

7.1 PRECIOS UNITARIOS

CAPITULO 01 OBRA CIVIL.....	335
CAPITULO 02 CONDUCTORES	339
CAPITULO 03 ESTRUCTURAS, SOPORTES Y ACCESORIOS.....	341
CAPITULO 04 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS.....	343
CAPITULO 05 TRANSFORMADORES DE POTENCIA.....	344
CAPITULO 06 TRANSFORMADORES DE TENSIÓN	345
CAPITULO 07 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD.....	346
CAPITULO 08 SECCIONADORES	348
CAPITULO 09 AUTOVÁLVULAS	349
CAPITULO 10 EQUIPOS AUXILIARES	350
CAPITULO 11 RELÉS DE PROTECCIÓN.....	351
CAPITULO 12 EQUIPOS DE MEDIDA.....	353
CAPITULO 13 ALUMBRADO.....	355
CAPITULO 14 VARIOS	356

7.2 PRESUPUESTO

CAPITULO 01 OBRA CIVIL.....	359
CAPITULO 02 CONDUCTORES	364
CAPITULO 03 ESTRUCTURAS, SOPORTES Y ACCESORIOS.....	366
CAPITULO 04 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS.....	369
CAPITULO 05 TRANSFORMADORES DE POTENCIA.....	370
CAPITULO 06 TRANSFORMADORES DE TENSIÓN	371
CAPITULO 07 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD.....	372
CAPITULO 08 SECCIONADORES	374
CAPITULO 09 AUTOVÁLVULAS	375
CAPITULO 10 EQUIPOS AUXILIARES	376
CAPITULO 11 RELÉS DE PROTECCIÓN.....	377
CAPITULO 12 EQUIPOS DE MEDIDA.....	379

CAPITULO 13 ALUMBRADO.....	381
CAPITULO 14 VARIOS	382
7.3 RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	383

8. ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA

8.1 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	387
8.1.1 MEMORIA	387
8.1.1.1 OBJETO DE LA MEMORIA.....	387
8.1.1.1.1 INTERFERENCIAS CON SERVICIOS.....	387
8.1.1.2 ACTIVIDADES	388
8.1.1.3 EQUIPOS DE TRABAJO	388
8.1.1.3.1 MAQUINARIA	388
8.1.1.3.2 ELEMENTOS.....	389
8.1.1.4 RIESGOS LABORALES Y MEDIDAS PREVENTIVAS	389
8.1.1.4.1 ACTIVIDADES	389
8.1.1.4.2 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS, MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES PARA MAQUINARIA.....	400
8.1.1.4.3 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS, MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES PARA ELEMENTOS AUXILIARES.....	406
8.1.1.5 SERVICIOS SANITARIOS Y COMUNES	408
8.1.1.5.1 PRIMEROS AUXILIOS	408
8.1.1.5.2 MEDICINA PREVENTIVA	408
8.1.1.5.3 EVACUACIÓN DE ACCIDENTADOS	408
8.1.1.5.3 SERVICIOS COMUNES	409
8.1.1.6 FORMACIÓN.....	409
8.1.2 PLIEGO DE CONDICIONES	409
8.1.2.1 GENERALIDADES.....	409
8.1.2.2 NORMAS LEGALES Y REGLAMENTOS	411
8.1.2.2 UBICACIÓN Y CONSERVACIÓN DE MAQUINARIA, ÚTILES Y HERRAMIENTAS	414
8.1.2.3 UTILIZACIÓN Y CONSERVACIÓN DE SISTEMAS Y EQUIPOS DE SEGURIDAD.....	415
8.1.2.4 EQUIPOS DE PROTECCIÓN A UTILIZAR EN LA OBRA	415
8.1.2.4.1 PROTECCIÓN COLECTIVA.....	415

8.1.2.4.2 PROTECCIÓN INDIVIDUAL.....	416
8.1.2.4.3 SEÑALIZACIÓN DE LOS RIESGOS DEL TRABAJO.....	417

2. MEMORIA

2.1 OBJETO DEL PROYECTO	5
2.2 ALCANCE DEL PROYECTO	5
2.3 ANTECEDENTES	5
2.4 NORMAS Y REFERÉNCIAS	5
2.4.1 DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS OBLIGATORIAS	5
2.4.2 BIBLIOGRAFIA	6
2.4.3 PROGRAMAS DE CÁLCULO	9
2.4.4 PLAN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD APLICADO DURANTE LA REDACCIÓN DEL PROYECTO	9
2.4.5 OTRAS REFERÉNCIAS	9
2.5 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	9
2.6 REQUISITOS DE DISEÑO	12
2.7 ANÁLISIS DE SOLUCIONES	12
2.7.1 EMBARRADO DE LA SUBESTACIÓN	12
2.7.1.1 JUEGO DE BARRAS SENCILLO	12
2.7.1.2 DOBLE JUEGO DE BARRAS	13
2.7.1.3 TRIPLE JUEGO DE BARRAS.....	14
2.7.1.4 JUEGO DE BARRAS EN ANILLO	15
2.7.1.5 RESUMEN DE CONCLUSIONES SOBRE EL EMBARRADO	16
2.7.2 ELECCIÓN DEL TRANSFORMADOR PARA SERVICIOS AUXILIARES	17
2.7.3 ELECCIÓN DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS.....	18
2.7.3.1 INTERRUPTORES EN BAÑO DE ACEITE.....	18
2.7.3.2 INTERRUPTORES DE PEQUEÑO VOLUMEN DE ACEITE.....	18
2.7.3.3 INTERRUPTORES EN SF6 (hexafluoruro de azufre).....	19
2.7.4 SECCIONADORES.....	20
2.7.4.1 SECCIONADORES DE CUCHILLAS GIRATORIAS.....	20
2.7.4.2 SECCIONADORES DE COLUMNAS GIRATORIAS.....	20
2.7.4.3 SECCIONADORES DE CUCHILLAS DESLIZANTES	20
2.7.5 CONDUCTORES	21
2.7.5.1 CONDUCTORES DE ALUMINIO	21
2.7.5.2 CONDUCTORES DE ALUMINIO CON ALMA DE ACERO	21
2.7.5.3 CONDUCTORES DE COBRE.....	21
2.7.5 AISLADORES	21
2.8 RESULTADOS FINALES	22
2.8.1 GENERALIDADES DE LA INSTALACIÓN.....	22
2.8.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN.....	23
2.8.2.1 EQUIPOS ELÉCTRICOS.....	23

2.8.2.1.1 EQUIPOS ELÉCTRICOS DE ALTA TENSIÓN.....	23
2.8.2.1.2 EQUIPOS ELÉCTRICOS DE MEDIA TENSIÓN	24
2.8.3 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN INTERIOR.....	25
2.8.3.1 EDIFICIO INTERIOR.....	25
2.8.3.1.1 CABINAS DE MEDIA TENSIÓN.....	27
2.8.3.1.1.1 DISTRIBUCIÓN DE CELDAS	28
2.8.4 CRITERIOS PARA LA INSTALACIÓN EXTERIOR.....	29
2.8.5 OBRA CIVIL	30
2.8.5.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS	30
2.8.5.2 CIMENTACIONES PARA APARAMENTA Y PÓRTICOS.....	31
2.8.5.3 CANALIZACIONES DE CABLES	31
2.8.5.4 URBANIZACIÓN.....	31
2.8.5.5 ESTRUCTURAS METÁLICAS	32
2.8.5.5.1 PÓRTICOS DE ENTRADA A TRANSFORMADORES	32
2.8.5.5.2 SOPORTES DE APARAMENTA.....	32
2.8.5.6 INSTALACIONES	32
2.8.5.6.1 VALLADO EXTERIOR.....	32
2.8.5.6.2 PUERTAS PRINCIPALES DE ACCESO A LOS RECINTOS.....	33
2.8.5.6.2 VIALES	33
2.8.5.6.4 DRENAJES	33
2.8.6 CONDUCTORES DE POTENCIA	34
2.8.6.1 EMBARRADO PRINCIPAL.....	34
2.8.6.2 DERIVACIONES DE BARRAS	34
2.8.7 TRANSFORMADORES DE POTENCIA.....	35
2.8.7.1 TRANSFORMADORES DE POTENCIA A LA INTEMPERIE.....	37
2.8.7.1.1 DISEÑO, TIPO Y NECESIDADES	35
2.8.7.1.2 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL TRANSFORMADOR DE 40 MVA.....	36
2.8.7.1.3 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL TRANSFORMADOR DE 60 MVA.....	37
2.8.7.1.4 ACCESORIOS Y ENSAYOS A REALIZAR.....	38
2.8.7.1.5 ACOPLAMIENTO EN PARALELO.....	40
2.8.7.2 TRANSFORMADORES A SERVICIOS AUXILIARES	40
2.8.7.2.1 GENERALIDADES.....	40
2.8.7.2.2 DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y ENSAYOS A REALIZAR	41
2.8.8 COMPENSADOR DE NEUTRO	42
2.8.8.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOBINAS EN ZIG-ZAG.....	43
2.8.9 SECCIONADORES.....	43
2.8.9.1 GENERALIDADES	43

2.8.9.2 SECCIONADORES DE 220 kV	44
2.8.9.3 SECCIONADORES DE 25 kV	45
2.8.10 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS.....	46
2.8.10.1 GENERALIDADES	46
2.8.10.2 ELECCIÓN.....	47
2.8.10.2.1 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS DE 220 kV.....	48
2.8.10.2.2 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS DE 25 kV.....	49
2.8.11 EQUIPOS DE PROTECCIÓN.....	50
2.8.11.1 PROTECCIONES PROPIAS DE LOS TRANSFORMADORES	51
2.8.11.1.1 INTRODUCCIÓN A LAS PROTECCIONES	51
2.8.11.1.2 REFRIGERACIÓN INDEPENDIENTE.....	52
2.8.11.1.3 PROTECCIÓN DE GASES DE LOS TRANSFORMADORES.....	52
2.8.11.1.4 PROTECCIÓN DE IMAGEN TÉRMICA	53
2.8.11.1.5 SEÑALIZACIONES	53
2.8.11.2 PROTECCIÓN DE LAS LÍNEAS DE LLEGADA.....	53
2.8.11.2.1 PROTECCIÓN DE DISTANCIA.....	54
2.8.11.2.2 GENERALIDADES.....	54
2.8.11.2.2 ZONAS DE PROTECCIÓN.....	54
2.8.11.2.3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	55
2.8.11.3 PROTECCIÓN DE SOBRETENSIÓN Y SUBTENSIÓN.....	55
2.8.11.3.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	55
2.8.11.3.2 SOBRETENSIÓN Y SUBTENSIÓN	56
2.8.11.4 PROTECCIÓN DE FRECUENCIA.....	57
2.8.11.5 PROTECCIÓN DE SOBREINTENSIDAD	57
2.8.11.5.1 PROTECCIÓN DE SOBREINTENSIDAD EN LAS LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN A TRANSFORMADORES (LADO DE ALTA TENSIÓN).....	57
2.8.11.5.2 PROTECCIÓN DE SOBREINTENSIDAD EN EL DEVANADO SECUNDARIO	58
2.8.11.5.2.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	58
2.8.11.6 PROTECCIÓN DIFERENCIAL DE LOS TRANSFORMADORES	60
2.8.11.6.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	60
2.8.11.6.1.1 TRANSFORMADORES AUXILIARES	61
2.8.11.6.1.2 ASPECTOS AL DISPARO DEL RELÉ.....	62
2.8.11.6.1.3 RELÉ DIFERENCIAL.....	62
2.8.11.6.1.4 CONEXIONADO DEL RELÉ DIFERENCIAL	62
2.8.11.7 PROTECCIÓN DIFERENCIAL DE NEUTRO	63

2.8.11.8 DETECTOR DE PRESENCIA/AUSENCIA DE INTENSIDAD HOMOPOLAR EN ELEMENTO DE PUESTA A TIERRA EN MEDIA TENSIÓN.....	64
2.8.11.9 PROTECCIÓN DE CUBA	64
2.8.11.10 PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES	65
2.8.11.10.1 PARARRAYOS DE 220 kV.....	65
2.8.11.10.2 PARARRAYOS DE 25 kV	66
2.8.11.11 PROTECCIÓN LÍNEAS DE SALIDA	66
2.8.11.12 REENGANCHES	67
2.8.12 TRANSFORMADORES DE MEDIDA Y PROTECCIÓN.....	68
2.8.12.1 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD	68
2.8.12.1.1 LÍNEAS DE LLEGADA.....	68
2.8.12.1.2 LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN A TRANSFORMADORES DE POTENCIA	69
2.8.12.1.3 LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN A BARRAS.....	70
2.8.12.1.4 SALIDA DE LÍNEAS	71
2.8.12.1.5 TRANSFORMADORES PARA EL NEUTRO DEL ZIG-ZAG.....	71
2.8.12.1.6 TRANSFORMADOR PARA LA CUBA.....	72
2.8.12.2 TRANSFORMADORES DE TENSIÓN.....	73
2.8.12.2.1 LÍNEAS DE LLEGADA	73
2.8.12.2.2 LINEAS DE ALIMENTACIÓN A BARRAS	74
2.8.12.2.3 EMBARRADO DE 25 kV.....	74
2.8.13 RED GENERAL DE TIERRA	75
2.8.13.1 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO	75
2.8.13.2 INSTALACIÓN DE LA RED DE TIERRA.....	76
2.8.13.3 COMPROVACIONES AL FINAL DE LA INSTALACIÓN	76
2.8.13 ALUMBRADO.....	77
2.8.13.1 ALUMBRADO INTERIOR	77
2.8.13.2 ALUMBRADO EXTERIOR.....	78
2.8.13.3 ALUMBRADO DE EMERGENCIA	78
2.8 PLANIFICIÓN.....	80
2.9 ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE LOS DOCUMENTOS BÁSICOS.....	83

2.1 OBJETO DEL PROYECTO

La elaboración del presente proyecto tiene por objeto la construcción de una nueva Subestación, que garantice una correcta atención a la demanda eléctrica actualmente en servicio. Esta instalación se elabora con el fin de mejorar la calidad del servicio de la red de distribución de 25 kV, al igual que aumentar la potencia del suministro en las proximidades de la ciudad de Tarragona y de la población de Valls, en concreto, en el polígono Industrial de dicha población, por mediante de la incorporación de una nueva Subestación Transformadora de relación 220/25 kV y 100 MVA.

2.2 ALCANCE DEL PROYECTO

Teniendo en cuenta que la redacción del proyecto es de nueva construcción, se tiene por alcance la descripción, cálculos y diseño del parque de intemperie de 220 kV y la descripción de los equipos de la instalación interior, para poder conseguir la construcción de la nueva Subestación Transformadora en las cercanías de la población de Tarragona.

2.3 ANTECEDENTES

Teniendo en cuenta como referencia, la actual demanda de energía eléctrica en la provincia de Tarragona, y atendiendo al programa infraestructural previsto para un futuro no lejano, es necesario para poder asimilar la gran demanda de potencia a causa de la expansión de la zona y debido a los grandes proyectos de futuro en infraestructuras e industrias, la creación de una nueva Subestación Transformadora que favorezca el transporte de la energía y garantice la adecuada atención a la demanda eléctrica.

2.4 NORMAS Y REFERENCIAS

2.4.1 DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS OBLIGATORIAS

El proyecto y la redacción del mismo se realizarán de acuerdo a las siguientes disposiciones legales y normas obligatorias:

- **Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias RD 327/82 de 12/11 BOE N°288 de 1/12/82 OM de 67/84 BOE de 1/8/84.**

- **Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía, aprobado por R.D. de 12 de marzo de 1954 con las correspondientes modificaciones hasta la fecha.**

- **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias, Decreto 2413/1973 de 20/9, BOE nº 242 de 9/10/73 y R.D. 2295/85 de 9/10 BOE nº 242.**

- **Normas relativas a la Seguridad y Salud en el Trabajo, Construcción y Protección contra incendios en las instalaciones eléctricas de Alta y Baja Tensión.**

- **Normas UNE que sean de aplicación.**

- **Normas CEI que sean de aplicación.**

- **Normas Tecnológicas de la Edificación que sean de aplicación.**

- **Normas UNE aplicables del Instituto Nacional de Racionalización en el Trabajo.**

- **Normas particulares de FECSA – ENHER.**

- **Normas particulares del Grupo ENDESA.**

2.4.2 BIBLIOGRAFIA

PROTECCIONES EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

AUTOR: **PAULINO MONTANÉ**

EDITORIAL: **MARCOMBO**

TEMARIO APLICABLE:

Capítulo 2: Equipos asociados a las protecciones.

Capítulo 4: Enumeración y descripción de los sistemas de protección más usuales.

Capítulo 5: Recomendaciones para la protección de instalaciones eléctricas.

Capítulo 6: Coordinación de los sistemas de protección.

Capítulo 7: Etapas fundamentales para la definición, instalación y conservación de las protecciones.

**ESTACIONES DE TRANSFORMACIÓN Y DISTRIBUCIÓN PROTECCION
DE SISTEMAS ELÉCTRICOS**

AUTOR: D. JOSÉ RAMÍREZ VÁZQUEZ

EDITORIAL: EDICIONES CEAC

TEMARIO APLICABLE:

Parte I

Capítulo 1: Fundamentos para el cálculo de corrientes de cortocircuito.

Capítulo 6: Esfuerzos provocados por las corrientes de cortocircuito.

Capítulo 7: Limitación de las corrientes de cortocircuito.

Parte II

Capítulo 1: Características generales de los aparatos de corte de alta tensión.

Capítulo 2: Seccionadores de alta tensión.

Capítulo 3: Interruptores de alta tensión.

Capítulo 10: Cortacircuitos fusibles.

Parte III

Capítulo 1: Relés para la protección de sistemas eléctricos.

Capítulo 2: Clases de protección de sistemas eléctricos.

Capítulo 4: Protección de transformadores.

Capítulo 5: Protección de barras generales.

Capítulo 6: Protección de redes de distribución. Conceptos Generales.

Capítulo 7: Protección de redes de distribución. Sistemas de protección por escalonamiento.

Capítulo 8: Protección de redes de distribución. Sistemas de protección por comparación.

Capítulo 9: Protección de redes de distribución. Protección contra las puestas a tierra.

Capítulo 11: Descripción de algunos tipos de relés.

Capítulo 12: Relés electrónicos de protección.

Capítulo 13: Sobretensiones.

Capítulo 14: Protección contra sobretensiones.
Capítulo 15: Pararrayos.

Parte IV

Capítulo 2: Transformadores.
Capítulo 3: Aparatos de medida.
Capítulo 4: Conductores y elementos de conexión y montaje.
Capítulo 5: Cuadros de distribución y de mando.
Capítulo 6: Puesta a tierra de protección y de servicio.
Capítulo 7: Instalaciones de distribución de alta tensión para exteriores.
Capítulo 9: Instalaciones prefabricadas de distribución de alta tensión.

ANÁLISIS DE SISTEMAS DE POTENCIA

AUTOR: JOHN J. GRAINGER
WILLIAM D. STEVENSON Jr.

EDITORIAL: MCGRAWHILL

TEMARIO APLICABLE:

Capítulo 2: Transformadores.
Capítulo 3: Fallas simétricas.
Capítulo 12: Fallas asimétricas.

ASIGNATURAS DE INTERÉS

Transporte de Energía Eléctrica

Instalaciones Eléctricas II

PÁGINAS WEB's DE INTERÉS

Página Web: www.pirelli.es

Página Web: www.schneiderelectric.com

Página Web: www.abb.es

Página Web: www.ormazabal.es

Página Web: www.alstom.es

Página Web: www.isodel.com

Página Web: www.arruti.com

2.4.3 PROGRAMAS DE CÁLCULO

Microsoft project, para la planificación de los trabajos.

Calculux, para el cálculo de luminarias interiores de la Subestación.

2.4.4 PLAN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD APLICADO DURANTE LA REDACCIÓN DEL PROYECTO

En primer lugar se han efectuado los estudios de las posibles soluciones, seguidamente, la elaboración de los planos. Procediendo los cálculos, memorias y consecuentemente se ha completado la presente obra.

Cabe citar las normas *UNE 1570101*, sobre criterios de elaboraciones de proyectos, que se han seguido para la elaboración del proyecto.

2.4.5 OTRAS REFERENCIAS

No es de aplicación.

2.5 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

DEFINICIONES

Aparamenta eléctrica: es el conjunto de aparatos de maniobra, de regulación, de seguridad o de control y los accesorios de canalización utilizados en las instalaciones eléctricas.

Aparatos de corte: elementos destinados a asegurar la continuidad o discontinuidad de los circuitos eléctricos.

Seccionadores: aparatos utilizados para abrir o cerrar un circuito cuando no está recorrido por una corriente, y previstos especialmente para aislar, de una red bajo tensión, una máquina, un aparato, un conjunto de aparatos o una sección de una línea, para que sea posible el tocarlos sin peligro. La ruptura es visible. No están preparados para cortar corrientes.

Interruptores: aparatos destinados a interrumpir y a conectar circuitos en condiciones normales de carga.

Interruptores, seccionadores: interruptores que en posición de apertura, responden además a las condiciones impuestas a los seccionadores.

Disyuntores: dispositivos destinados a interrumpir o establecer circuitos en condiciones normales de carga, así como en las condiciones anormales que se presentan en el caso de cortocircuitos.

Corriente nominal: corresponde a la corriente que el aparato puede soportar indefinidamente en condiciones nominales de empleo.

Poder de ruptura: de un aparato es la mayor intensidad de corriente que es capaz de cortar en unas condiciones de empleo dadas.

Poder de conexión: es la mayor corriente que un aparato es capaz de cerrar a una temperatura dada y en las condiciones prescritas de empleo y funcionamiento, sin deteriorarse ni dar origen a manifestaciones externas excesivas.

Órgano de entrada: detecta las señales procedentes de una perturbación y las convierte en señales aptas para ser recogidas por el relé de protección.

Órgano de conversión: convierte las señales procedentes del órgano de entrada, de tal forma que puedan medirse por el órgano de entrada.

Órgano de medida: es la parte más importante del dispositivo de protección, es el encargado de medir las señales procedentes de los órganos anteriores.

Órgano de salida: es el elemento intermediario entre el dispositivo de protección y los órganos accionados por este dispositivo.

Órgano accionado: es la bobina de mando de los disyuntores, que producen la desconexión de éstos en caso de perturbación.

Corriente nominal: corriente para la que ha sido calibrado el relé.

Corriente máxima admisible: llamada también valor de sobreintensidad.

Corriente a la apertura: es el valor máximo de la intensidad que pueden cortar los contactos de un relé, en el momento de la apertura de los mismos.

Corriente al cierre: Valor máximo de la intensidad que puede atravesar los contactos del relé en el momento del cierre de los mismos.

Corriente de retorno: Valor de la corriente para que el relé vuelva a su posición de reposo.

Tensión de servicio: Es la tensión para la que ha sido calibrado un aparato.

Tensión de funcionamiento: es el límite inferior del valor de la tensión que provoca el funcionamiento del relé.

Tensión permanente admisible: es el valor máxima de la tensión que puede soportar la bobina de un relé, o los contactos del mismo, en un tiempo especificado.

Tensión de retorno: Valor de la tensión para la que el relé vuelve a su posición de reposo.

Potencia de consumo: es la potencia absorbida por los circuitos del relé para la tensión de servicio y la intensidad nominal. Se expresa en vatios o en voltamperios.

Potencia de funcionamiento: es el límite inferior del valor de la potencia, que provoca el funcionamiento del relé.

Potencia permanente admisible: es el valor máximo de la potencia que pueden soportar los circuitos del relé.

Potencia a la apertura: es el valor máximo de la potencia que pueden cortar los contactos de un aparato, en el momento de la apertura de los mismos.

Potencia al cierre: Valor máximo de la potencia que pueden soportar los contactos del relé, en el momento del cierre de los mismos.

Potencia de retorno: Valor de la potencia para la que el relé vuelve a su posición de reposo.

Instante de excitación: Instante en que la magnitud eléctrica alcanza el valor de funcionamiento.

Temporización: Retardo introducido voluntariamente en el tiempo de funcionamiento de un relé.

Relé de acción instantánea: Relé sin dispositivo de retardo. Entra en acción en el mismo instante en que la magnitud eléctrica llega a su valor de funcionamiento.

Relé de acción diferida: entra en acción después de cierto tiempo de haber alcanzado la magnitud eléctrica.

Relé de retardo independiente: Es el relé de acción diferida cuyo retardo es siempre el mismo cualquiera que sea el valor de la magnitud eléctrica que provoca el funcionamiento del relé.

ABREVIATURAS

E.T.:	Estación transformadora
kV.:	kilovoltios
MVA:	Megavoltamperios
A.T.:	Alta tensión
R.A.T.:	Reglamento Alta Tensión.
R.C.E.:	Reglamento sobre Condiciones Técnicas de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

2.6 REQUISITOS DE DISEÑO

El promotor nos ha descrito las bases de partida establecidas por la empresa explotadora de la red, seleccionando las condiciones técnicas de partida, tales como la ubicación, potencia, control y líneas de interconexión a la Subestación.

La Subestación estará formada por un parque exterior de 220 kV, dos transformadores de 220/25 kV, 13 celdas blindadas en SF6 de doble barra, más 7 para posibles ampliaciones.

2.7 ANÁLISIS DE SOLUCIONES

2.7.1 EMBARRADO DE LA SUBESTACIÓN

Con el fin de obtener flexibilidad en el funcionamiento y la continuidad en el servicio más conveniente para la explotación con unos gastos mínimos de instalación y de mantenimiento, se realiza un estudio sobre las diferentes posibilidades de conexión de los circuitos principales de la subestación. Algunas de las posibles soluciones son las siguientes:

2.7.1.1 JUEGO DE BARRAS SENCILLO

Es el más simple y económico, se utiliza preferentemente en instalaciones de pequeña potencia.

Las ventajas que presenta son:

- Instalación simple y de maniobra sencilla.
- Complicación mínima de conexionado.
- Coste reducido.

Inconvenientes:

- Una avería en las barras, interrumpe totalmente el suministro de energía.
- La revisión de un disyuntor elimina del servicio la salida correspondiente.
- No es posible la alimentación separada de una o varias salidas.
- Resulta imposible la ampliación de la estación sin ponerla fuera de servicio.

Esta solución se puede complementar dividiendo la barra con interruptores y seccionadores obteniendo mayor flexibilidad, pudiendo dejar una parte en funcionamiento mientras se repara o revisa la otra.

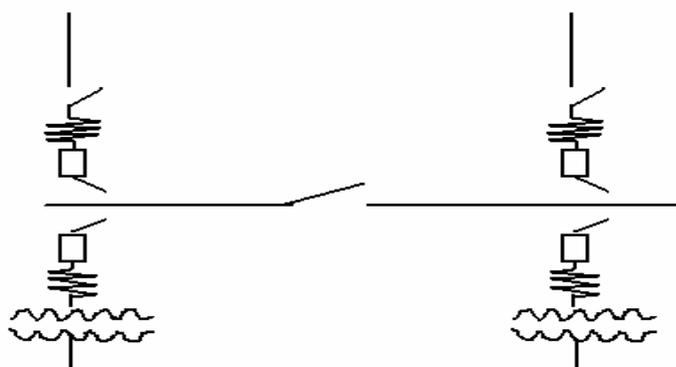


Figura 1. Juego de barras sencillo.

2.7.1.2 DOBLE JUEGO DE BARRAS

Con esta disposición, cada línea puede alimentarse indistintamente desde cada uno de los juegos de barra y, por tanto, resulta posible dividir las salidas en dos grupos independientes. También resulta posible conectar todas las líneas sobre un juego de barras mientras se realizan trabajos de revisión sobre el otro juego de barras.

Para conectar las líneas de alimentación de uno a otro sistema de barras es necesario añadir un disyuntor de amarre de barras.

También sucede que, el sistema queda fuera de servicio cuando se produce una avería en la barra principal.

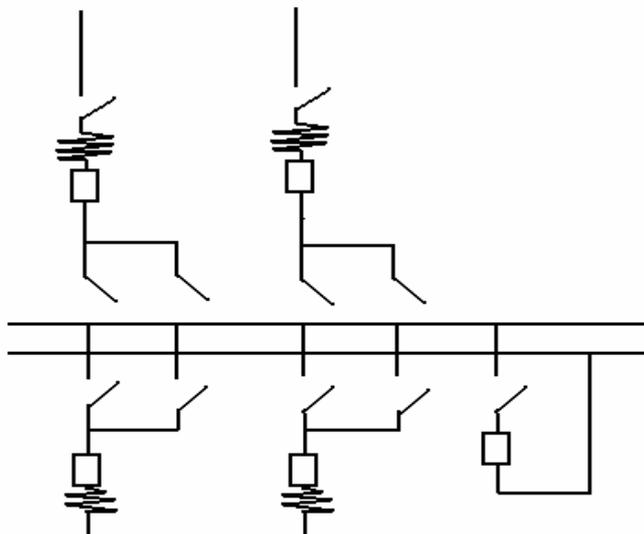


Figura 2. Doble juego de barras.

2.7.1.3 TRIPLE JUEGO DE BARRAS

Se emplea frecuentemente para instalaciones con muy altas tensiones. El sistema comprende dos juegos de barras principales y un juego auxiliar. Cada juego de barras tiene su protección diferencial independiente para evitar la desconexión total de la subestación. En caso de fallo, los juegos de barras principales permiten que la mitad de las líneas se conecten a un juego y la otra mitad al otro. Las barras auxiliares sirven para que el interruptor de acoplamiento pueda sustituir la operación de cualquier interruptor del circuito.

Esta solución permite dar mantenimiento o reparación a cualquier interruptor sustituyéndolo por el de acoplamiento sin alterar el suministro de energía.

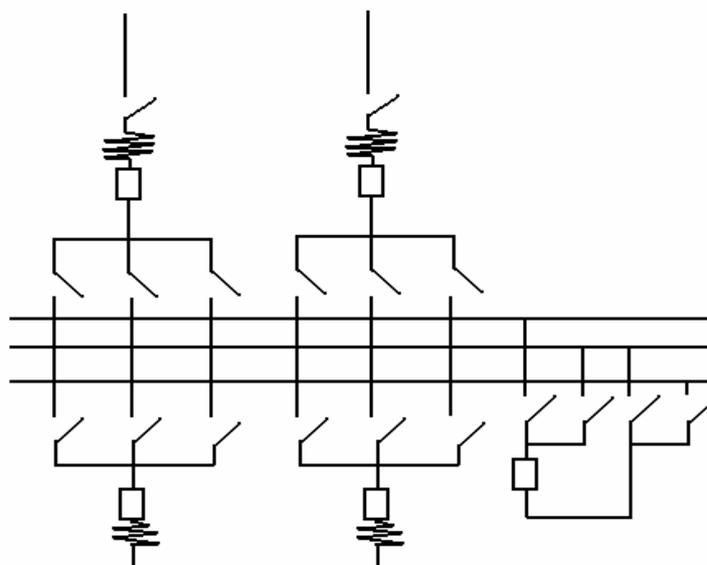


Figura 3. Triple juego de barras.

2.7.1.4 JUEGO DE BARRAS EN ANILLO

Es un esquema muy flexible en su operación, pues permite una perfecta continuidad de servicio, aun en el caso de que salga de servicio cualquier transformador de línea ante la desconexión de un disyuntor. Al salir de servicio cualquier circuito por motivo de una falla, se abren los dos interruptores adyacentes, se cierran los interruptores de enlace y queda restablecido el servicio instantáneamente.

Si falla un transformador o una línea, la carga se pasa al otro transformador o línea, o se reparte entre los dos adyacentes. En caso de haber más de dos transformadores, se puede usar un arreglo con doble anillo.

Prácticamente requiere el mismo equipo que el juego de barras sencillo, con la ventaja de que se ahorra la protección de barras.

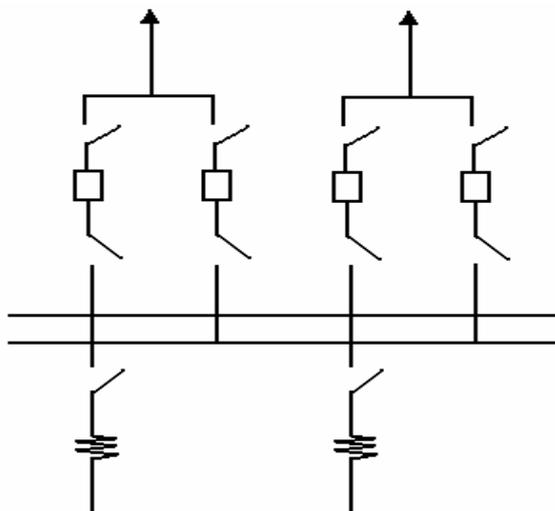


Figura 4. Juego de barras en anillo.

2.7.1.5 RESUMEN DE CONCLUSIONES SOBRE EL EMBARRADO

	VENTAJAS	INCONVENIENTES
<i>Juego de barras sencillo</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Instalación simple y de maniobra sencilla -Complicación mínima de conexonado -Coste reducido 	<ul style="list-style-type: none"> -Interrupción del servicio, interrumpe el suministro de energía -Las revisiones de disyuntores elimina el servicio de energía correspondiente -Mantenimiento deficiente
<i>Doble juego de barras</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Alimentación desde cada juego de barras - Mantenimiento mucha más flexible que el anterior -El fallo en una barra, no implica la desconexión total del sistema 	<ul style="list-style-type: none"> -Aumento de precio a causa de la cantidad de interruptores y disyuntores
<i>Triple juego de barras</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Permite un mantenimiento sin alterar el suministro. -El fallo en una barra, no altera el suministro 	<ul style="list-style-type: none"> -Aumento de precio a causa de la cantidad de interruptores y disyuntores
<i>Barras en anillo</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Esquema extremadamente flexible -Permite un gran flexibilidad en el servicio -Ahorro de protección de barras 	

2.7.2 ELECCIÓN DEL TRANSFORMADOR PARA SERVICIOS AUXILIARES

Para la elección del transformador, llegamos a la conclusión de varias soluciones a considerar:

Transformador en baño de aceite

Transformador seco



Figura 5. *En baño de aceite*



Figura 6. *Trafo Seco*

	<i>EN BAÑO DE ACEITE</i>	<i>TRANSFORMADOR SECO</i>
<i>Ventajas</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Menor mantenimiento - Buena conservación del aislante - Buena conservación del dieléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> - Menor coste de compra
<i>Inconvenientes</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor precio de compra 	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor mantenimiento - Reparaciones mas costosas a causa de los bobinados encapsulados

2.7.3 ELECCIÓN DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS

Entre los interruptores automáticos existentes en el presente, destacan dos de ellos que han hecho evolucionar las técnicas de funcionamiento y que obligan, en algunas circunstancias, a la elección de uno u otro tipo de elección de interruptor.

2.7.3.1 INTERRUPTORES EN BAÑO DE ACEITE

Su funcionamiento está basado en la inmersión de dos contactos de ruptura de interruptor en aceite. No evita formación del arco, pero la vaporización y descomposición del aceite por el arco consigue que la energía consumida pueda utilizarse para enfriar la columna del arco y los propios contactos.

La ruptura en aceite presenta las siguientes ventajas respecto a la ruptura en el aire, que sería la natural.

Ventajas:

- Menor longitud del arco.
- Mejor aislamiento entre piezas.

Por el lado contrario tiene los siguientes inconvenientes:

- Inflamabilidad del aceite.
- Posibilidad de explosión en la mezcla de gases.
- Polución del aceite por el carbón producido por el arco, obligando a periódicas inspecciones y limpieza de los contactos.
- No son adecuados para la ruptura en corriente continua.

2.7.3.2 INTERRUPTORES DE PEQUEÑO VOLUMEN DE ACEITE

Este tipo de interruptores prescinde del aceite como aislante, sustituyéndolo por un recipiente de material aislante, quedando el aceite únicamente en la cámara de ruptura, más una reserva para renovar el que se consuma.

Este tipo de interruptores cuenta con las siguientes ventajas:

- Son autorregulables, es decir, se adaptan por si mismos al valor de la corriente que ha de ser cortada.
- Emplean unas veinte veces menos volumen de aceite que los de baño de aceite.
- Desionización rápida del trayecto del arco.
- Baja caída de tensión en el arco.
- Mínima disipación de energía
- Reducido deterioro de contacto.

2.7.3.3 INTERRUPTORES EN SF6 (hexafluoruro de azufre)

El agente de extinción y aislamiento interno es el gas SF6 de excepcionales y muy bien conocidas características dieléctricas y de extinción del arco.

El principio de extinción del arco es autosoplado por pistón de compresión tipo campana móvil. Este tipo de pistón supone la mejor solución por sus inmejorables características dieléctricas durante el movimiento de la desconexión.

Las ventajas que supone este tipo de interruptor, son las siguientes:

- Bajas sobretensiones de maniobra en la interrupción de corrientes capacitivas e inductivas, inherentes a la utilización del gas SF6 y al principio de extinción elegido.
- Presión de gas en los polos muy reducida, estaqueizada por doble juego de juntas tóricas.
- Ausencia total de riesgos de explosión o incendios. Por tanto interruptores adecuados para todo tipo de instalaciones.
- Contactos de corriente nominal y de extinción separados que aseguran el paso de la corriente nominal en condiciones invariables, independientemente de la potencia y el número de maniobras acumuladas en servicio.
- Elevado número acumulado de maniobras mecánicas, a intensidad nominal, en cortocircuito y en maniobras de reenganche rápido repetitivo.

2.7.4 SECCIONADORES

Los seccionadores se utilizan para separar diferentes componentes de la instalación, se distinguen de los interruptores en que sus maniobras de conexión y desconexión deben hacerse sin carga.

Los seccionadores tienen diferentes estructuras en función de la tensión nominal de la instalación y, en menor medida, de la corriente y del espacio disponible.

En función de la forma de accionamiento de los contactos, podemos disponer de los siguientes tipos de seccionadores.

2.7.4.1 SECCIONADORES DE CUCHILLAS GIRATORIAS

Se utilizan sobre todo para media tensión. Son dos aislantes de soporte, con un muelle de contacto y una cuchilla que gira alrededor de un eje.

Es preferible que sean tripolares, aunque resulten más caros, debido a que, al ir unidos por un eje común, permite el accionamiento conjunto. Según si trabajan a la intemperie o en el interior, varían las dimensiones generales y los aisladores.

2.7.4.2 SECCIONADORES DE COLUMNAS GIRATORIAS

Su uso es en general en distribuciones a la intemperie de más de 30 kV.

Están compuestos por tres columnas, dos exteriores fijas y una en la parte media giratoria. Esta última, al girar cierra o abre el circuito mediante una barra instalada en la parte superior, haciendo de contacto móvil.

Este seccionador puede montarse con cuchillas de puesta a tierra, impidiendo así cualquier falsa maniobra. El aislador central de los seccionadores de una columna giratoria, puede ahorrarse si las dos columnas se hacen giratorias, en cuyo caso, los brazos de contacto giran hasta conectarse.

2.7.4.3 SECCIONADORES DE CUCHILLAS DESLIZANTES

La capacidad de conexión es menor que en los seccionadores de cuchillas giratorias. Se emplean cuando el deslizamiento lateral de las cuchillas no es posible, siendo este un desplazamiento longitudinal.

2.7.5 CONDUCTORES

Es conveniente considerar las ventajas y desventajas de los conductores de aluminio, aluminio con alma de acero y cobre con el objeto de marcar un criterio para su selección.

2.7.5.1 CONDUCTORES DE ALUMINIO

La gran desventaja que nos ofrecen los cables de aluminio, es su poca dureza y poca resistencia, con la consecuencia del aumento de flecha.

Al contrario, una de las características del aluminio, es su gran duración.

2.7.5.2 CONDUCTORES DE ALUMINIO CON ALMA DE ACERO

El empleo de cables de aluminio con alma de acero en líneas aéreas de transmisión permite distancias interpostales mucho mayores que con el empleo de conductores de cobre, lo que trae un ahorro considerable en estructuras aisladores y herrajes. No cabe considerar este análisis, ya que el que caso del dimensionado de conductores para una subestación, las distancias son realmente pequeñas, pero puede ser una posibilidad a tener en cuenta.

En desventaja, encontramos que los cables de aluminio con alma de acero no deben emplearse en zonas de contaminación fuerte o con atmósfera salubre en lugares próximos al mar, ya que los efectos de la corrosión electroquímica entre los hilos de acero y de aluminio los destruyen muy rápidamente.

Podemos encontrar otra desventaja respecto los solamente de aluminio, que son de mayor peso.

2.7.5.3 CONDUCTORES DE COBRE

Los alambres pueden ser de cobre duro o recocido. No se puede fabricar un cable formado únicamente por alambres de cobre recocido debido a su poca resistencia a la rotura; por lo tanto, los cables empleados están formados por alambres de cobre duro.

2.7.5 AISLADORES

Se entenderá como aislador a un soporte no conductor para un conductor eléctrico.

Los aisladores pueden ser de acuerdo al material de fabricación, de porcelana vidriada, o vidrio templado.

En términos generales los aisladores de vidrio tienen las siguientes ventajas sobre la porcelana.

1) Se pueden observar las perforaciones y constituciones homogéneas.

2) Después de una onda de sobrevoltaje un aislador fallado se puede identificar más rápidamente por lo que el vidrio se estrella y la porcelana se rompe cuando falla el dieléctrico.

3) El vidrio tiene un menor coeficiente de expansión térmica lo cual minimiza los esfuerzos causados por cambios en la temperatura ambiente.

4) Los aisladores de vidrio sufren un sobrecalentamiento menor debido a los rayos solares ya que la mayoría de ellos pasan a través de estos y no son absorbidos como en los de porcelana.

2.8 RESULTADOS FINALES

2.8.1 GENERALIDADES DE LA INSTALACIÓN

La subestación transformadora, dispone de dos líneas de alimentación a una tensión nominal entre fases de 220 kV. Las dos líneas de llegada se conectarán en paralelo, de esta forma se reducirán a la mitad la potencia de pérdidas en calor por efecto Joule.

Mediante dos transformadores de gran potencia, se reducirá la tensión de entrada de 220 kV a 25 kV para poder distribuir toda esta energía a las zonas requeridas.

En un principio se prevén 7 líneas de salida a 25 kV, capaces de transportar 10 MVA de potencia nominal, sin ningún problema.

Y se disponen de 7 cabinas adicionales para posibles ampliaciones de la Subestación.

Los equipos auxiliares constan de dos transformadores trifásicos de 25/0,4 kV de una potencia de 250 kVA, para disponer de la energía necesaria que alimente la Subestación transformadora.

2.8.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN

2.8.2.1 EQUIPOS ELÉCTRICOS

2.8.2.1.1 Equipos eléctricos de alta tensión

Generalidades de la instalación	
<i>Tensión nominal de servicio:</i>	220 kV
<i>Tensión más elevada para el material:</i>	245 kV
<i>Tensión de ensayo a frecuencia industrial 1 min:</i>	460 kV
<i>Tensión de ensayo con onda de choque tipo rayo:</i>	1050 kV

El suministro de energía, se realiza mediante dos líneas de entrada de 220 kV, procedentes de “Bellisens”, que permiten la entrada y salida del suministro eléctrico, con los siguientes equipos para cada una de las líneas de entrada:

Líneas de llegada (para cada una de las líneas)

- 3 transformadores de tensión capacitivos de 220 kV.
- 1 seccionador tripolar con P.a T. en el lado de línea, de 220 kV.
- 3 transformadores de intensidad de 220 kV.
- 1 interruptor tripolar automático de 220 kV.
- 1 seccionador tripolar a barras de 220 kV.

1 conjunto de barras simple, con el siguiente equipo

- 1 seccionador de dos polos de 220 kV.

Equipo de barras de Alta tensión a transformador de 60 MVA

- 1 seccionador tripolar a barras de 220 kV.
- 1 interruptor tripolar de 220 kV.
- 3 transformadores de intensidad de 220 kV.
- 3 pararrayos de 220 kV.
- 1 Trafo de 220/25 kV de 60 MVA.
- 1 Reactancia tipo "zig-zag" para la P. a T. del neutro de 25 kV.

Equipo de barras de Alta tensión a transformador de 40 MVA

- 1 seccionador tripolar a barras de 220 kV.
- 1 interruptor tripolar de 220 kV.
- 3 transformadores de intensidad de 220 kV.
- 3 pararrayos de 220kV.
- 1 Trafo de 220/25 kV de 40 MVA.
- 1 Reactancia tipo "zig-zag" para la P. a T. del neutro de 25 kV.

2.8.2.1.2 Equipos eléctricos de media tensión

Generalidades de la instalación	
<i>Tensión nominal de servicio:</i>	25 kV
<i>Tensión más elevada para el material:</i>	36 kV
<i>Tensión de ensayo a frecuencia industrial 1 min:</i>	70 kV
<i>Tensión de ensayo con onda de choque tipo rayo:</i>	170 kV

Cabinas de Media Tensión

Los equipos de 25 kV están formados por un conjunto de cabinas de doble barra, tipo blindado SF6 de la marca SIEMENS.

Las características de las cabinas instaladas, así como de los elementos que la integran, tanto químicos como mecánicos, garantizan la seguridad debido a la fiabilidad

de los mismos y del montaje realizado por el fabricante bajo las normas vigentes. En particular podemos destacar:

- El SF6 no es inflamable y además resulta insensible a las condiciones atmosféricas y agentes externos, garantizando el no deterioro de las partes en tensión con lo que se minimizan los posibles problemas de contacto entre partes activas, y por lo tanto el riesgo de accidente durante las maniobras.
- Las cabinas están construidas con un blindaje especialmente estudiado para soportar el impulso de sobrepresión resultante en caso de arco eléctrico interno.
- Los enclavamientos mecánicos y eléctricos no permiten la manipulación no adecuada de la aparamenta, como por ejemplo en el caso de bloqueo de la conexión por baja presión de SF6, el elemento aislante, o bien en el supuesto de estar conectada la cuchilla de tierra, que permite descargar la posible tensión existente en la salida para garantizar la seguridad del personal durante los trabajos de montaje y mantenimiento en la cabina. Estas medidas entre otras reducen los riesgos de accidente al tiempo que garantizan la integridad de las personas y los bienes.
- Tanto el diseño como el montaje de las cabinas, así como de sus elementos, está sujeto a las normativas vigentes, en particular cumple con todo lo referente a la norma CEI-298.

Baterías de condensadores

La Subestación dispone de una batería de condensadores estáticos de 25 kV y 6 MVar de potencia alimentadas desde una de las cabinas de 25 kV con un cable de aluminio 18-30 kV de 3x (1x240 mm²) de sección.

2.8.3 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN INTERIOR

2.8.3.1 EDIFICIO INTERIOR

En la totalidad de Subestaciones de grandes potencias, al igual que la proyectada en este mismo proyecto, la opción de una instalación interior es la más apropiada.

Por lo que al tener un nivel de tensión mucho menos respecto las líneas de entrada a la subestación, se tiene una instalación de 25 kV en un edificio.

Los paneles de control y protección y las celdas de 25 kV, se encuentran en un edificio de una sola planta, de geometría rectangular de dimensiones de 40 x 7 m, con una sala para el cuadro de mando y los paneles de control y protección, una sala para las celdas de 25 kV, un almacén, un servicio y unos vestuarios de. La altura interior del edificio es de 4 m.

Esta sala de control se dispone de aire acondicionado para mantener una temperatura constante entre 20° y 25° C, durante todo el año, mantiene además, una ventilación natural.

En la sala de cabinas se encuentran las celdas blindadas de 25 kV de Siemens. La sala dispone de un sistema de ventilación forzada, mediante ventiladores instalados en las paredes del edificio. Las cabinas de 25 kV tienen su conexión en su parte inferior, por ello dispone de un foso de 1,8 m de profundidad debajo de la zona de montaje de las cabinas, con dos escaleras de acceso en los extremos, y disponiendo los tubos para la entrada y salida de los cables de media tensión hacia el exterior del edificio. La cimentación del edificio será de hormigón armado H-200 con armadura de acero AEH 500 G de límite elástico 5100 kp/cm², sobre la cimentación hay instalada una estructura metálica que sirve de anclaje a las cabinas.

En todas las dependencias del edificio hay instalados detectores de humos, conectados a la centralita de alarmas.

En la sala de mando dispone de un sobrepiso de 20 cm de altura, que sirve de canalización para los cables. En esta sala están ubicados los paneles de control y protecciones, en lo cual encontramos los relés que protegerán la totalidad de la Subestación, encontrando los siguientes:

- Líneas de llegada: equipo de relés de distancia, relés de sobreintensidad y sobre y subfrecuencia.
- Líneas a transformadores: protecciones contra sobreintensidad y protección diferencial para cada uno de los transformadores.
- Alimentación a barras de Media Tensión: protecciones contra sobreintensidades, protección diferencial de barras, mínima tensión.
- Salida de líneas: sobreintensidad.

Los cuadros de servicios auxiliares de c.a. (380/220 Vca.) y de c.c. (125 y 48 Vcc), las baterías de c.c. y equipos rectificadores y los equipos de comunicaciones, se ubicarán también en este recinto.

El equipo auxiliar de la subestación estará alimentado mediante los transformadores trifásicos de 25/0,4 kV y de una potencia de 250 kVA.

La totalidad de energía del transformador se desglosará de la siguiente manera:

- Líneas para alumbrado

Formado por cinco líneas principales:

- a) Alumbrado de acceso a la Subestación

- b) Alumbrado del parque de 220 kV
- c) Alumbrado a la sala de control
- d) Alumbrado a la sala de cabinas
- e) Alumbrado en el almacén

- Circuito de fuerza

Formado por cuatro líneas principales:

- a) Sala de control
- b) Sala de cabinas
- c) Almacén y parque
- d) Aire acondicionado

- Carga de batería de acumuladores

Estas líneas irán destinadas para el cargador de las baterías, así como para el rectificador que alimenta la corriente continua al mando de relés y maniobra de diferente aparamenta de la subestación, que debe de funcionar con corriente continua.

El conjunto de batería-rectificador de 250 Ah. y 125 Vcc. se resuelve de la siguiente manera:

- Dos conjuntos batería-rectificador de 140Ah. y 48 Vcc.
- Cuadros de distribución de batería 125 Vcc y 48 Vcc.
- Conjunto batería-rectificador de 110 Vcc. Alumbrado de emergencia.

2.8.3.1.1 Cabinas de media tensión

En el edificio interior, se dispondrán 13 cabinas, más 2 para posibles ampliaciones, de 25 kV blindadas con aislamiento en SF6, y bajo envolvente metálico, de ejecución prefabricada para instalaciones interiores y en conformidad con los ensayos tipo, según la norma CEI-298.

Cada una de las cabinas estará formada por:

- Interruptor automático
- Transformador de intensidad
- Transformador de tensión
- Seccionador de barras
- Seccionador de puesta a tierra

Con las siguientes características técnicas:

- <i>Fabricación</i>	SIEMENS
- <i>Servicio</i>	Interior
- <i>Frecuencia</i>	50 Hz
- <i>Tensión nominal</i>	25 kV
- <i>Tensión más elevada por el material</i>	36 kV
- <i>Intensidad nominal en barras</i>	2500 A
- <i>Intensidad de cortocircuito</i>	31,5 kA
- <i>Niveles de aislamiento:</i>	
- <i>Tensión soportada a frec. Industrial</i>	
<i>1 minuto, 50 Hz</i>	70 kV
- <i>Tensión soportada a impulsos tipo rayo</i>	
<i>1,2 / 50 ms</i>	170 kV

2.8.3.1.1.1 Distribución de celdas

Celdas 1 y 4

Tanto la celda 1, como la celda 4, se encargarán de alimentar a los transformadores de 25/0,4 kV, a servicios auxiliares de la subestación

Celdas 2, 3, 8, y 10

Serán las encargadas de alimentar parte de la zona industrial de “Tarragona”. Al igual que las celdas anteriores dispondrán de los mismos equipos.

Celda 5

En esta celda, se encuentran las líneas procedentes del transformador de potencia de 60 MVA.

Al igual que las celdas anteriores dispondrán de los mismos equipos.

Celda 6

Es la correspondiente a la batería de condensadores.

Al igual que las celdas anteriores dispondrán de los mismos equipos.

Celda 7

Corresponde a la salida de línea dirección polígono industrial de “Valls”.

Al igual que las celdas anteriores dispondrán de los mismos equipos.

Celda 8

Corresponde a la salida de línea dirección “Alt Camp”.

Al igual que las celdas anteriores dispondrán de los mismos equipos.

Celda 9

En esta celda, se encuentran las líneas procedentes del transformador de potencia de 40 MVA.

Al igual que las celdas anteriores dispondrán de los mismos equipos.

Celda 11

En esta celda se alojará el interruptor de acoplamiento de barra y los correspondientes seccionador y seccionador con puesta a tierra.

2.8.4 CRITERIOS PARA LA INSTALACIÓN EXTERIOR

Cabe destacar, mediante lo expresado en los anexos, del presente proyecto, las consideraciones establecidas para realizar la instalación del total del equipo eléctrico exterior:

Punto de vista eléctrico

- Niveles de aislamiento, procurando uniformar estos, en la elección de todos los aparatos y/o equipos, de forma que existan, en caso de sobretensiones, descargas en los aparatos considerados más insustituibles.
- Cargas existentes en cada uno de los embarrados.
- Reducir al mínimo o anular las pérdidas por efecto corona considerando el diámetro del conductor y la distancia entre fases.
- Considerar en los embarrados rígidos los posibles esfuerzos electrodinámicos y térmicos, originados por los cortocircuitos.
- Respetar las normas del reglamento superándolas tanto en separación entre fases y tierra, como en lo concerniente a los sistemas de tierra.

Punto de vista mecánico

- Esfuerzos y flechas de los conductores en las condiciones climatológicas más desfavorables, tal y como nos marca el R.A.T (Reglamento Aéreo de alta tensión).
- Piezas de conexión y dilatadores en los embarrados rígidos.

El conjunto de estas consideraciones nos ha determinado las características de los conductores que deben utilizarse en dicha instalación, además las flechas y esfuerzos que sufrirán las estructuras destinadas a sostenerlos.

2.8.5 OBRA CIVIL

2.8.5.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS

Se realizarán las excavaciones de las cimentaciones correspondientes a las columnas de los pórticos de los transformadores, cubeto de los trafos, bobinas de puesta a tierra, apartamenta y zanjas para las nuevas conducciones, etc.

Para la ubicación de los trafos de potencia se realizará una cimentación capaz de transmitir las cargas al terreno y un cubeto para la recogida de aceite que se verterá a la canalización general de recogida de aceite.

También se contará con un vial con dos anchos de vía para la entrada y salida de los transformadores.

El cubeto quedará separado, por una parte y otra, del segundo transformador, por una pantalla de hormigón armado.

2.8.5.2 CIMENTACIONES PARA APARAMENTA Y PÓRTICOS

Estas se realizarán de acuerdo con el documento del Grupo ENDESA SDF001 "Criterios de diseño para la realización de estructuras y soportes de Subestaciones".

Se preverán en las cimentaciones todo tipo de canalización o tubo que permita facilitar el trazado de los cables de la red de tierras o los correspondientes a los circuitos de control de las instalaciones.

Se deberán prever el anclaje para las estructuras a utilizar, tales como soportes de aparamenta o bien los pórticos de amarre de líneas.

2.8.5.3 CANALIZACIONES DE CABLES

Para el trazado de los cables de control o los correspondientes a los circuitos secundarios, se emplearán los canales prefabricados de hormigón con sus correspondientes tapas y demás accesorios que facilitan el tendido de los cables en su interior.

El diseño de los canales en cuestión será de acuerdo a lo estandarizado por el Grupo ENDESA.

Para el trazado de cables de potencia se realizará una zanja, que albergue los cables hasta el edificio de celdas.

2.8.5.4 URBANIZACIÓN

Una vez concluida la obra civil del parque y el conexionado de la aparamenta y sus soportes a la malla de cobre en su subsuelo para formar la red inferior de tierras, se procederá a la operación del engravado de las zonas afectadas por las excavaciones.

2.8.5.5 ESTRUCTURAS METÁLICAS

2.8.5.5.1 Pórticos de entrada a transformadores

La estructura del pórtico será del tipo celosía y cumplirá con el documento del Grupo ENDESA SDF001 "Criterios de diseño para la realización de estructuras y soportes de Subestaciones" siendo sus características y dimensiones las que están reflejadas en los planos de proyecto.

La fijación de la estructura al suelo será tal y como viene reflejada en los planos de proyecto.

2.8.5.5.2 Soportes de aparamenta

Las estructuras metálicas a utilizar para la fijación de los distintos equipos que forman parte de las instalaciones de A.T. serán igualmente del tipo de celosía e iguales a las reflejadas en los planos para su dimensionado se deberá tener en consideración todas y cada una de las solicitudes que intervengan en cada caso así como a las condiciones meteorológicas de la zona.

Los soportes cumplirán con el documento del Grupo ENDESA SDF001 "Criterios de diseño para la realización de estructuras y soportes de Subestaciones".

La fijación de la estructura al suelo será tal y como viene reflejada en los planos de proyecto.

2.8.5.6 INSTALACIONES

Entre las realizaciones de obra civil que son necesarias acometer dentro de la nueva subestación, merecen destacar aquellas que se refieren al conjunto de instalaciones necesarias y que se detallan seguidamente:

2.8.5.6.1 Vallado exterior

Al objeto de obstaculizar y disuadir el acceso a la subestación a posibles intrusos, se dispondrá de un vallado perimetral en la totalidad de las instalaciones, todo ello encaminado a:

- Evitar que personas ajenas a las instalaciones lleguen a estar próximas a elementos de tensión, protegiéndolas de su integridad física.

- Proteger las instalaciones de posibles daños intencionados.
- Evitar posibles robos en las instalaciones y en los edificios de control y celdas de MT.

El vallado estará constituido por postes metálicos galvanizados de perfil circular de 6 cm. de diámetro y una malla también metálica galvanizada de simple torsión. A lo largo del trazado de la valla se utilizarán postes intermedios y de tornapuntas en los cambios de dirección, en cada esquina y al principio del cerramiento.

Para disponer de una buena fijación de los postes, éstos quedarán anclados sobre murete a base de bloques prefabricados de hormigón, el cual a su vez se fijará sobre un dado de hormigón empotrado sobre el terreno, de 0,4 x 0,4 m² de superficie y 0,8 m, como mínimo de altura.

2.8.5.6.2 Puertas principales de acceso a los recintos

Para permitir el paso de personas y vehículos autorizados al interior de los dos recintos de la subestación, e impedir el acceso de los no autorizados, se dispondrá en cada uno de los recintos una puerta integrada sobre el vallado perimetral, empleando para ello dos pilares de hormigón armado de 0,30 x 0,30 m. de superficie.

Las puertas tendrán una anchura de 5 m. y una altura de 2,26 m., estando formadas por dos hojas a base de perfiles metálicos y pletinas, siendo sus aberturas del tipo circular.

2.8.5.6.3 Viales

Para permitir el acceso con vehículo a las zonas de los edificios de control y celdas, facilitando así su montaje y mantenimiento, se construirán los viales necesarios.

La anchura del vial será de unos 5 m. en las zonas de transformadores, siendo menor en el resto de las instalaciones.

2.8.5.6.4 Drenajes

Se preverá una red general de drenaje, compuesta por zanjas de grava, tubos de PVC, tubos de hormigón, arquetas de recogida de zanjas de gravas y arqueta general, con objeto de que el agua de lluvia no quede encharcada en el parque.

2.8.6 CONDUCTORES DE POTENCIA

2.8.6.1 EMBARRADO PRINCIPAL

La conexión del circuito principal de la Subestación, se hará mediante un juego de barras sencillo, dividido mediante un seccionador, consiguiendo que, en caso de avería en las barras, quede limitada al sector afectado, abriendo el seccionador, quedando en servicio, el resto de la instalación.

Como se puede observar en el análisis de posibles soluciones, el coste del equipo para el arreglo con interruptor y medio es inferior al coste de la opción de doble juego de barras principales y un juego de barras auxiliares.

Por el contrario, el coste de la opción con interruptor y medio resulta más caro respecto al arreglo con doble juego de barras, sin embargo, para efectuar la revisión de cualquier interruptor es necesario desconectar la línea o el transformador correspondiente.

Por lo que teniendo en cuenta aspectos económicos y técnicos, puesto que el juego de barras, es el más económico y también nos asegura una continuidad en el servicio, gracias al seccionador de barra, se ha optado por el mismo.

El embarrado estará formado por un cable tipo HAWK de $381,55 \text{ mm}^2$ (Al-Ac), soportado por medio pórticos metálicos a la altura adecuada calculada según los reglamentos y citada en los anexos, sustentados por la correspondiente cadena de aisladores de 15 elementos con pareruza y vástago, maleable galvanizada en caliente; denominación E-160-146 de la casa SANT-GOBAIN.

2.8.6.2 DERIVACIONES DE BARRAS

Las derivaciones de los embarrados correspondientes a los diferentes circuitos se realizarán por medio de un cable HAWK de $381,55 \text{ mm}^2$ (Al-Ac) de sección, tanto para la derivación al transformador de potencia de 60 MVA, como para el transformador de 40 MVA.

Al igual que para el embarrado exterior, los conductores se soportarán por medio de pórticos metálicos, sustentados por las correspondientes cadenas de aisladores.

2.8.7 TRANSFORMADORES DE POTENCIA

2.8.7.1 TRANSFORMADORES DE POTENCIA A LA INTEMPERIE

2.8.7.1.1 Diseño, tipo y necesidades

Todo objetivo de un transformador, es transformar las tensiones de entrada, en tensiones de salida de diferente magnitud. Dentro de la subestación nos encontramos con dos transformadores de gran potencia, 60 y 40 MVA respectivamente. Para abastecer la actual demanda.

La construcción de los transformadores para la distribución de energía dependerá de las condiciones particulares de operación:

- De acuerdo con el tipo de instalación que se requiera, transformadores de interior o preparados para su trabajo en intemperie.
- De acuerdo con el tipo de aislante.

La subestación dispone de dos transformadores de gran potencia, 60 MVA y 40 MVA respectivamente, reduciendo la tensión de entrada de 220 kV, a una tensión de salida de 25 kV. Estos transformadores serán en baño de aceite y preparados para su servicio en intemperie.

El grupo de conexión de ambos transformadores será Ynd11, ya que es el más adiente para este tipo de instalaciones.

De acuerdo a este grupo de conexión, puede presentar algunos inconvenientes tal como el encontrarnos sin neutro en el secundario del transformador que dificulta la detección de posibles fallos al no tener el neutro conectado a tierra.

Pero el problema se minimiza con la instalación de un compensador de neutro formado por una serie de bobinas en conexión zig-zag, para poder gozar de la conexión de neutro a tierra. Que nos será de gran utilidad, para poder subsanar posibles fallos.

Pudiendo resolver este tipo de inconvenientes se a elegido este tipo de conexión ya que las ventajas que nos presenta, son las siguientes:

En desequilibrio de corrientes en las líneas conectadas al secundario en triángulo, éste se transmite a las tres fases del primario, atenuándose de esta forma el desequilibrio, con lo que es muy adecuado para este tipo de instalaciones reductoras.

2.8.7.1.2 Descripción técnica del transformador de 40 MVA

Transformador construido por la casa ABB, que presenta las siguientes características técnicas:

- **Transformador de 40 MVA**

Datos generales

- <i>Número de fases</i>	3
- <i>Frecuencia</i>	50 Hz
- <i>Normas</i>	C.E.I
- <i>Refrigeración</i>	ONAN / ONAF
- <i>Altitud</i>	< 1000 m.n.m
- <i>Temperatura ambiente máxima</i>	45 °C
- <i>Líquido refrigerante</i>	Aceite
- <i>Tipo de instalación</i>	Exterior

Condiciones de funcionamiento

Potencia

- <i>Potencia nominal ONAN en A.T.</i>	25 MVA
- <i>Potencia nominal ONAN en B.T.</i>	25 MVA
- <i>Potencia nominal ONAF en A.T.</i>	40 MVA
- <i>Potencia nominal ONAF en B.T.</i>	40 MVA

Tensiones nominales en vacío

- <i>A.T.</i>	220 kV
- <i>B.T.</i>	25 kV

Intensidades nominales en vacío

- <i>A.T.</i>	105 A
---------------	-------

- *B.T.* 924 A

Regulación (arrollamiento de A.T.)

- *Clase* Carga
- *Margen de regulación* $\pm 10 \%$
- *Número de posiciones totales* 8
- *Campo de regulación* 242 -198 kV

Conexiones

- *Arrollamiento de A.T.* Estrella con neutro acc.
- *Arrollamiento de B.T.* Triángulo

Grupo de conexiones

- *A.T., B.T.* Ynd11

2.8.7.1.3 Descripción técnica del transformador de 60 MVA

Transformador construido por la casa ABB, que presenta las siguientes características técnicas:

- ***Transformador de 60 MVA.***

Datos generales

- *Número de fases* 3
- *Frecuencia* 50 Hz
- *Normas* C.E.I
- *Refrigeración* ONAN / ONAF
- *Altitud* < 1000 m.n.m
- *Temperatura ambiente máxima* 45 °C
- *Líquido refrigerante* Aceite
- *Tipo de instalación* Exterior

Condiciones de funcionamiento

Potencia

- *Potencia nominal ONAN en A.T.* 45 MVA
- *Potencia nominal ONAN en B.T.* 45 MVA
- *Potencia nominal ONAF en A.T.* 60 MVA
- *Potencia nominal ONAF en B.T.* 60 MVA

Tensiones nominales en vacío

- *A.T.* 220 kV
- *B.T.* 25 kV

Intensidades nominales en vacío

- *A.T.* 158 A
- *B.T.* 1386 A

Regulación (arrollamiento de A.T.)

- *Clase* Carga
- *Margen de regulación* $\pm 10 \%$
- *Número de posiciones totales* 8
- *Campo de regulación* 242 -198 kV

Conexiones

- *Arrollamiento de A.T.* Estrella con neutro acc.
- *Arrollamiento de B.T.* Triángulo

Grupo de conexiones

- *A.T., B.T.* Ynd11

2.8.7.1.4 Accesorios y ensayos a realizar

Los transformadores están provistos de los siguientes accesorios estándar, y serán capaces de soportar las siguientes pruebas y/o ensayos:

Accesorios

- Pasatapas
- Conservador de aceite con indicador de nivel de aceite
- Válvulas de llenado y vaciado
- Válvula para toma de muestras de aceite
- Terminales para la puesta en tierra
- Ganchos para elevación
- Bases para apoyo de gatos
- Radiadores desmontables
- Placa de características
- Desecador de silicagel
- Relé Buchholz
- Indicador de temperatura del aceite

Pruebas

Ambos transformadores estarán contruidos de acuerdo con el sistema de calida ISO 9000. Y serán probados individualmente según las normas IEC.

Pruebas de rutina

- Medida de la resistencia de los bobinados
- Medida de la relación de transformación y control del grupo de conexión
- Medida de la tensión de impedancia, impedancia de corto circuito y pérdidas a la carga
- Medida de pérdidas y de la corriente en vacío
- Pruebas dieléctricas:
 - Ensayo de tensión aplicada a frecuencia industrial
 - Ensayo de tensión inducida a frecuencia elevada.
- Pruebas tipo:
 - Ensayo de calentamiento
 - Pruebas dieléctricas:
 - Impulsos tipo rayo

- Ensayo de calentamiento
- Pruebas especiales:
 - Pruebas dieléctricas:
 - Prueba PD
 - Prueba de onda truncada
 - Medida de impedancia secuencia cero
 - Prueba de cortocircuito
 - Nivel de ruidos
 - Medición de armónicos
 - Pruebas de equipos auxiliares
 - Prueba de conmutación en carga
 - Comprobación de fugas

2.8.7.1.5 Acoplamiento en paralelo

Cuando se produzca una sobrecarga en un transformador, el operario se encargará de conectar el otro transformador en paralelo, repartiéndose así la carga equitativamente entre los 2 transformadores.

Esta maniobra queda supeditada bajo el control del operario, pues la conexión automática depende de muchos factores y comportaría el riesgo de falsas maniobras al intervenir varios elementos distintos.

2.8.7.2 TRANSFORMADORES A SERVICIOS AUXILIARES

Para el consumo propio de la instalación se instalarán dos transformadores de 25/0,4 kV de 250 kVA de potencia, alimentados de dos líneas de 25 kV cada una. Para disponer de una alimentación tanto de emergencia como para alimentar cada uno de los equipos de la Subestación

2.8.7.2.1 Generalidades

Tal y como se ha expresado en los análisis de posibles soluciones ha tener en cuenta, se han considerado dos variantes del transformador a servicios auxiliares, convencional en baño de aceite o transformador seco.

Por lo que se ha optado por la siguiente solución:

El transformador se proyectará en baño de aceite y estará formado principalmente por las siguientes partes:

- Una cuba, que contiene el núcleo con los bobinados y el aceite.
- Una tapa, para el cerrado de la cuba, con aisladores travesados de alta y baja tensión, y bornes para sus correspondientes conexiones.

El transformador de 250 kVA en baño de aceite mineral, del tipo llamado llenado total o integral (por lo que la degradación del aceite por oxidación y/o la humedad serán mínimas, por lo tanto menor mantenimiento e dimensiones).

Este tipo de transformador se escoge por sus nombrosas ventajas que nos ofrece:

- No existe contacto alguno, entre el aceite y el aire ambiente, por tanto buena conservación del aceite.
- Solución muy económica.
- Altura o dimensiones reducidas.

Cabe recordar una serie de precauciones en la instalación de los transformadores a servicios auxiliares:

- Se construirán muros de separación a ambos lados de los transformadores para evitar, en caso de incendio o explosión, la proyección de materias y la propagación de fuego hacia el segundo transformador y el resto de la instalación.

- No se instalarán en zonas inundables.

2.8.7.2.2 Descripción técnica y ensayos a realizar

Cada uno de los transformadores a instalar, presentaran las siguientes características técnicas, y serán de la firma ABB.

- **Transformador de 250 kVA**

- *Potencia nominal* 250 kVA
- *Tensión nominal primaria* 20 kV
- *Regulación en el primario* $\pm 2,5 \%$, $\pm 5 \%$

- *Tensión nominal secundaria en vacío* 420 kV
- *Tensión de cortocircuito* 4,5 %
- *Grupo de conexión* Dyn11
- *Nivel de aislamiento de 125 kV de tensión de ensayo a onda de choque y de 50 kV de tensión a frecuencia industrial durante 1 min.*
- Protección térmica por termómetro

Las tolerancias aplicables son:

- *Relación de transformación en la toma principal* ± 5 %
- *Pérdidas totales* + 10 %
- *Pérdidas parciales* + 15 %
- *Corriente en vacío* + 30 %

Los ensayos que serán realizados, serán los siguientes:

- Tensión aplicada a frecuencia industrial
- Tensión inducida a frecuencia elevada
- Relación de transformación en todas las tomas
- Pérdidas debidas a la carga y tensión de cortocircuito
- Impulsos tipo rayo
- Calentamientos
- Niveles de ruido

2.8.8 COMPENSADOR DE NEUTRO

En el lado de 25 kV, la conexión de los transformadores es triángulo y una falta a tierra no se detectará, pues no existe el neutro y no habrá retorno de corriente.

Para hacer un neutro accesible se crea un neutro artificial para poder detectar estas faltas a tierra en un sistema aislado. Se adoptan unas bobinas en conexión zig-zag en vez de estrella, pues presenta mayor impedancia con el mismo número de espiras y deja pasar mejor las corrientes homopolares, que es lo que interesa en caso de falta a tierra.

El neutro formado por las bobinas se unirá a tierra, dando así retorno a la corriente. Se conectarán lo más próximo posible del transformador de potencia.

Las características del bobinado zig-zag son las siguientes:

2.8.8.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOBINAS EN ZIG-ZAG

- ***Bobinas en zig-zag***

- *Fabricante* DIESTRE
- *Tensión nominal* 26,4 kV
- *Frecuencia nominal de servicio* 50 HZ
- *Conexión de los arrollamientos* Zig-zag
- *Impedancia homopolar por fase* 2000 Ω
- *Intensidad de defecto a tierra* 600 A

El punto neutro de la reactancia se conecta a tierra a través de un transformador toroidal de 400/5 A.

2.8.9 SECCIONADORES

2.8.9.1 GENERALIDADES

Los seccionadores se utilizan para unir o separar de forma bien visible, diferentes elementos componentes de una instalación de forma que no se interrumpa el funcionamiento del resto de la instalación. Con la ayuda de los seccionadores pueden lograrse múltiples posibilidades de conexión como por ejemplo, conmutar derivaciones en sistemas de barras múltiples. También de esta forma se pueden realizar trabajos o reparaciones en elementos de la instalación, dejándolos previamente sin tensión, por medio de los seccionadores.

La elección del tipo de seccionador utilizado en la instalación, depende sobre todo de la tensión nominal de la instalación y, en menor grado, de la corriente que de atravesar el seccionador, del espacio disponible y de consideraciones económicas.

2.8.9.2 SECCIONADORES DE 220 kV

Por sus características técnicas y económicas, se instalarán seccionadores rotativos tripolares de fabricación MESA.

Se escogen tripolares, aunque pueden resultar de mayor precio, debido a que, al ir unidos por un eje común, permite el accionamiento conjunto.

Estos seccionadores, responderán perfectamente a todo lo exigido por el R.E.C en lo que a distancias y alturas se refiere.

La maniobra de los seccionadores será eléctrica por c.a. para poder disponer de su accionamiento de forma remota o bien local mediante pulsadores montados en el interior de la sala de control, también será posible la maniobra manual.

- **Seccionador tripolar 220 kV.**

-Tipo	SG3C – 245
- Servicio	Exterior
- Número de polos	3
- Número de columnas	2
- Tensión asignada	245 kV
- Corriente asignada	2000 A
- Intensidad admisible de corta duración	50000 A
- Tensiones de ensayo	
- 50 Hz, 1 min:	
- Con tierra y entre fases	465 kV
- Sobre la distancia de aislamiento	530 kV

- *Onda completa, 1,2 / 50 ms*

- *Con tierra y entre fases* 1125 kV
- *Sobre la distancia de aislamiento* 1250 kV

- *Tipo de accionamiento* Eléctrico de c.a.

Se instalarán un total de 6 seccionadores exteriores, tal y como se representan en los planos.

Los seccionadores de entrada de líneas dispondrán de cuchillas de puesta a tierra, con accionamiento común tripolar y giro entre columnas. Montados sobre postes independientes para cada polo.

El total de los seccionadores se montarán con un dispositivo de accionamiento eléctrico de c.a. para permitir el mando a distancia.

2.8.9.3 SECCIONADORES DE 25 kV

Los interruptores automáticos de 25 kV formaran parte del conjunto de celdas blindadas en SF6, suministradas por SIEMENS.

- ***Seccionador tripolar 25 kV***

- <i>Fabricación</i>	SIEMENS
- <i>Servicio</i>	Interior
- <i>Número de polos</i>	3
- <i>Número de columnas</i>	2
- <i>Tensión nominal</i>	26 kV
- <i>Nivel de aislamiento</i>	36 A
- <i>Intensidad nominal</i>	1600 A
- <i>Intensidad admisible de corta duración</i>	

térmica 15 kA

- Intensidad admisible de corta duración

dinámica 40 kA

2.8.10 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS

Los interruptores automáticos son aparatos de conexión y desconexión, destinados a asegurar la continuidad o discontinuidad de los circuitos eléctricos de alta tensión.

2.8.10.1 GENERALIDADES

Se escogen interruptores automáticos en SF₆ (hexafluoruro de azufre), que es un gas pesado muy estable, inodoro, inerte, inflamable y no tóxico.

Por lo que el corte de corrientes de cortocircuito en gas de hexafluoruro de azufre, se aplica el principio de auto compresión.

La elección de la técnica de corte en gas SF₆ se ha establecido en base a sus altas prestaciones eléctricas, gran fiabilidad, excepcional capacidad frente a todo tipo de solicitaciones acumuladas, sencillez de construcción y revisión y, sobre todo, una necesidad de mantenimiento prácticamente nula.

Son interruptores de doble cámara de ruptura con extinción de arco por soplado de SF₆ y accionamiento mediante mecanismo de resorte tanto para el cierre como la apertura.

El sistema de interrupción, se expresa en la siguiente figura:

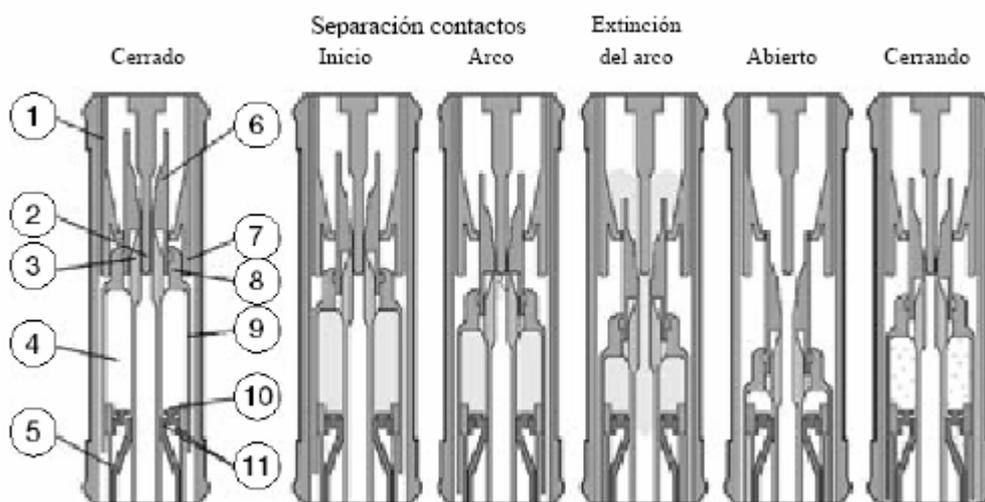


Figura 2. Secuencia de maniobra en la cámara de ruptura.

Tal y como se expresa en la figura anterior, en la posición del interruptor cerrado, la corriente es conducida desde el conductor superior al inferior a través de los contactos principales, tal y como se muestra en (7) y (8).

Durante la apertura, la parte móvil de los contactos principales y de arco así como el cilindro de soplado y la tobera son desplazados hacia la posición abierta en un movimiento conjunto, lo que se denomina un diseño de movimiento simple.

Con el desplazamiento del conjunto móvil, se obliga a cerrar a la válvula de recarga de gas (10) comprimiendo el SF₆ contenido entre el cilindro de soplado (9) y el pistón estacionario (11). Los contactos principales son los primeros en separarse. Separar completamente los contactos principales antes de separar los de arco, asegura que no habrá ningún arco entre el contacto de arco y la tobera.

Cuando se separan los contactos, salta el arco entre el contacto móvil (3) y estacionario (2). El propio arco bloquea la fluencia de gas a través de la tobera que sigue incrementando la presión en la cámara de soplado (4). Cuando la corriente pasa por cero, el arco se debilita y en este momento el gas SF₆ presurizado se inyecta a través de la tobera extinguiéndolo.

En la posición de interruptor abierto, existe suficiente distancia entre los contactos estacionario y móvil para garantizar los niveles de aislamiento.

Durante la maniobra de cierre del interruptor, la válvula de recarga se abre con lo que se vuelve a introducir SF₆ en la cámara de soplado.

Hay que hacer notar que la presión de SF₆ requerida para la interrupción del arco, se consigue con la propia energía mecánica del accionamiento. Por lo tanto se precisa de un mecanismo de accionamiento del interruptor con suficiente energía para vencer la contrapresión de gas necesaria para interrumpir la corriente de corto circuito y además obtener la rapidez de cierre requerida.

2.8.10.2 ELECCIÓN

Para la elección del tipo de interruptor, se ha tenido en cuenta básicamente los cálculos de cortocircuito. Expresados en los anexos del presente proyecto:

- Corriente permanente de cortocircuito
- Capacidad de ruptura
- Corriente de choque
- Capacidad de cierre

Así como los valores nominales:

- Máxima tensión en servicio nominal
- Grado de aislamiento
- Intensidad nominal
- Ciclo nominal de reenganche

2.8.10.2.1 Interruptores automáticos de 220 kV

El interruptor de potencia será tripolar, servicio intemperie, y se compone de tres polos autoportantes independientes montados sobre un chasis común de acero galvanizado al fuego, y un soporte que contiene el accionamiento por acumulación de energía en resortes tipo BNR 4ME

Tal i como se a expresado en los anexos del presente proyecto, se instalarán interruptores automáticos en las llegadas de líneas, tanto antes como después del embarrado de alta tensión de la Subestación.

Otros dos interruptores se localizarán en las salidas de media tensión de los transformadores de potencia. Al igual que en las salidas de líneas, y en las salidas de los transformadores auxiliares.

Por sus características técnicas y económicas, se adoptan interruptores automáticos de la firma VATECH, para servicio intemperie.

- ***Interruptores automáticos de 220 kV***

-Fabricación	VATECH
- Servicio	Exterior
- Número de polos	3
- Elemento extintor	SF6
- Accionamiento	Motorizado
- Intensidad nominal	3150-4000 A
- Intensidad admisible de corta duración	10 kA
- Ciclo nominal de maniobra	O-0,3s-CO-3min-CO or O.0,3s-CO-1min-CO or CO-15s-CO
- Tensión mas elevada por el material	245 kV
- Tensión soportada a frecuencia industrial	

50 Hz, 1 min. 460 kV

- Tensión soportada a impulsos tipo rayo

1,2 / 50 μ s entre fases y fases y tierra 1050 kV

2.8.10.2.2 Interruptores automáticos de 25 kV

Los interruptores automáticos de 25 kV formaran parte del conjunto de celdas blindadas en SF6, suministradas por SIEMENS.

Estos interruptores son compactos y no requieren prácticamente mantenimiento, poseen un poder de corte elevado, permiten efectuar gran número de maniobras y dominan con seguridad casos de maniobras externas.

El mecanismo de accionamiento es fácilmente accesible para su mantenimiento y revisión.

Con las siguientes características técnicas:

- **Interruptores automáticos de 25 kV**

-Fabricación	SIEMENS
- Servicio	Interior
- Número de polos	3
- Elemento extintor	SF6
- Accionamiento	Motorizado
- Tensión más elevada por el material	36 kV
- Niveles de aislamiento:	
- Tensión soportada a frec. Industrial	
1 minuto, 50 Hz	70 kV
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo	

1,2 / 50 ms

170 kV

2.8.11 EQUIPOS DE PROTECCIÓN

La protección de redes tiene por finalidad detectar de forma selectiva los defectos y separar las partes de la red averiadas, además de limitar las sobreintensidades y los defectos de los arcos eléctricos.

Cuando se disponen varios dispositivos de protección en serie, generalmente se requiere que éstos sean selectivos, es decir, que provoquen la desconexión del dispositivo de protección más próximo al punto de defecto por delante del mismo.

Para la elección se han tenido en cuenta las prescripciones del R.C.E.

Los equipos de control y protección de la instalación de A.T. se componen de los siguientes elementos:

Líneas de 220 kV: Protección de distancia, sobreintensidad y reenganchador.

Trafo 220/25 kV: Protección diferencial de trafo de dos devanados.
Protección diferencial de neutro.
Protección de sobreintensidad 3F+N de A.T.
Protección de sobreintensidad direccional 3F de M.T.
Detector de presencia-ausencia I_0 .
Protección de cuba trafo.
Protecciones propias de trafo.

Barras 220 kV: Relé de sobre y subfrecuencia.
Máxima y mínima tensión.

Los equipos de 25 kV disponen de los siguientes sistemas protectivos:

Líneas de 25 kV: Protección de sobreintensidad 2F+N.
Reenganchador trifásico.

2.8.11.1 PROTECCIONES PROPIAS DE LOS TRANSFORMADORES

2.8.11.1.1 Introducción a las protecciones

Las averías en los transformadores pueden producirse por varios factores, que deben ser el motivo de su estudio:

- Causas externas: sobretensiones, sobrecargas, cortocircuitos en la red, subfrecuencias.
- Causa internas: defectos a masa, cortocircuito entre espiras o entre fase, defectos en las chapas del núcleo por fallo de aislamiento, defecto en las conexiones internas por falta de presión, fallo de elemento asociado (atravesador, cable, etc...).

Para resolver los problemas que tienen origen externo se recurre a desconectar la máquina suficientemente antes de que resulte perjudicada, y a este respecto al transformador debe poder soportar cortocircuitos externos durante un tiempo normalizado. Para sobrecargas distintas del cortocircuito, los relés deben proporcionar tiempos función de la carga, de manera que la curva de respuesta se adapte a la curva de calentamiento del transformador.

Cuando el defecto es interno, la práctica seguida es despejarlo tan pronto como sea posible con el fin de minimizar el daño y, consecuentemente, los gastos en reparaciones.

El transformador debe disponer de sistemas de protecciones del tipo “cerrado”, es decir: protecciones selectivas, que despejen las faltas en la máquina y que lo hagan en un tiempo mínimo, a efectos de que otras protecciones, “aguas arriba”, no actúen innecesariamente.

Por otro lado, deben incluirse también protecciones del tipo “abierto” que actúen como reserva de las protecciones de los equipos situados “aguas abajo”. Estas protecciones deben preservar al transformador y sus elementos asociados.

También se necesitan algunos otros dispositivos de protección cuya finalidad es la de producir alguna alarma al detectarse anomalías que no exijan la inmediata desconexión del transformador, como puede ser, “la protección de cuba”.

2.8.11.1.2 Refrigeración independiente

Para potencias medias superiores a 20 MVA ya resulta difícil montar, en el contorno de la cuba, los suficientes radiadores para disipar de forma natural el calor producido por las pérdidas de energía. En estos casos es de empleo general el soplado de los radiadores mediante ventiladores asociados, que envían el aire refrigerante a través de dichos radiadores.

De esta forma, puede conseguirse una reducción de las dimensiones exteriores del transformador sobre las dimensiones necesarias en caso de ser autorrefrigerado, y una economía de material tan importante que, a pesar del gasto en la instalación de los ventiladores, el transformador resulte de menor coste. También y mediante un gasto moderado de materiales, puede aumentarse la potencia nominal de un determinado transformador, proyectado en principio para autorrefrigeración.

En nuestro caso, el transformador dispone de 4 ventiladores de soplado horizontal que nos permite incrementar su potencia nominal de 25 MVA, 45 MVA, autorrefrigerado (ONAN) a 40 MVA, 60 MVA, respectivamente en refrigeración forzada (ONAF), incrementando por tanto, un 25 % su potencia.

La conexión y desconexión de los ventiladores se realiza de forma automática en función de la temperatura del aceite. Para ello se dispone de un termómetro con contactos en combinación con los circuitos de mando de los contactores de los motores de los ventiladores. El ajuste de los contactos a considerar es el siguiente:

- Contacto de puesta en marcha $\approx 65\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Contacto de paro $\approx 55\text{ }^{\circ}\text{C}$

2.8.11.1.3 Protección de gases de los transformadores

Para esta protección se utiliza un relé Buchholz montado en serie con la canalización que une la cuba con el depósito conservador de aceite. Este relé actúa mediante el empleo de 2 boyas que son accionadas por la presión de los gases contenidos en el aceite. La presencia de gas es debida a descargas en el interior de la cuba que producen un incremento de la temperatura y una volatilización del aceite circundante.

La primera boya, de alarma, actúa frente a pequeños incidentes que van produciendo gases que se acumulan en el receptáculo del relé. Cuando la presión de gas alcanza un determinado valor se cierra un contacto. La segunda boya actúa por acumulación de los defectos anteriores o bien cuando se produce un gran defecto con el consiguiente desprendimiento de grandes burbujas de gas. En ambos casos actúa un contacto que será siempre de disparo.

En ocasiones, se produce disparo por protección de gases en circunstancias de faltas externas al transformador, con la particularidad de que dicho disparo suele producirse una vez eliminadas las faltas.

Por ello, resulta recomendable (a fin de minimizar las interrupciones de suministro) filtrar los cierres intempestivos de la boya de disparo en tales circunstancias, mediante una temporización adicional de 0,5 seg.

2.8.11.1.4 Protección de imagen térmica

Esta protección se utiliza para medir la temperatura de uno o varios de los arrollamientos del transformador.

Consiste en un transformador de intensidad que se coloca en el arrollamiento a medir. La señal de salida se lleva a un autotransformador que alimenta una bobina en espira. La temperatura de esta bobina de calefacción es directamente proporcional a la corriente que circula por el autotransformador, lo cual permite la regulación de la misma. Esta bobina está en un recipiente herméticamente cerrado en donde se ubica un bulbo de temperatura, el cual a su vez está unido por medio de un capilar a un termómetro de cuadrante con contactos.

El rango de temperatura de este termómetro está comprendido entre + 20 °C y +160 °C. Los contactos se ajustan a los valores de alarma y disparo que presentan a continuación:

- Ajuste de alarma a 100 °C
- Ajuste de disparo a 130 °C

2.8.11.1.5 Señalizaciones

De todos los elementos de protección descritos hasta ahora, la señalización será directa, esto es: cada uno de los elementos generará la señalización de forma independiente, mediante el dispositivo asociado, esto es, a través de contactos dedicados exclusivos, de acuerdo con las estructuras clásicas de protección y control de subestaciones.

2.8.11.2 PROTECCIÓN DE LAS LÍNEAS DE LLEGADA

Las líneas de llegada están sometidas permanentemente a las consecuencias de los fenómenos meteorológicos y a los riesgos de ser afectadas por circunstancias totalmente ajenas a la explotación. Como elemento que enlaza productores y usuarios, cualquier interrupción en la línea, interrumpe la alimentación de energía. Por estos motivos resulta importante una rápida y eficaz protección de las líneas.

2.8.11.2.1 Protección de distancia

Se escoge para esta protección el REL 511 de la casa ABB.

2.8.11.2.2 Generalidades

La función de protección de distancia es la protección más ampliamente extendida en redes de transmisión. Las razones principales para ello son las siguientes:

- Su independencia con respecto a enlaces de comunicación entre los extremos de línea, ya que para su operación, utiliza información sobre las corrientes y tensiones disponibles localmente.
- La protección de distancia constituye un sistema de protección relativamente selectivo (sistema de protección no-unitario) en la red de potencia. Esto significa que puede operar también como una protección de apoyo remoto para otros elementos primarios en la red.

Los requerimientos básicos que se exigen de una protección de línea moderna, tales como rapidez, sensibilidad y selectividad con sus estrictos requerimientos respecto a fiabilidad y seguridad (disponibilidad), están siendo cada vez más estrictos. Además, las protecciones de distancia modernas deben ser capaces de operar en redes con relés de distancia existentes, que están mayormente diseñados con una tecnología diferente (relés estáticos e incluso electromagnéticos).

2.8.11.2.2 Zonas de protección

La función de protección de distancia del REL 511 comprende de tres a cinco zonas de protección de distancia independientes, cada una de ellas comprendiendo tres elementos de medida para faltas fase-a-tierra y/o elementos de medida para faltas fase-a-fase.

Diferentes terminales satisfacen diferentes requerimientos en diferentes redes con niveles de tensiones varios. Por ésta razón algunos parámetros característicos de la función de protección de distancia difieren de terminal en terminal.

La zona cinco de la protección de distancia difiere de las otras zonas con respecto a su rapidez de operación. Arranca más rápidamente que las otras zonas de protección de distancia y puede, por ésta razón, presentar un sobrealcance mayor para diferentes transitorios del sistema. Es por ésta razón, que se sugiere su uso solamente para las aplicaciones que permitan un mayor sobrealcance, (p. e. Función de cierre sobre falta) o

como una zona de protección de distancia retardada con tiempo de retardo superior a 100 ms.

2.8.11.2.3 Principio de funcionamiento

La unidad de medida de los relés actúa en función del valor de la impedancia por fase del elemento protegido. El tiempo de funcionamiento es proporcional a la distancia en que ha ocurrido el defecto, de esta forma, al producirse una avería en un punto cualquiera de la red, los relés más próximos a este punto disparan antes que los más alejados.

En caso de cortocircuito en un punto de la línea, la intensidad será prácticamente constante a lo largo de ella, mientras que la tensión variará de tal forma que en los relés más próximos al cortocircuito el esfuerzo antagonista de los elementos voltimétricos será menor que en los relés más alejados. Por esta razón, funcionarán antes los primeros relés que los segundos. Si los esfuerzos de los dos elementos de cada relé se combinan de tal manera que el tiempo de funcionamiento sea directamente proporcional a la tensión e inversamente proporcional a la intensidad, el tiempo de funcionamiento del relé será proporcional al cociente $Z = E/I$, es decir, a la impedancia de la línea hasta el defecto.

Los tiempos de funcionamiento de los relés van siempre en aumento, cualquiera que sea el punto donde se produce el cortocircuito.

Como protección de reserva, se emplea en combinación con los relés de distancia, unos relés temporizados de sobreintensidad.

2.8.11.3 PROTECCIÓN DE SOBRETENSIÓN Y SUBTENSIÓN

2.8.11.3.1 Principio de funcionamiento

En particular, las protecciones de sobre y subtensión se utilizan, en caso de “cero” de tensión, para desconectar las líneas y evitar de este modo que en la subsiguiente reposición del servicio se energicen simultáneamente varias líneas al conectar la primera; de este modo disminuyen los riesgos de sobretensiones en la red.

El rele escogido para esta protección, tanto para máxima como para mínima tensión, será el relé modelo RV-UTF de la marca ARTECHE. Es un relé de sobre y subtensión a tiempo independiente, instantáneo o temporizado.

2.8.11.3.2 Sobretensión y subtensión

Se utilizarán relés a tiempo independiente con un tiempo de operación de 5 a 10 segundos.

Los relés deberán conectarse a los transformadores de medida entre fase. De esta forma, el relé no se verá afectado por las sobretensiones que se producen en las fases sanas en el caso de falta monofásica a tierra, ni por el descenso de tensión en la fase afectada mientras dura la falta.

Hay que tener en cuenta que en la práctica, aunque el neutro esté conectado rígidamente a tierra siempre hay una cierta impedancia que, en caso de falta, da lugar a un desplazamiento de las tensiones de las fases sanas.

Ajuste para máxima tensión

De acuerdo a la tensión nominal de Subestación en alta tensión 220 kV y 245 kV para la tensión máxima de servicio. Se ajusta a un 110 % para máxima tensión.

La tensión nominal de referencia que llegará al relé será de 110 V (secundarios de los trafos de tensión).

Por la tensión más elevada del material, se obtiene una tensión en los secundarios de:

122,5 V a un ajuste del 110 %;

Se obtendrá el disparo del relé a una tensión de 134,75 V en el secundario del transformador de tensión.

Ajuste para mínima tensión

La tensión nominal de referencia que llegará al relé será de 110 V (secundarios de los trafos de tensión).

Se admitirá, una caída de tensión del 10 %, para un funcionamiento normal todo aparato conectado a la red.

Al ser la tensión nominal de 25 kV la mínima tensión será de 22,5 kV. Por lo que el ajuste de tensión será de un 90 % la tensión nominal.

Se obtiene una tensión en los secundarios de:

110 V a un ajuste del 90 %;

Se obtendrá el disparo del relé a una tensión de 99 V en el secundario del transformador de tensión.

2.8.11.4 PROTECCIÓN DE FRECUENCIA

En caso de romperse un desequilibrio de frecuencia, se hace indispensable tomar acciones inmediatas sobre la red y para ello deben utilizarse relés de sobre y subfrecuencia.

Las bajadas de frecuencia a menos de 49 Hz son frecuentes, más de una por año, según las estadísticas. Ante esta situación, hay que tomar medidas para que no degeneren hasta 48 Hz o menos, lo cual provocaría una pérdida de estabilidad en el sistema.

El relé escogido será la firma ARTECHE, denominación RV-UTF, y se ajustará a un $\pm 2,5$ % de la frecuencia nominal de la red.

Por lo que se consigue el disparo del relé a una sobre frecuencia de 48,75 Hz y una subfrecuencia de 51,25 Hz. A tiempo de disparo no mayor a dos segundos.

El disparo del relé deberá separar totalmente la Subestación de la red, para ello deberá accionar todos los interruptores de conexión a barras, sin el posible reenganche.

2.8.11.5 PROTECCIÓN DE SOBREENSIDAD

2.8.11.5.1 Protección de sobreintensidad en las líneas de alimentación a transformadores (lado de alta tensión)

Para esta protección es necesario medir las corrientes en los devanados de alta tensión de los transformadores.

El relé de protección dispondrá de elementos de medida y con curvas de actuación por sobreintensidad a tiempo dependiente. El valor de arranque de los elementos de sobreintensidad a tiempo dependiente de fases debe permitir sobrecargas transitorias, y se ajustará entre el 130 y el 160 % de la corriente nominal del circuito.

En los elementos de sobreintensidad a tiempo dependiente, será posible utilizar cualquiera de las curvas I – t habituales; es decir:

- Normal inversa
- Muy inversa
- Extremadamente inversa

En un principio, se optará la utilización de la curva Normal Inversa (NI).

El relé escogido para esta protección, será de la casa ARTECHE, denominación RV-ITN, es un relé de sobreintensidad a tiempo dependiente y dispone de elementos de medida. Permitiendo el disparo por sobrecorriente según una curva (normal inversa para fases y extremadamente inversa para el neutro), o por instantáneo (el instantáneo de fases se puede temporizar mediante un potenciómetro interno).

Se atenderá al arranque de estas protecciones en caso de sobrecarga para saber cuando hay que conectar otro transformador en paralelo; para ello se provocará una señal acústica de la sobrecarga del transformador, para que el operario conecte la unidad de transformación en paralelo si fuere necesario.

2.8.11.5.2 Protección de sobreintensidad en el devanado secundario

Para este tipo de protección, se instalará un relé trifásico direccional, de la firma MAYVASA, referencia Ref. 011/3.

2.8.11.5.2.1 Principio de funcionamiento

Puesto que los circuitos donde se encuentran los transformadores de potencia están funcionando en paralelo, es prácticamente imposible garantizar la selectividad entre protecciones y en definitiva desconectar un circuito, en caso de avería, manteniendo en funcionamiento el otro.

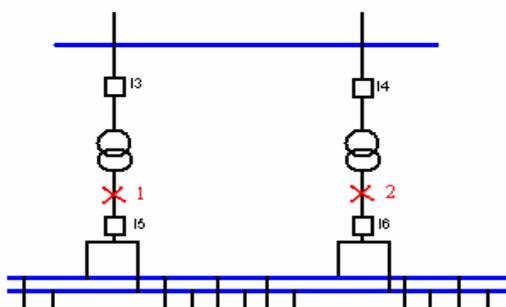


Figura 3. Sobreintensidad direccional.

Si aparece una falta en el punto 1, la intensidad que las barras de 220 kV aportan al cortocircuito se bifurcará sobre ambos circuitos (1 y 2) en una proporción que dependerá de las distancias, como consecuencia la intensidad por la rama 1, será de mayor calibre que la intensidad que circulará por la rama 2.

Una vez disparado el interruptor del circuito 1, en el circuito 2 aumentará la corriente y, si el cortocircuito no se elimina de una manera natural, disparará el interruptor I4, al actuar su protección de sobreintensidad.

En el momento que esto se produzca, las barras de 25 kV quedarán sin alimentación, con la consiguiente interrupción de todo el servicio.

Por lo que instalando protecciones de sobreintensidad direccionales en los interruptores I5 y I6 de la figura anterior, en un cortocircuito en uno de los puntos 1 o 2, parte de la intensidad de cortocircuito proveniente de las barras de 220 kV pasará a través de los relés direccionales de I5 y I6, pero solo el relé instalado en I5 (en un cortocircuito en el punto 1), detectará una circulación de potencia en el sentido en que ha sido ajustado y disparará su interruptor propio, quedando el cortocircuito alimentado a través del interruptor I3, hasta que dispare su correspondiente protección de sobreintensidad. El servicio no se interrumpe ya que el circuito paralelo permanecerá conectado en sus extremos.

Al establecer las selectividades de estos relés direccionales con el resto de protecciones, no será necesario tener en cuenta los valores de ajuste de las salidas de líneas, dado que para cualquier falta que se produzca en ellas los relés direccionales instalados en I5 y I6 la “verán” en contra dirección y no operarán. No sucede lo mismo con los ajustes de I3 y I4, por lo que se deberán establecer las correspondientes selectividades.

En conclusión, en el caso que se produzca un cortocircuito en el lado de 220 kV del transformador, se tiene lo siguiente:

Primero disparará la protección de sobreintensidad conectada entre el embarrado de alta y el transformador de potencia disparando I3 y I5 o I4 y I6 respectivamente, dependiendo del lado del cortocircuito. Si por alguna circunstancia no abrieran estos interruptores, la falta quedará alimentada por retorno de corriente de las barras de 25 kV, actuando entonces el relé direccional, abriendo I5 y I6 respectivamente.

El relé debe ser direccional para que sólo aisle el tramo afectado y, en caso de que haya un transformador conectado en paralelo, no provoque también su disparo por la corriente de retorno. Con esto, se consigue una buena selectividad aislando el tramo afectado.

Por estar el elemento direccional orientado eléctricamente hacia el transformador, no actuará por sobrecargas, sólo lo hará debido a cortocircuitos en el tramo afectado como consecuencia de la corriente de retorno. Si únicamente está conectado uno de los dos transformadores, esta protección no actuará, quedando protegido en este caso, por el relé primario del transformador.

2.8.11.6 PROTECCIÓN DIFERENCIAL DE LOS TRANSFORMADORES

2.8.11.6.1 Principio de funcionamiento

La protección diferencial sirve para proteger un elemento o sector cualquiera de la red, ya sea un transformador (en nuestro caso) o bien generadores, etc... Esta requiere tanto juegos o conjuntos de transformadores de intensidad, como extremos (o derivaciones) tenga la sección o zona protegida.

Los secundarios de los TI's están interconectados por unos hilos pilotos a través de los elementos de medida del relé diferencial, que describiremos posteriormente; en éste último tiene lugar la comparación (en módulo y argumento) de las intensidades de cada fase entre los extremos de la zona protegida. En condiciones de funcionamiento normal e incluso en el caso de faltas de cualquier tipo fuera de la zona protegida, la suma de todas las corrientes que entran en la zona es igual a la suma de todas las corrientes que salen de la misma (1ª ley de Kirchhoff), en consecuencia, para cada una de las fases, la diferencia entre la corriente total entrante y la corriente total saliente (corriente diferencial) es cercana a cero y la protección diferencial se mantiene estable sin trabajar.

Véase en la siguiente figura:

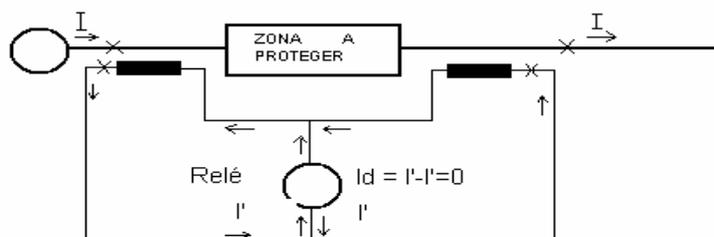


Figura 4. Falta externa. No disparará el relé

En el caso de falta dentro de la zona protegida circula una corriente por el relé diferencial (de baja impedancia interna) que produce el disparo del mismo. En la figura siguiente se muestra el caso de alimentación por un solo extremo y toda la corriente de falta actúa íntegramente como corriente diferencial.

Véase la siguiente figura:

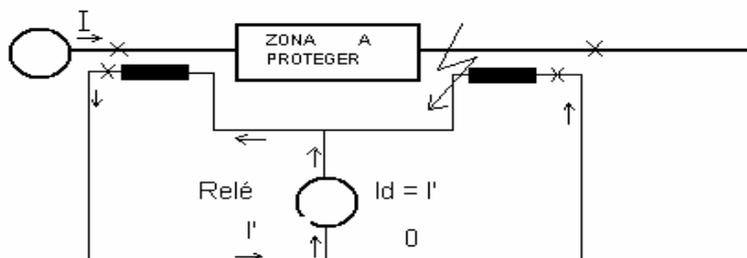


Figura 5. Falta interna. Produce el disparo del relé

Como este tipo de protección sólo responde para las faltas que ocurran entre los dos juegos de TT's se le denomina de tipo unitario o cerrado; obsérvese que este sistema es inherentemente selectivo ya que discrimina si la falta está dentro o fuera de su zona sin necesidad de recurrir al escalonado de tiempos como requieren otros sistemas de protección; por consiguiente este tipo de protecciones pueden ser de actuación instantánea, y de hecho así son las que se emplean, con las ventajas que esto supone para minimizar los daños en la zona protegida en caso de falta en la misma y no poner en peligro la estabilidad del sistema de potencia.

Por otro lado como la corriente de carga no origina corriente diferencial, este tipo de protección son insensibles a la carga por lo que pueden tener una alta sensibilidad.

Por tanto las características de selectividad, rapidez y sensibilidad hacen que este tipo de protección sea muy usado y se emplea con carácter general para todos aquellos transformadores de 5 MVA en adelante.

2.8.11.6.1.1 Transformadores auxiliares

El valor secundario de las intensidades es prácticamente idéntico, pero a causa de las conexiones del transformador se introduce un desfase de 30° , que por supuesto deberemos corregir mediante la instalación de transformadores auxiliares, tanto el desfase como el módulo de la magnitud, por lo que se instalarán tres transformadores auxiliares uno por cada fase.

2.8.11.6.1.2 Aspectos al disparo del relé

Se debe tener en cuenta también, cuando el transformador de potencia cambia a otra toma aparecerá una cierta corriente diferencial la cual no debe producir el disparo del relé. Si por ejemplo el cambiador de tomas tiene un margen de regulación del 10 % con relación a la toma central esto quiere decir que en las tomas extremas circulará una corriente diferencial de 0,10 veces la intensidad de carga. Por lo que se deberá tener en cuenta a la hora de calcular la intensidad de disparo del relé.

2.8.11.6.1.3 Relé diferencial

El relé diferencial escogido, será un relé de la firma MAYVASA, denominación RD3T, referencia 022/01 para la protección de transformadores.

Constituye una protección para transformadores de 2 devanados. Dispone de protección diferencial con frenado para 2º y 5º armónico.

El cual será ajustado a los valores que se indican en el correspondiente documento básico.

La actuación del relé diferencial provocará la desconexión del transformador afectado por completo, dando disparo en los interruptores del primario y del secundario al mismo tiempo.

2.8.11.6.1.4 Conexión del relé diferencial

El conexionado entre los transformadores de intensidad principales, los transformadores de intensidad auxiliares y los propios relés diferenciales debe efectuarse de tal forma que el relé sea estable, no solo para la carga normal sino también para cualquier tipo de falta externa y dispare con seguridad para faltas que se presenten dentro de la zona limitada por los TI's principales.

El proceso a seguir es el siguiente:

- Compensar el desfase, entre las corrientes de ambos lados del transformador de potencia, para que las corrientes secundarias que lleguen al relé diferencial estén en fase cuando el transformador de potencia esté en carga o sometido a falta externa. La forma más normal de conseguir esto es disponer, en el secundario de los TI's principales, de un juego de tres transformadores auxiliares de intensidad monofásicos formando una "réplica" del transformador de potencia.
- Seleccionar la relación de transformación de estos TI's auxiliares para que con el transformador de potencia en carga y en la toma central, las corrientes en los

elementos de frenado del relé sean iguales; de esta manera la corriente diferencial debe ser cercana a cero. Comprobar que, en caso de falta externa a tierra, en cualquier lado del transformador de potencia, no pasa corriente de desequilibrio por los elementos diferenciales de la protección. Si pasara, instalar un filtro de componente homopolar para impedir que dicha corriente atraviese los elementos diferenciales de la protección.

Cabe recordar también, que el sistema presenta las siguientes características:

- Por ser grupo de conexión Ynd11 existe un desfase de 30 ° entre las corrientes de línea de ambos lados del mismo. Por este motivo, el primer paso es instalar TI's auxiliares estrella/triángulo, que representen una réplica del transformador de potencia, para que al relé diferencial le lleguen las corrientes en fase y puedan compensarse para carga normal o falta externa.

2.8.11.7 PROTECCIÓN DIFERENCIAL DE NEUTRO

Tal y como se a descrito anteriormente, el arrollamiento de 25 kV de los transformadores de potencia se limita la corriente de falta a tierra a un máximo de 600 A, mediante los bobinados zig-zag, si aparece una falta a tierra, el valor de la corriente de cortocircuito puede ser tan pequeña que no sea detectada por la protección diferencial del transformador.

Por este motivo, es usual instalar una protección diferencial de neutro, que detectará las faltas resistentes.

Esta protección, no se verá afectada por el hecho de que el transformador tenga o no cambiador de tomas.

La protección diferencial de neutro se basa en la corriente del neutro del zig-zag, con lo que se tendrá una adecuada protección mediante un relé de sobreintensidad monofásico más específicamente, el modelo RS1 de la firma MAYVASA, que es un relé de sobreintensidad monofásico a tiempo dependiente.

El ajuste de este relé dependerá de los ajustes de las otras posiciones “aguas abajo” del transformador. En principio, dicho ajuste ha de ser selectivo con la combinación de los relés de las salidas de media tensión.

2.8.11.8 DETECTOR DE PRESENCIA/AUSENCIA DE INTENSIDAD HOMOPOLAR EN ELEMENTO DE PUESTA A TIERRA EN MEDIA TENSIÓN

La finalidad es producir una alarma indicativa de que está circulando corriente por el neutro de media tensión del secundario del transformador.

El ajuste del relé de máxima intensidad será del orden de 10-20 A primarios. La presencia prolongada de corriente por el neutro ha de producir una alarma temporizada entre 10 y 30 seg.

Se ha escogido un relé MAYVASA tipo MIA-I que es un relé monofásico, de sobreintensidad, instantáneo, que dispone de un elemento de medida de intensidad en serie con el relé RS1, descrito anteriormente.

Dispone de un contacto conmutado de señalización que indica la presencia de corriente de neutro.

2.8.11.9 PROTECCIÓN DE CUBA

La misión de esta protección es detectar faltas internas en los transformadores que deriven en un contacto a la masa del tanque.

El tiempo de actuación del relé, deberá ser tal que no exceda de 30 ms.

Para poder aplicar esta protección, será necesario que las ruedas de los transformadores estén aisladas de tierra, se consideran que están aisladas con un aislamiento mínimo de 25 Ω .

Se ha escogido un relé de la casa MAYVASA tipo MIA-I, que es un relé monofásico, de sobreintensidad, instantáneo, y dispone de elemento de medida de intensidad.

Esta protección no dará el disparo, únicamente señala el contacto a masa. Por lo que, se conectará un transformador de intensidad en la puesta a tierra de la masa del transformador de potencia, con una relación de transformación de 400/5 A.

El transformador de intensidad tendrá un núcleo para medida y no para protección, para que así el núcleo se sature rápidamente con corrientes superiores a 600 A, y así no reproducir una corriente primaria elevada en el secundario.

El tiempo de actuación no es relevante pues sólo señala la falta, de que ha habido corriente a tierra.

2.8.11.10 PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

La protección contra sobretensiones tiene por objeto el preservar los elementos que constituyen una instalación por la acción perjudicial de las sobretensiones que pueden aparecer durante el servicio.

Podemos distinguir dos clases de sobretensiones:

- a) *Sobretensiones de origen externo.* Se incluyen en este grupo, las sobretensiones que tienen una procedencia exterior a la instalación y en los que, por lo tanto sus amplitudes no están en relación directa con la tensión de servicio de la instalación afectada. Comprenden, sobre todo, las sobretensiones de origen atmosférico, tales como rayos, cargas estáticas de las líneas, etc...
- b) *Sobretensiones de origen interno.* Son las producidas al variar las propias condiciones de servicio de la instalación. A este grupo pertenecen las oscilaciones de intensidad de corriente, las variaciones de carga, las descargas a tierra, etc...

Actualmente se utilizan en la protección contra sobretensiones pararrayos de efecto autovalvular. El pararrayo autovalvular básicamente es una combinación de un explosor en serie con una resistencia variable, que se conecta por un borne a la línea i por el otra a tierra. Esta resistencia variable, tiene la propiedad de variar su resistencia con mucha rapidez, disminuyendo cuanto mayor sea la tensión aplicada i adquiriendo un valor elevado al reducirse esta, se convierte así, el pararrayos en una válvula de seguridad.

Por lo que la instalación se protegerá contra este tipo de sobretensiones, mediante la utilización de pararrayos autovalvulares de resistencia variable.

2.8.11.10.1 Pararrayos de 220 kV

Para proteger la instalación de 220 kV, se instalaran pararrayos autovalvulares, tanto para la protección de sobretensiones de tipo rayo, como tales de tipo de maniobra.

En la elección del pararrayos se ha escogido una tensión nominal adecuada para que éste no opere para casos que lo precise, es decir, que no opera con demasiada frecuencia, al estar expuesto a una mayor posibilidad de faltas, y al mismo tiempo, para que la tensión de operación del pararrayos no se acerque en exceso al nivel de aislamiento del equipo a proteger, lo cual podría provocar daños.

Por lo que se instalarán pararrayos, uno por fase, de la firma ABB, con las siguientes características técnicas:

- <i>Tensión nominal</i>	198 kV
- <i>Corriente de descarga</i>	10 kA
- <i>Tensión de cebado a 50 Hz</i>	156 kV
- <i>Tensión de descarga con onda de impulso</i>	719 kV
- <i>Tensión residual con la corriente de descarga</i>	521 kV
- <i>Pendiente de elevación de la tensión</i>	1040 kV/ m s

2.8.11.10.2 Pararrayos de 25 kV

Para cada una de las líneas de salida, se montaran los pararrayos, uno por fase, montados en los postes de salidas de líneas.

Al igual que los pararrayos de 220 kV, serán de la firma ABB, con las siguientes características técnicas:

- <i>Tensión nominal</i>	30 kV
- <i>Corriente de descarga</i>	5 kA
- <i>Tensión de cebado a 50 Hz</i>	24 kV
- <i>Tensión de descarga con onda de impulso</i>	138 kV
- <i>Tensión residual con la corriente de descarga</i>	77,7 kV
- <i>Pendiente de elevación de la tensión</i>	340 kV/ m s

2.8.11.11 PROTECCIÓN LÍNEAS DE SALIDA

Las líneas de salida de los embarrados de 25 kV serán protegidas contra sobreintensidades. Tanto en fases como en neutro (dos fases y neutro). Se ha escogido un relé de sobreintensidad RV-ITN de la marca ARTECHE.

Los relés deberán ser selectivos con la protección diferencial de neutro, para que actúen de forma más rápida. Ya que si no fuera así se podría producir la desconexión de alguno de los transformadores de potencia.

Esta protección actuará sobre el interruptor conectado a la línea de salida pertinente.

2.8.11.12 REENGANCHES

Para el reenganche de las líneas de llegada a la Subestación de 220 kV al igual que para las líneas de distribución de 25 kV, se utilizarán el relé RRA-3F Ref. 008/2 de la casa MAYVASA.

- Para las líneas de entrada

Se darán un máximo de tres reenganches, uno con rapidez y si persiste la falta, dos más a un tiempo de dispara mayor:

- 1º Reenganche, a tiempo rápido: 0,5 segundos
- 2º Reenganche, a tiempo menor: 35 segundos
- 3º Reenganche, a tiempo menor: 40 segundos

Si después de los tres reenganches, persiste la falta, el interruptor queda abierto permanentemente.

- Para las líneas de salida

Se darán un máximo de dos reenganches, uno instantáneo, ya que un gran porcentaje de faltas son transitorias, si persiste la falta, dos más a un tiempo de disparo tal y como se expone a continuación:

- 1º Reenganche, a tiempo rápido: instantáneo
- 2º Reenganche, a tiempo menor: 35 segundos

Si después de los tres reenganches, persiste la falta, el interruptor queda abierto permanentemente.

2.8.12 TRANSFORMADORES DE MEDIDA Y PROTECCIÓN

Para el conjunto de medida y control de la subestación y en función de los grandes valores de tensión y de intensidad se hace necesario el uso de transformadores para medida y protección.

Las principales características que cabe considerar en la elección de un transformador para medida y protección, son las siguientes:

- Dimensionado del aislamiento para la tensión de utilización y la ubicación.
- Precisión en reproducción de las magnitudes.
- Calentamiento del equipo y capacidad de sobrecargas.

Las zonas a instalar este tipo de transformadores, son las siguientes:

- Zona de entrada, donde los transformadores de medida alimentan los equipos los equipos de la energía de entrada, así como las protecciones de entrada a la subestación.
- Zona de medida, tenemos las protecciones y medida de las diferentes líneas y transformadores de potencia.

2.8.12.1 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

Los transformadores de intensidad se conectan con el primario en serie con el circuito por controlar y el secundario en serie con las bobinas de corriente de los aparatos de medición y de protección que requieran ser energizados.

2.8.12.1.1 Líneas de llegada

Para las líneas de llegada, se precisa un total de 3 transformadores de intensidad, uno por fase. Formados por dos núcleos, de los cuales uno de ellos para protección y el núcleo restante, para realizar las correspondientes mediciones.

Los transformadores a instalar, serán la casa ABB, con las siguientes características técnicas:

- Tipo	IMBD-245
- Servicio	Exterior
- Aislamiento	De aceite mineral y papel
- Conexión de los secundarios	Estrella
- Relación de transformación	400/5-5-5 A
- Número de núcleos necesarios	3
- Nivel de aislamiento	245 kV
- Potencia de precisión	10 VA, 10 VA, 10 VA
- Grado de precisión	0,5 , 5P10, 5P10
- Corriente máxima de corta duración	22 kA
- Corriente máxima de choque	55 kA

2.8.12.1.2 Líneas de alimentación a transformadores de potencia

Para las líneas de alimentación a transformadores de potencia, se precisa un total de 3 transformadores de intensidad, uno por fase. Formados por tres núcleos, de los cuales dos de ellos para protección y el núcleo restante, para posibles mediciones.

Los transformadores a instalar, serán la casa ABB, con las siguientes características técnicas:

- Tipo	IMBD-245
- Servicio	Exterior
- Aislamiento	De aceite mineral y papel
- Conexión de los secundarios	Estrella
- Relación de transformación	200/5-5-5 A
- Número de núcleos necesarios	3
- Nivel de aislamiento	245 kV

-
- | | |
|---|------------------|
| - <i>Potencia de precisión</i> | 10 VA, 5 VA, 5VA |
| - <i>Grado de precisión</i> | 0,5, 5P20, 5P10 |
| - <i>Corriente máxima de corta duración</i> | 22 kA |
| - <i>Corriente máxima de choque</i> | 55 kA |

2.8.12.1.3 Líneas de alimentación a barras

Para las líneas de alimentación a barras, se precisa un total de 6 transformadores de intensidad, uno por fase. Instalados en los secundarios de los transformadores de potencia. Formados por tres núcleos, de los cuales dos de ellos para protección y el núcleo restante, para posibles mediciones.

Los transformadores a instalar, serán la casa ARTECHE, con las siguientes características técnicas:

- | | |
|---|--------------------|
| - <i>Tipo</i> | ACH-36 |
| - <i>Servicio</i> | Interior |
| - <i>Aislamiento</i> | Resina seca |
| - <i>Conexión de los secundarios</i> | Estrella |
| - <i>Relación de transformación</i> | 1500/5-5-5 A |
| - <i>Número de núcleos necesarios</i> | 3 |
| - <i>Nivel de aislamiento</i> | 36 kV |
| - <i>Potencia de precisión</i> | 10 VA, 10 VA, 10VA |
| - <i>Grado de precisión</i> | 0,5, 5P10, 5P10 |
| - <i>Corriente máxima de corta duración</i> | 150 kA |
| - <i>Corriente máxima de choque</i> | 150 kA |

2.8.12.1.4 Salida de líneas

Para las salidas de líneas, se precisa un total de 3 transformadores de intensidad, por cada línea de salida. Formados por dos núcleos, de los cuales uno de ellos para protección y el núcleo restante, para posibles mediciones. Se instalarán en el interior de las cabinas de salida de líneas.

Los transformadores a instalar, serán la casa ARTECHE, con las siguientes características técnicas:

- <i>Tipo</i>	ACH-36
- <i>Servicio</i>	Interior
- <i>Aislamiento</i>	Resina seca
- <i>Conexión de los secundarios</i>	Estrella
- <i>Relación de transformación</i>	400/5-5 A
- <i>Número de núcleos necesarios</i>	2
- <i>Nivel de aislamiento</i>	36 kV
- <i>Potencia de precisión</i>	5 VA, 5 VA
- <i>Grado de precisión</i>	0,5, 5P20
- <i>Corriente máxima de corta duración</i>	150 kA
- <i>Corriente máxima de choque</i>	150 kA

2.8.12.1.5 Transformadores para el neutro del zig-zag

Para la protección contra faltas a tierra en barras, se necesita detectar la corriente circulatoria en el bobinado zig-zag, lo cual se realiza mediante este transformador en el neutro. Será de la marca ARTECHE, con las siguientes características técnicas:

- <i>Tipo</i>	AVD-36
- <i>Servicio</i>	Interior
- <i>Aislamiento</i>	Resina seca

- *Relación de transformación* 1500/5 A
- *Número de núcleos necesarios* 1
- *Nivel de aislamiento* 36 kV
- *Potencia de precisión* 30 VA
- *Grado de precisión* 0,5

Transformador Toroidal.

Con un transformador toroidal se tiene mayor aislamiento, pues no hay contacto eléctrico con la masa del transformador.

- *Tipo* AVD-36
- *Servicio* Interior
- *Aislamiento* Resina seca
- *Relación de transformación* 400/5 A
- *Número de núcleos necesarios* 1
- *Nivel de aislamiento* 36 kV
- *Potencia de precisión* 30 VA
- *Grado de precisión* 0,5

2.8.12.1.6 Transformador para la cuba

Se ha escogido un transformador toroidal con el fin de evitar tensiones de contacto peligrosas ya que si, accidentalmente, se pone la cuba en tensión, el transformador de tensión deberá tener un aislamiento propio del lado del transformador de potencia de alta tensión. Con un transformador toroidal se tiene menor aislamiento, pues no hay contacto eléctrico con la masa del transformador.

El transformador las siguientes características técnicas:

- Tipo	AVD-36
- Servicio	Interior
- Aislamiento	Resina seca
- Relación de transformación	400/5 A
- Número de núcleos necesarios	1
- Nivel de aislamiento	36 kV
- Potencia de precisión	30 VA
- Grado de precisión	0,5

2.8.12.2 TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

Los transformadores de tensión se conectan con el primario en paralelo con el circuito por controlar y el secundario en paralelo con las bobinas de tensión de los aparatos de medición y de protección que requieran ser energizados.

2.8.12.2.1 Líneas de llegada

Se instalarán tres transformadores de tensión capacitivos, con bobinas de bloqueo para altas frecuencias. Uno por fase, por cada una de las líneas de llegada.

Los transformadores, serán de la marca ABB y dispondrán de las siguientes características técnicas:

- Tipo	CPDE-245-N-C
- Modelo	Capacitivo
- Servicio	Exterior
- Aislamiento	Acetire-Porcelana
- Conexión primario/secundarios	Estrella/Estrella
- Tensión nominal primaria	220/ $\sqrt{3}$ kV
- Tensión nominal secundaria	0,11/ $\sqrt{3}$ kV

- *Número de núcleos necesarios* 1
- *Nivel de aislamiento* 245 kV
- *Potencia de precisión* 20 VA
- *Grado de precisión* 0,2

2.8.12.2.2 Líneas de alimentación a barras

Se instalarán tres transformadores de tensión capacitivos, uno por fase en las líneas de alimentación a barras.

Los transformadores, serán de la marca ARTECHE y dispondrán de las siguientes características técnicas:

- *Tipo* UPC-36
- *Modelo* Capacitivo
- *Servicio* Interior
- *Aislamiento* Resina Seca
- *Tensión nominal primaria* $220/\sqrt{3}$ kV
- *Tensión nominal secundaria* $0,11/\sqrt{3}$ kV
- *Número de núcleos necesarios* 2
- *Nivel de aislamiento* 36 kV
- *Potencia de precisión* 20 VA, 20 VA
- *Grado de precisión* 0,2, 0,2

2.8.12.2.3 Embarrado de 25 kV

Por cada embarrado se tendrán tres transformadores de tensión, uno por cada fase, de la marca ARTECHE, de las siguientes características técnicas:

- Tipo	UPC-36
- Modelo	Capacitivo
- Servicio	Interior
- Aislamiento	Resina Seca
- Tensión nominal primaria	220/ $\sqrt{3}$ kV
- Tensión nominal secundaria	0,11/ $\sqrt{3}$ kV
- Número de núcleos necesarios	2
- Nivel de aislamiento	36 kV
- Potencia de precisión	20 VA, 10 VA
- Grado de precisión	0,2, 0,2

2.8.13 RED GENERAL DE TIERRA

2.8.13.1 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

El diseño del sistema de tierras debe cumplir con los siguientes requisitos importantes:

- Proteger al equipo y personal, de potenciales peligrosos (contacto, de paso y transferencia), en todas las condiciones de operación.
- Suministrar un camino de tierra a las corrientes debidas a las descargas atmosféricas.
- Proveer una trayectoria de baja impedancia para el regreso de las corrientes de falla, para que los dispositivos de protección de sobrecorriente puedan actuar rápidamente y limpiar el circuito fallado.
- Proveer control de sobrevoltajes.
- Proporcionar una referencia de potencial a tierra a todos los equipos y sistemas que lo requieran para conducir las corrientes de cortocircuito que se presenten en cualquiera de éstos y descargar rápidamente las sobretensiones creadas por cualquier causa.

- Proporcionar una trayectoria de descarga de las sobretensiones provocadas por descargas atmosféricas y por maniobras de interruptores, en general todas aquellas que pongan en riesgo la seguridad del personal.

A la malla se conectarán todos los soportes metálicos y bornas de p. a t. del aparellaje a montar.

2.8.13.2 INSTALACIÓN DE LA RED DE TIERRA

El parque de 220 kV dispone de una malla de puesta a tierra, formada por conductor de cobre desnudo de 95 mm² de sección, formando una cuadrícula de 4x4m enterrada a 0,8m de profundidad, ocupando toda la superficie del recinto de aproximadamente 8700 m². Para reforzar la puesta a tierra en el perímetro de la malla hay dispuestas piquetas de 20 mm de diámetro. Todas las uniones de cable, realizadas en la malla de tierra, estarán ejecutadas con soldadura exotérmica.

A la malla de tierra se conectan todas las partes metálicas de la receptora y todos los bornes de P. a T. de los equipos A.T./B.T. La P. a T. de los soportes del aparellaje de A.T. con cable de Cu 95 mm² sobre dos puntos de la malla, a excepción de los soportes de los T/I y T/T que se realizan sobre cuatro puntos de la malla.

Para mejorar las tensiones de contacto desde el exterior de la valla metálica de la SE., la malla general de tierras se extiende hasta 1 m por fuera de la valla.

Para protección contra las descargas atmosféricas, hay instalados cables de guarda situados en la parte superior de la estructura metálica. El cable utilizado es de acero recubierto de aluminio, tipo Guarda de 50 mm²

Se garantiza que las tensiones de paso y de contacto en el interior del recinto o en sus proximidades estén dentro de los límites marcados en el Reglamento de Alta Tensión (Instrucción Técnica complementaria MIE RAT-13).

2.8.13.3 COMPROVACIONES AL FINAL DE LA INSTALACIÓN

- Comprobación mediante medición que el valor de la resistencia de la red de tierras es igual o menor al obtenido en los anexos, en el apartado de cálculos.
- Comprobación de que las tensiones de contacto, de paso y de transferencia, que se presentan (iguales o mejores a las obtenidas en los cálculos), permiten la completa seguridad del personal operativo.
- Comprobación, para el caso de las zonas donde se ubica equipo electrónico, que el valor de la resistencia de la red de tierras, sea lo suficientemente baja para eliminar las interferencias a estos equipos por las sobretensiones transitorias.

2.8.13 ALUMBRADO

Para poder realizar trabajos en las instalaciones tanto interiores como exteriores, o simplemente para tener una buena visibilidad tanto de aparatos como dispositivos de control, hay que calcular el nivel de iluminación, para realizar todos estos trabajos con normalidad.

Para calcular el nivel de iluminación, se han tenido en cuenta las funciones que debe acentuar, al incidir sobre los distintos tipos de aparatos, que son los siguientes:

- Transformadores: Deben ser visibles los niveles de aceite en las boquillas, fugas de aceite, mediciones de precisión y temperatura en el tanque principal y en el del cambiador de derivaciones, así como medidores de flujo en las bombas de aceite.

- Interruptores: Deben ser visibles los dispositivos de control.

- Seccionadores: Deben ser visibles los indicadores de posición, los eslabones mecánicos de la posición de los seccionadores, los dispositivos de operación manual, y evidencias de arqueo y calentamiento excesivo.

2.8.13.1 ALUMBRADO INTERIOR

Comprende la iluminación de sala de control, sala de cabinas, almacén, vestíbulo y servicios.

Se ha procurado tener una iluminación agradable a la vista, adecuada para ver con detalle los materiales y elementos iluminados y, evitar en lo posible deslumbramientos que, en el peor de los casos, puede dar lugar a accidentes.

Sala de control

En la sala de control, se encuentra la totalidad del cuadro de mando y los paneles de control y protección, en una dimensión total a iluminar de 63 m².

La totalidad de las lámparas irán empotradas en el falso techo.

Se instalarán un total de 12 lámparas fluorescentes de tono de luz blanco pálido, de una potencia de 36 W por unidad del modelo TPS498/1.236 1.2 C6 2*36 W

Sala de cabinas

Nos encontramos una sala para las celdas de 25 kV, donde se instalarán la totalidad de las lámparas empotradas en el falso techo.

Se instalarán un total de 15 lámparas fluorescentes de tono de luz blanco pálido, de una potencia de 36 W por unidad del modelo TPS 498/1.236 1.2 C6 2*36 W

Almacén

Se instalarán 3 lámparas fluorescentes de tono de luz blanco, de 36 W de potencia por unidad, sin reflector. Se instalarán adosadas al techo y serán del modelo FBS 105/136 1 x PL-L 36 W/827.

Servicio

Se instalarán 2 lámparas fluorescentes de tono de luz blanco, de 36 W de potencia por unidad. Modelo FBS 105/136 1 x PL-L 36 W/827.

Vestuarios

Se instalarán 3 lámparas fluorescentes de tono de luz blanco, de 36 W de potencia por unidad, sin reflector. Modelo FBS 105/136 1 x PL-L 36 W/827.

2.8.13.2 ALUMBRADO EXTERIOR

La totalidad de la zona exterior de la Subestación, ocupa una superficie de 11675 m², donde se instalarán un total de 19 luminarias distribuidas por la estructura de la Subestación. Las luminarias utilizadas estarán equipadas con lámparas de 250 W de vapor de sodio de alta presión, denominación Luminaria E.T.-400 tipo farola.

En la zona de servicios, se instalarán un total de 8 lámparas de vapor de sodio de alta presión con montaje sobre los pórticos de barras y transformadores. Las luminarias serán de 250 W por unidad, denominación Luminaria JCH-250.

2.8.13.3 ALUMBRADO DE EMERGENCIA

El alumbrado de emergencia actuará cuando falta la tensión de alimentación del alumbrado de emergencia normal, o ésta descienda a un 70 % de su valor nominal. Se alimentará de un conjunto batería-rectificador de 110 Vcc con una autonomía mínima de dos horas, utilizándose luminarias con tubos fluorescentes.

Este alumbrado se instalará de forma ilumine los caminos de salida del edificio, desde cualquier punto del mismo, por lo que se distribuirá de la siguiente forma:

- 5 fluorescentes en la sala de control
- 13 en la sala de cabinas
- 2 en el almacén

La instalación se efectuará en la pared, en montaje superficial.

2.9 ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE LOS DOCUMENTOS BÁSICOS

- 1.- Planos
- 2.- Pliego de Condiciones
- 3.- Presupuesto
- 4.- Memoria descriptiva

3. ANEXOS

INDICE

3.1 CÁLCULOS	88
3.1.1 CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.....	88
3.1.1.1 GENERALIDADES	88
3.1.1.2 ESQUEMA UNIFILAR Y LOCALIZACIÓN DE FALTAS	88
3.1.1.3 CÁLCULO POR UNIDAD	89
3.1.1.4 SELECCIÓN DE VALORES BÁSICOS.....	89
3.1.1.4.1 CÁLCULO DE REACTANCIAS POR UNIDAD	90
3.1.1.4.1.1 REACTANCIAS DE LAS LÍNEAS DE ENTRADA.....	90
3.1.1.4.1.2 REACTANCIAS DE TRANSFORMADORES	91
3.1.1.5 ESQUEMA DE IMPEDANCIAS POR UNIDAD	92
3.1.1.6 POTENCIAS DE CORTOCIRCUITO	95
3.1.1.7 CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.....	96
3.1.1.7.1 CORRIENTE EFICAZ DE CORTOCIRCUITO DE CHOQUE.....	97
3.1.1.7.1.1 VALORES PERMANENTES	97
3.1.1.7.1.2 CORRIENTE MÁXIMA DE CORTOCIRCUITO DE CHOQUE.....	98
3.1.1.8 DIMENSIONADO Y ELECCIÓN DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS....	99
3.1.1.8.1 ELECCIÓN DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS	99
3.1.1.8.2 LOCALIZACIÓN DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS	100
3.1.1.8.3 DIMENSIONADO DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS	100
3.1.1.8.3.1 CAPACIDAD DE RUPTURA Y DE CONEXIÓN.....	100
3.1.1.8.3.2 CORRIENTE DE DESCONEXIÓN.....	102
3.1.1.8.3.3 CORRIENTES NOMINALES	103
3.1.1.8.4 RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS.....	104
3.1.2 DIMENSIONADO DE CONDUCTORES.....	105
3.1.2.1 GENERALIDADES.....	105
3.1.2.2 CALCULO DEL EMBARRADO DE ALTA TENSIÓN	105
3.1.2.2.1 ELECCIÓN DEL TIPO DE CABLE	106
3.1.2.2.2 COMPROBACIÓN POR DENSIDAD DE CORRIENTE	106
3.1.2.2.2.1 JUSTIFICACIÓN	106
3.1.2.2.3 CÁLCULO DEL EFECTO CORONA.....	108
3.1.2.2.3.1 JUSTIFICACIÓN	108
3.1.2.2.3.2 TENSIÓN CRÍTICA DISRUPTIVA.....	108
3.1.2.2.4 JUSTIFICACIÓN MECÁNICA	112
3.1.2.2.4.1 TRACCIÓN MÁXIMA ADMISIBLE.....	112

3.1.2.2.4.2 FLECHAS MÁXIMA	114
3.1.2.2.4.3 FLECHAS MÍNIMAS	116
3.1.2.2.4.4 FENÓMENOS VIBRATORIOS	117
3.1.2.3 DERIVACIONES DE BARRAS A TRANSFORMADORES DE POTENCIA..	117
3.1.2.3.1 DERIVACIONES DE BARRAS A TRANSFORMADORES DE POTENCIA	117
3.1.2.3.1.1 ELECCIÓN DEL TIPO DE CABLE	117
3.1.2.3.1.2 COMPROBACIÓN POR DENSIDAD DE CORRIENTE	118
3.1.2.3.1.2.1 JUSTIFICACIÓN	118
3.1.2.3.1.3 CÁLCULO DEL EFECTO CORONA	119
3.1.2.3.1.3.1 TENSIÓN CRÍTICA DISRUPTIVA	119
3.1.2.3.1.4 JUSTIFICACIÓN MECÁNICA	122
3.1.2.3.4.1 TRACCIÓN MÁXIMA ADMISIBLE.....	122
3.1.2.3.4.2 FLECHAS MÁXIMAS	123
3.1.2.3.4.3 FLECHAS MÍNIMAS.....	126
3.1.2.3.4.4 FENÓMENOS VIBRATORIOS	125
3.1.2.4 SALIDAS EN MEDIA TENSIÓN.....	125
3.1.2.4.1 TRAMO EN INTEMPERIE.....	125
3.1.2.4.1.1 CÁLCULO DEL EFECTO CORONA	126
3.1.2.4.1.1.1 TENSIÓN CRÍTICA DISRUPTIVA	126
3.1.2.4.1.2 JUSTIFICACIÓN MECÁNICA	128
3.1.2.4.2 TRAMO SUBTERRÁNEO	130
3.1.2.4.2.1 ELECCIÓN DEL TIPO DE CONDUCTOR.....	130
3.1.2.4.2.2 CÁLCULO POR DENSIDAD DE CORRIENTE.....	131
3.1.2.5 BARRAS DE 25 kV	131
3.1.2.6 SALIDAS EN BAJA TENSIÓN	132
3.1.2.6.1 CALCULO POR DENSIDAD DE CORRIENTE.....	132
3.1.2.7 CABLE AÉREO DE TIERRA (CABLE GUARDA)	133
3.1.2.7.1 JUSTIFICACIÓN MECÁNICA	133
3.1.2.7.1.1 TRACCIÓN MÁXIMA ADMISIBLE.....	133
3.1.2.7.1.1.1 VANO DE 20 METROS	134
3.1.2.7.1.1.1.1 FLECHAS MÁXIMAS	135
3.1.2.7.1.1.1.2 FLECHAS MÍNIMAS	135
3.1.2.7.1.1.2 VANO DE 25,35 METROS	136
3.1.2.7.1.1.2.1 FLECHAS MÁXIMAS	136
3.1.2.7.1.1.2.2 FLECHAS MÍNIMAS	137
3.1.2 DISTANCIAS DE SEGURIDAD.....	138

3.1.2.1 ALTURA DE LOS CONDUCTORES AL TERRENO	139
3.1.2.2 DISTANCIAS MINIMA DE LOS CONDUCTORES DE 220 KV	140
3.1.2.3 DISTANCIAS FINALES ADOPTADAS	141
3.1.2 EFECTO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO	141
3.1.2.1 JUSTIFICACIÓN ELECTRODINÁMICA POR CORTOCIRCUITO	141
3.1.2.1.1 EFECTOS EN EL EMBARRADO DE ALTA TENSIÓN	142
3.1.2.2.2 EFECTOS EN LAS DERIVACIONES DE BARRAS A TRANSFORMADORES DE POTENCIA	144
3.1.2.1.3 SALIDAS EN MEDIA TENSIÓN	145
3.1.2.2 JUSTIFICACIÓN TÉRMICA POR CORTOCIRCUITO.....	147
3.1.2.2.1 ASPECTOS GENERALES	147
3.1.2.2.2 EFECTOS EN EL EMBARRADO DE ALTA TENSIÓN	148
3.1.2.2.3 EFECTOS EN LAS DERIVACIONES DE BARRAS A TRANSFORMADOR DE POTENCIA.....	149
3.1.2.2.5 EFECTOS EN LAS SALIDAS EN MEDIA TENSIÓN.....	150
3.1.2.2.6 EFECTOS EN LAS SALIDAS EN BAJA TENSIÓN.....	151
3.1.3 CÁLCULO DE LAS CADENAS DE AISLADORES	151
3.1.3.1 AISLADORES DE 220 kV	152
3.1.3.1.1 CÁLCULO ELÉCTRICO DE AISLADORES	153
3.1.3.1.2 CALCULO MECÁNICO DE AISLADORES	155
3.1.3.1.2.1 BARRAS GENERALES	155
3.1.3.1.2.2 BAJANTE DE BARRAS A TRANSFORMADORES	158
3.1.4 COMPENSACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA	159
3.1.4.1 JUSTIFICACIÓN	159
3.1.4.2 CÁLCULO DE LA POTENCIA REACTIVA	160
3.1.4 PROTECCIONES	161
3.1.4.1 PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES	161
3.1.4.1.1 PARARRAYOS DE 220 kV	162
3.1.4.1.2 PARARRAYOS DE 25 kV	163
3.1.4.2 PROTECCIÓN DE SOBRE Y SUBTENSIÓN.....	165
3.1.4.3 PROTECCIÓN DE LOS TRANSFORMADORES	166
3.1.4.3.1 PROTECCIÓN DIFERENCIAL DE FASES	166
3.1.4.3.1.1 DETERMINACIÓN DEL VALOR DE AJUSTE DE LA CORRIENTE DIFERENCIAL DEL TRANSFORMADOR DE 60 MVA	166
3.1.4.3.1.2 DETERMINACIÓN DEL VALOR DE AJUSTE DE LA CORRIENTE DIFERENCIAL DEL TRANSFORMADOR DE 40 MVA	169
3.1.5 TRANSFORMADORES DE MEDIDA Y PROTECCIÓN.....	171

3.1.5.1 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD.....	172
3.1.5.1.1 LÍNEAS DE LLEGADA.....	172
3.1.5.1.2 LÍNEAS A TRANSFORMADORES.....	180
3.1.5.1.3 LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN A BARRAS.....	188
3.1.5.1.4 SALIDA DE LÍNEAS.....	195
3.1.5.1.5 TRANSFORMADORES EN EL NEUTRO DEL ZIG-ZAG.....	201
3.1.5.1.5.1 TRANSFORMADOR DE 1500/5 A.....	201
3.1.5.1.5.2 TRANSFORMADOR DE 400/5 A.....	203
3.1.5.1.6 TRANSFORMADOR PARA LA CUBA DEL TRAF0.....	204
3.1.5.2 TRANSFORMADORES DE TENSIÓN.....	206
3.1.5.2.1 LÍNEAS DE LLEGADA.....	206
3.1.5.2.2 LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN A BARRAS.....	207
3.1.5.2.3 EMBARRADO DE 25 kV.....	210
3.1.6 CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA.....	212
3.1.6.1 JUSTIFICACIÓN REGLAMENTARIA.....	212
3.1.6.2 INFORMACIÓN FACILITADA I DATOS DE PARTIDA.....	212
3.1.6.3 CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO.....	213
3.1.6.4 DETERMINACIÓN DE LAS CORRIENTES MÁXIMAS DE PUESTA A TIERRA.....	213
3.1.6.5 TIEMPO DE AISLAMIENTO DE LA FALTA.....	213
3.1.6.6 SECCIÓN DEL CONDUCTOR.....	214
3.1.6.7 CÁLCULO DE LA MALLA GENERAL DE TIERRA.....	216
3.1.6.8 VALORES ADMISIBLES DE LAS TENSIONES DE PASO I CONTACTO ...	216
3.1.6.9 TENSIÓN DE PASO I CONTACTO REALES.....	217
3.1.6.10 CONCLUSIONES.....	219
3.1.6.11 TENSIÓN MÁXIMA APLICABLE AL CUERPO HUMANO.....	220
3.1.6.11.1 TENSIONES APLICADAS.....	221
3.1.6.11.1.1 TENSIÓN DE PASO APLICADA.....	221
3.1.6.11.1.2 TENSIÓN DE CONTACTO APLICADA.....	221
3.1.6.11.1.3 RESUMEN DEL CÁLCULO.....	222
3.1.7 ALUMBRADO.....	222
3.1.7.1 ALUMBRADO PARQUE DE INTEMPERIE.....	222
3.1.7.2 ALUMBRADO INTERIOR.....	224
3.1.7.2.1 ALUMBRADO SALA DE MANDO Y CONTROL.....	241
3.1.7.2.2 ALUMBRADO SALA DE CABINAS.....	257
3.1.7.2.3 ALUMBRADO TALLER.....	273

3.1 CÁLCULOS

3.1.1 CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

3.1.1.1 GENERALIDADES

Un cortocircuito en un punto, equivale a anular la tensión existente en dicho punto antes del defecto. Normalmente, se calculan los parámetros correspondientes a un cortocircuito trifásico, puesto que a partir de los datos obtenidos se puede determinar la potencia de ruptura de los interruptores o de los equipos a instalar. Al producirse un cortocircuito en una red en condiciones de carga, el cálculo riguroso de la corriente total que circulará por el circuito, será la resultante de la corriente producida por el cortocircuito y de la corriente absorbida por las cargas en función de las tensiones impuestas por el cortocircuito. En la práctica, solo será suficiente considerar las corrientes debidas al cortocircuito.

3.1.1.2 ESQUEMA UNIFILAR Y LOCALIZACIÓN DE FALTAS

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito, debemos expresar el esquema unifilar de la Subestación, donde localizaremos los diferentes niveles de tensión, como también tanto la disposición de los transformadores de potencia como los transformadores a servicios auxiliares. Dando lugar a las diferentes faltas posibles que se puedan producir en la subestación.

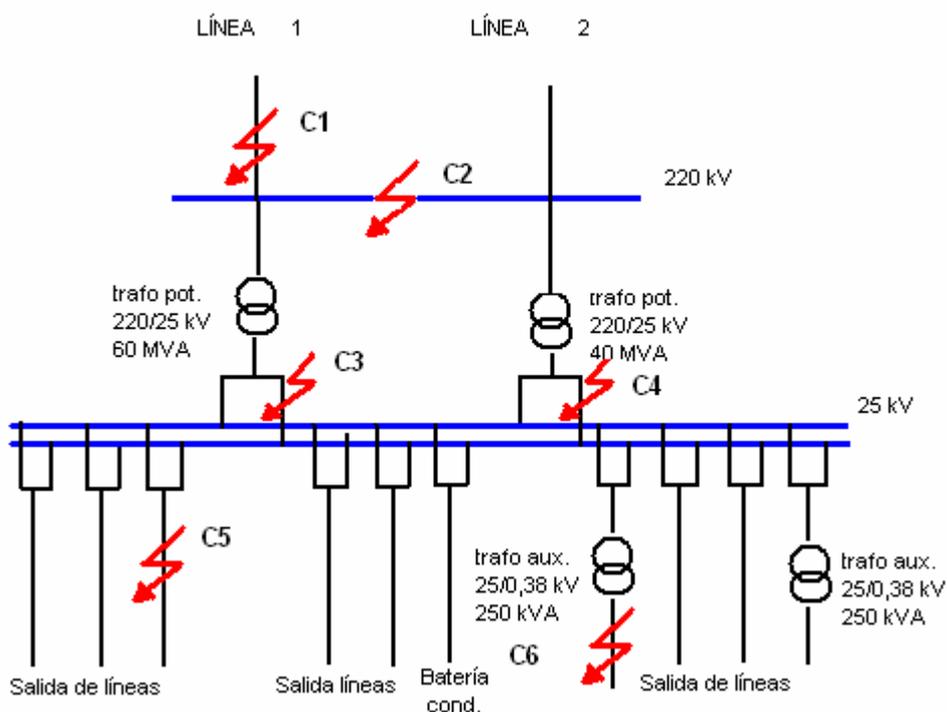


Figura 1. Esquema unifilar

3.1.1.3 CÁLCULO POR UNIDAD

Cuando tenemos dos o más niveles de tensión, podemos simplificar el cálculo aplicando el método por unidad. El cual nos ofrece una serie de ventajas:

- Los fabricantes especifican las impedancias en tanto por ciento de los valores nominales que figuran en las placas de características.
- Las impedancias por unidad del mismo tipo de aparato tienen valores muy próximos, aunque sus valores en ohmios sean muy diferentes.
- La impedancia por unidad de un transformador, es la misma en el primario y secundario.
- La impedancia por unidad de un transformador, no depende del tipo de conexión.

3.1.1.4 SELECCIÓN DE VALORES BÁSICOS

Al encontrarnos en un sistema trifásico, los valores básicos serán los siguientes:

A (MVA)

B (kV)

$\frac{1000 \cdot A}{B\sqrt{3}}$ (A)

$\frac{B^2}{A}$ (Ω)

Donde:

A Potencia para todo el circuito, en MVA

B Para un nivel de tensión, en kV

3.1.1.4.1 Cálculo de reactancias por unidad

Para realizar el cálculo de las reactancias adaptadas al método por unidad hay que fijar, en primer lugar, unos valores base arbitrarios.

Potencia base de referencia de cálculo:

$$P_b = 10 \text{ MVA}$$

3.1.1.4.1.1 Reactancias de las líneas de entrada

La empresa suministradora, nos determina en cada línea una potencia de cortocircuito de 1000 MVA.

Calculo del valor por unidad de las líneas a barras de 220 kV:

Se utiliza la siguiente expresión matemática para el cálculo por unidad:

$$X = \frac{P_b}{S_{cc}}$$

Donde:

P_b	Valor de la potencia base, en MVA
S_{cc}	Valor de la potencia de cortocircuito, en MVA
X	Valor p.u. (por unidad) de la reactancia del sistema.

(Línea 1):

$$X = \frac{P_b}{S_{cc}} = \frac{10}{1000} = j 0,01 \text{ p.u.}$$

(Línea 2):

$$X = \frac{Pb}{Scc} = \frac{10}{1000} = j 0,01 \text{ p.u.}$$

3.1.1.4.1.2 Reactancias de transformadores

Trafo 1 (Transformador de potencia 60 MVA):

Utilizamos, para calcular las reactancias de los transformadores, la siguiente expresión matemática:

$$X = U_{cc} \cdot \frac{Pb}{Sn}$$

Donde:

U _{cc}	Valor de la reactancia de cortocircuito del transformador, en %
P _b	Valor de la potencia base, en MVA
S _n	Valor de la potencia nominal del transformador, en MVA
X	Valor p.u. (por unidad) de la reactancia del sistema.

De los datos del fabricante obtenemos el siguiente valor de Reactancia de cortocircuito:

$$U_{cc} = 12 \%$$

$$X = U_{cc} \cdot \frac{Pb}{Sn} = 0,12 \cdot \frac{10}{60} = j 0,02 \text{ p.u.}$$

Trafo 2 (Transformador de potencia 40 MVA):

De los datos del fabricante obtenemos el siguiente valor de Reactancia de cortocircuito:

$$U_{cc} = 12 \%$$

$$X = U_{cc} \cdot \frac{P_b}{S_n} = 0,12 \cdot \frac{10}{40} = j 0,03 \text{ p.u.}$$

Transformadores a servicios auxiliares 250 kVA:

De los datos del fabricante obtenemos el siguiente valor de Reactancia de cortocircuito:

$$U_{cc} = 4,5 \%$$

$$X = U_{cc} \cdot \frac{P_b}{S_n} = 0,045 \cdot \frac{10}{0,25} = j 1,8 \text{ p.u.}$$

Reflejamos los resultados obtenidos en la siguiente tabla:

	Potencias [MVA]	Potencia base [MVA]	Valor p.u. (por unidad)
Línea a barras (Línea 1)	S _{cc} =1000	10	j 0,01
Línea a barras (Línea 2)	S _{cc} =1000	10	j 0,01
Transformador de potencia 1	S _n =60	10	j 0,02
Transformador de potencia 2	S _n =40	10	j 0,03
Transformador a Servicios aux.	S _n =0,25	10	j 1,8

Tabla 1. Reactancias equivalentes.

3.1.1.5 ESQUEMA DE IMPEDANCIAS POR UNIDAD

Definimos el esquema de impedancias del circuito, substituyendo cada elemento del mismo por su respectivo valor por unidad, ya sea los transformadores de potencia, líneas a embarrados y transformadores a servicios auxiliares.

El esquema equivalente queda reflejado en la figura 2. Donde también se señalizan los posibles puntos eléctricos donde pueden darse los diferentes cortocircuitos.

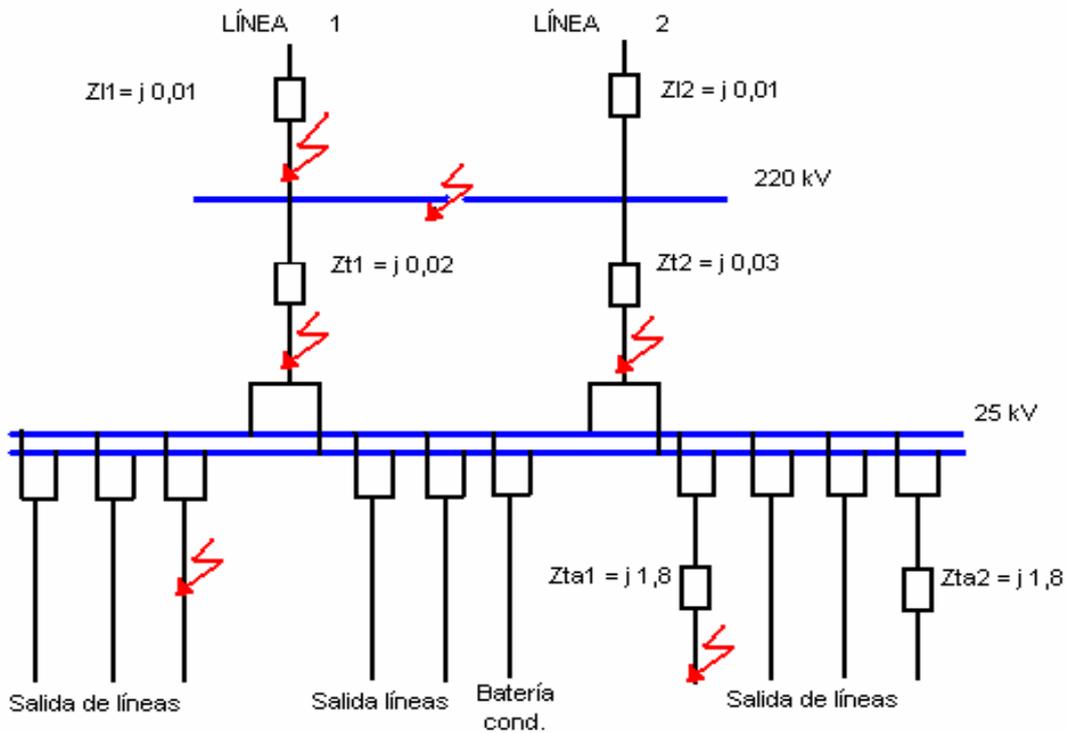


Figura 2. Esquema de impedancias por unidad.

Cortocircuito en el punto C1

Nos encontramos tanto en la línea de llegada (Línea 1), como en la línea de llegada (Línea 2) donde su valor p.u. calculado anteriormente corresponde a:

$$X_{11} = j 0,01 \text{ p.u.}$$

$$X_{12} = j 0,01 \text{ p.u.}$$

Cortocircuito en el punto C2

Nos encontramos la línea de llegada (Línea 1) y la línea de llegada (Línea 2), conectadas ambas en paralelo, por lo que su valor corresponde a:

$$X_2 = \frac{j0,01 \cdot j0,01}{j0,01 + j0,01} = j 0,005 \text{ p.u.}$$

Cortocircuito en el punto C3

Nos encontramos ambas líneas de llegada conectadas en paralelo y el transformador de potencia de 60 MVA conectado en serie, por lo que la reactancia equivalente corresponderá a:

$$X_3 = j 0,005 + j 0,02 = j 0,025 \text{ p.u.}$$

$$X_3 = j 0,025 \text{ p.u.}$$

Cortocircuito en el punto C4

Nos encontramos ambas líneas de llegada conectadas en paralelo y el transformador de potencia de 40 MVA conectado en serie, por lo que la reactancia equivalente corresponderá a:

$$X_4 = j 0,005 + j 0,03 = j 0,035 \text{ p.u.}$$

$$X_4 = j 0,035 \text{ p.u.}$$

Cortocircuito en el punto C5

Apreciamos en dicho punto, ambas líneas de llegada conectadas en paralelo, junto a los dos transformadores de potencia también conectados en paralelo. Donde su correspondiente reactancia equivalente será la siguiente:

$$X = \frac{j0,01 \cdot j0,01}{j0,01 + j0,01} = j 0,005 \text{ p.u.}$$

$$X = \frac{j0,02 \cdot j0,03}{j0,02 + j0,03} = j 0,012 \text{ p.u.}$$

$$X_5 = j 0,005 + j 0,012 = j 0,017 \text{ p.u.}$$

Cortocircuito en el punto C6

Encontramos las reactancias equivalentes de las líneas de llegada, las equivalentes a los transformadores de potencia y el transformador a servicios auxiliares, apreciamos que la reactancia equivalente a este punto será:

$$X_6 = j 0,005 + j 0,012 + j 1,8 = j 1,817 \text{ p.u.}$$

Reflejamos en la siguiente tabla los puntos de cortocircuito y su respectiva impedancia en dicho punto. Como se muestra en la tabla 2.

Puntos de cortocircuito	Valores equivalentes de reactancias p.u. (por unidad)
C1	0,01
C2	0,005
C3	0,025
C4	0,035
C5	0,017
C6	1,817

Tabla 2. Reactancias equivalentes en los puntos de Cortocircuito.

3.1.1.6 POTENCIAS DE CORTOCIRCUITO

A continuación se calcularán, para cada punto de cortocircuito su potencia correspondiente, con el fin de analizar y dar el resultado para cada uno de los posibles lugares donde se pueden producir los cortocircuitos, analizando cada uno de los puntos por separado.

Mediante la siguiente ecuación, pasaremos al cálculo de las potencias de cortocircuito, donde reflejaremos los resultados obtenidos en la tabla adjunta de este correspondiente apartado, dando lugar a las características de los interruptores automáticos a instalar en cada punto de cortocircuito.

$$S_{cc} = \frac{P_b}{X_{eq}}$$

Donde:

- Pb Valor de la potencia base, en MVA
 Scc Valor de la potencia de cortocircuito, en MVA
 Xeq Valor de la reactancia equivalente en el punto de cortocircuito

Se muestra en la siguiente tabla los puntos de cortocircuito y su respectiva potencia de cortocircuito en dicho punto. Como se muestra en la tabla 3:

Puntos de cortocircuito	Valores equivalentes de reactancias p.u. (por unidad)	Potencias de cortocircuito [MVA]
C1	0,01	1000
C2	0,005	2000
C3	0,025	400
C4	0,035	285,71
C5	0,017	588,23
C6	1,817	5,50

Tabla 3. Reactancias equivalentes y potencias de cortocircuito.

Tal y como hemos expresado anteriormente, los valores obtenidos en la tabla 3, serán los necesarios para determinar la potencia de ruptura, tanto de los interruptores como de otros equipos a instalar.

3.1.1.7 CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

El conocimiento de la corriente de cortocircuito de las instalaciones tiene la misma importancia que el conocimiento de la corriente nominal. Así pues, el conocer el valor de la intensidad de cortocircuito, nos permitirá poder fijar el dimensionado de un juego de barras, el calibre de un fusible o de un interruptor o establecer los ajustes de las protecciones.

3.1.1.7.1 Corriente eficaz de cortocircuito de choque

3.1.1.7.1.1 Valores permanentes

Para realizar el cálculo de los valores permanentes de la corriente de cortocircuito, que al igual que el cálculo de potencias nos ayudaran a obtener las diferentes características de interruptores y demás equipos a instalar.

Extraeremos los valores de las corrientes permanentes de cortocircuito mediante la siguiente fórmula, cuales valores obtenidos, serán valores eficaces:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{U_n \cdot \sqrt{3}}$$

Donde:

I_{cc} Valor de corriente de choque, en kA
 S_{cc} Potencia de cortocircuito en, MVA
 U_n Tensión nominal, en kV

Reflejamos en la siguiente tabla, los diferentes valores de los parámetros que dependen del cálculo de las corrientes de cortocircuito, como los valores resultantes de las corrientes de cortocircuito:

Puntos de cortocircuito	Potencias de cortocircuito [MVA]	Tensión nominal [kV]	Corriente permanente de cortocircuito [kA]
C1	1000	220	2,62
C2	2000	220	5,25
C3	400	25	9,23
C4	285,71	25	6,59
C5	588,23	25	13,58
C6	5,50	0,38	8,35

Tabla 4. Corriente permanente de cortocircuito.

3.1.1.7.1.2 Corriente máxima de cortocircuito de choque

Para el cálculo de los valores máximos de choque, debemos utilizar los valores obtenidos en el apartado anterior (corrientes permanentes de cortocircuito), ya que para el cálculo de las corrientes máximas de choque, debemos utilizar la siguiente ecuación:

$$I_{ch} = \sqrt{2} \cdot I_{cc} + \sqrt{2} \cdot I_{cc} = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{cc}$$

Este valor es teórico ya que, se tiene que tener en cuenta el amortiguamiento del circuito, por lo que nos resulta a la práctica la siguiente ecuación:

$$I_{ch} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{cc}$$

Donde:

I_{cc} Corriente permanente de cortocircuito, en kA
 I_{ch} Corriente máxima de choque, en kA

Expresamos los resultados obtenidos de las corrientes de choque, en la tabla siguiente:

Puntos de cortocircuito	Corriente permanente de cortocircuito [kA]	Valores de la corriente máxima de choque [kA]
C1	2,62	6,66
C2	5,25	13,36
C3	9,23	23,49
C4	6,59	16,77
C5	13,58	34,56
C6	8,35	21,25

Tabla 5. Reactancias equivalentes y potencias de cortocircuito.

3.1.1.8 DIMENSIONADO Y ELECCIÓN DE INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS

3.1.1.8.1 Elección de interruptores automáticos

El interruptor automático es el que en definitiva materializa las órdenes de conexión o/y desconexión ordenadas por las protecciones y automatismos.

La misión de los interruptores automáticos es doble:

- a) Unión o separación de redes o instalaciones en el caso de maniobras.
- b) Separación de las zonas averiadas en el menor tiempo posible.

Como quiera que la desconexión de un cortocircuito es la misión más difícil de cumplir por el interruptor esta misión es un factor determinante de su tamaño, se utiliza como medida para elegir el más adecuado, la potencia de ruptura.

Pero a demás de éste valor es necesario tener en cuenta una serie de aspectos generales que también nos ayudaran a dimensionar este tipo de aparata eléctrica.

Como pueden ser:

- a) Tensión nominal
- b) Intensidad nominal
- c) Tiempo de desconexión
- d) Tiempo de conexión
- e) Instalación interior o de intemperie
- f) Limitaciones de espacio
- g) Coste
- h) Etc.

3.1.1.8.2 Localización de interruptores automáticos

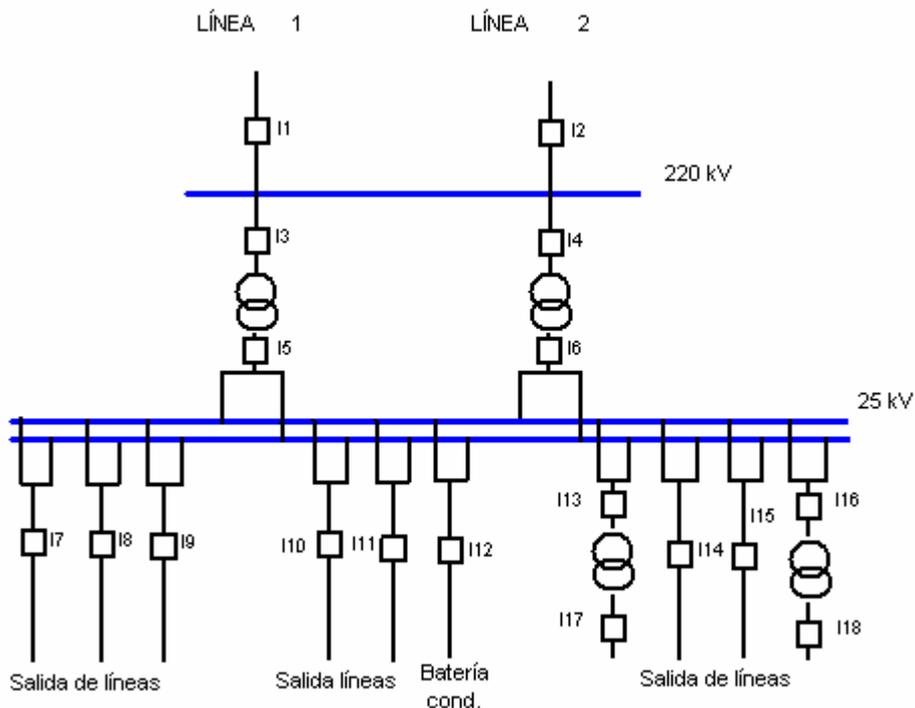


Figura 3. Localización de interruptores automáticos

3.1.1.8.3 Dimensionado de interruptores automáticos

Como hemos visto en el apartado anterior debemos expresar los aspectos tales como:

- Capacidad de conexión
- Capacidad de ruptura
- Corrientes nominales
- Corriente de desconexión

3.1.1.8.3.1 Capacidad de ruptura y de conexión

Para poder elegir los interruptores automáticos a utilizar, en cada uno de los puntos de la instalación, es fundamental calcular los siguientes parámetros:

· *Capacidad de ruptura* (o poder de desconexión de los interruptores). Viene definida por la corriente permanente de cortocircuito (I_{cc}).

Y la ecuación donde se muestran sus parámetros, es la siguiente:

$$Pr = \sqrt{3} \cdot Un \cdot I_{cc}$$

Donde:

Pr Capacidad de ruptura, en MVA
I_{cc} Valor eficaz de la corriente permanente de cortocircuito, en kA
Un Tensión nominal, en kV

Puntos de cortocircuito	Tensión Nominal [kV]	Corriente permanente de cortocircuito [kA]	Capacidad de ruptura [MVA]
C1	220	2,62	998,35
C2	220	5,25	2000,51
C3	25	9,23	399,67
C4	25	6,59	285,35
C5	25	13,58	588,03
C6	0,38	8,35	5,49

Tabla 6. Capacidad de ruptura.

· *Capacidad de conexión* (o poder de conexión): está definida por la corriente de choque (I_{ch}).

Y la ecuación donde se muestran sus parámetros, es la siguiente:

$$Pc = \sqrt{3} \cdot Un \cdot I_{ch}$$

Donde:

Pc Capacidad de conexión, en MVA
I_{cc} Valor eficaz de la corriente permanente de cortocircuito, en kA
Un Tensión nominal, en kV

Puntos de cortocircuito	Tensión Nominal [kV]	Valores de la corriente máxima de choque [kA]	Capacidad de conexión [MVA]
C1	220	6,66	2537,80
C2	220	13,36	5090,84
C3	25	23,49	1017,14
C4	25	16,77	726,46
C5	25	34,56	1496,50
C6	0,38	21,25	13,98

Tabla 7. Valores de capacidad de conexión

De acuerdo a los cálculos anteriores, de capacidad de ruptura y conexión, se expone un resumen del cálculo:

Puntos de cortocircuito	Capacidad de Ruptura [MVA]	Capacidad de conexión [MVA]
C1	998,35	2537,80
C2	2000,51	5090,84
C3	399,67	1017,14
C4	285,35	726,46
C5	588,03	1496,50
C6	5,49	13,98

Tabla 8. Capacidad de ruptura y conexión.

3.1.1.8.3.2 Corriente de desconexión

Definimos la corriente de desconexión, como la corriente máxima que deberá abrir cada uno de los interruptores automáticos, refiriéndonos a esa corriente, como la de régimen permanente de cortocircuito.

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{U_n \cdot \sqrt{3}}$$

Donde:

I_{cc} Valor de corriente de choque, en kA
 P_{cc} Potencia de cortocircuito, en MVA
 U_n Tensión nominal, en kV

Obteniendo unos valores de corriente de desconexión:

Puntos de cortocircuito	Corriente de desconexión [kA]
C1	2,62
C2	5,25
C3	9,23
C4	6,59
C5	13,58
C6	8,35

Tabla 9. Valores de la corriente de desconexión.

3.1.1.8.3.3 Corrientes nominales

La corriente nominal que deberá sobrepasar por cada uno de los interruptores automáticos, la definimos por la siguiente ecuación:

$$I_n = \frac{S_n}{U_n \cdot \sqrt{3}}$$

Donde:

- I_n** Intensidad nominal, en kA
S_n Potencia nominal, en MVA
U_n Tensión nominal, en kV

Interruptores Automáticos	Potencia nominal en [MVA]	Tensión nominal en [kV]	Intensidad nominal en [kA]
I1,I2	100	220	0,262
I3	60	220	0,157
I4	40	220	0,104
I5	60	25	1,38
I6	40	25	0,92
Int. salida de líneas	10	25	0,230
Int. de Servicios auxiliares	0,25	0,38	0,379

Tabla 10. Corrientes nominales.

3.1.1.8.4 Resumen de las características de los interruptores automáticos

Considerando las características calculadas en los apartados anteriores y comparando los resultados obtenidos, con los catálogos de los fabricantes, llegamos a la siguiente conclusión:

Interruptores Automáticos	Tensión Nominal (kV)	Intensidad Nominal (kA)	Capacidad de ruptura (MVA)	Capacidad de conexión (MVA)	Corriente de desconexión (kA)
<i>I1,I2</i>	220	0,262	998,35	2537,80	2,62
<i>I3</i>	220	0,157	2000,51	5090,84	5,25
<i>I4</i>	220	0,104	2000,51	5090,84	5,25
<i>I5</i>	25	1,38	399,67	1017,14	9,23
<i>I6</i>	25	0,92	285,35	726,46	6,59
<i>Salida de líneas</i>	25	0,230	588,03	1496,50	13,58
<i>Servicios Auxiliares</i>	0,38	0,379	5,49	13,98	8,35

Tabla 11. Elección de los interruptores automáticos.

Los interruptores automáticos de salida de líneas a 25 kV formaran parte del conjunto de celdas blindadas en SF6, suministradas por SIEMENS, por lo que se escogerán del mismo fabricante.

Los Interruptores restantes, serán en SF6, de la firma VATECH, para 245 kV.

3.1.2 DIMENSIONADO DE CONDUCTORES

3.1.2.1 GENERALIDADES

Entre los distintos criterios por los que elegir una u otra sección, aparecen los criterios de *calentamiento* o *densidad de corriente admisible*, de *caída de tensión*, y de capacidad para soportar el *cortocircuito*, y junto a ellos, el punto de vista *económico*, que puede conducir a ahorros importantes relacionados con la pérdida de potencia, en función de la sección empleada en cada uno de los diferentes circuitos de la Subestación.

Por lo que la elección de los conductores, se hará de acuerdo con las prescripciones expuestas en el R.A.T. de líneas aéreas; densidades de corriente, sobrecargas, esfuerzos mecánicos i térmicos.

3.1.2.2 CÁLCULO DEL EMBARRADO DE ALTA TENSIÓN

En primer lugar, para realizar el cálculo de las barras colectoras, debemos de calcular la intensidad nominal que circulará por este circuito, correspondiente a la siguiente ecuación, por lo que:

La intensidad nominal que circulará será de:

$$In = \frac{Sn}{Un \cdot \sqrt{3}}$$

Donde:

In Intensidad nominal, en A
Sn Potencia nominal, en kVA
Un Tensión nominal, en kV

Substituyendo los valores de los diferentes parámetros, se obtiene una intensidad de:

$$In = \frac{Sn}{Un \cdot \sqrt{3}} = \frac{100.000}{220 \cdot \sqrt{3}} = 262,43 \text{ A}$$

3.1.2.2.1 Elección del tipo de cable

Los conductores elegidos para el embarrado de la Subestación, sometidos a una tensión de 220 kV, son conductores de Aluminio-Acero, material más utilizado para estas circunstancias.

Donde escogemos para los embarrados de la instalación, el tipo de cable LA, denominación LA380-GULL.

Las características técnicas de este tipo de conductores se exponen a continuación:

-Tipo de cable	LA
-Denominación	380-GULL
-Sección	381,55 mm ²
-Composición	54+7
-Carga de rotura	11136 kg
-Resistencia a 20 °C	0,0854
-Intensidad máxima	1276,8 A
-Diámetro	2,540 cm

3.1.2.2.2 Comprobación por densidad de corriente

3.1.2.2.2.1 Justificación

Las densidades máximas de corriente en los conductores no pueden sobrepasar los valores de acuerdo con la tabla A 4.1 sobre densidad de corriente en los conductores que figuran en el artículo 22. que fija el actual Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta tensión.

Para soportar el paso de la corriente anterior, será necesario un conductor que tenga una densidad de corriente (**d**) mínima de:

$$d = \frac{In}{S} = \frac{262,43}{S} \text{ A/mm}^2$$

Donde:

- I_n Intensidad nominal, en A
 S Sección del conductor, en mm^2
 d Densidad de corriente, en A/mm^2

Según las características del cable LA especificadas por el fabricante, comprobamos que el cable elegido cumpla por densidad de corriente.

Teniendo en cuenta la preinscripciones hechas por el (R.A.T.) sobre líneas Al-Ac, obtendremos de la tabla el valor de la densidad de corriente correspondiente a su sección como si fuese aluminio en su totalidad.

$$d = \frac{I_n}{S} = \frac{262,43}{381,55} = 0,68 \text{ A}/\text{mm}^2$$

De acuerdo con la tabla A 4.1 sobre densidad de corriente en los conductores que figuran en el artículo 22. del actual Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta tensión, para la *Sección de 381,55 mm²* se obtiene una densidad de corriente máxima correspondiente a:

$$d \text{ máx} = 2,55 \text{ A}/\text{mm}^2$$

Que debe multiplicarse por el coeficiente de reducción que nos especifica el (R.A.T.) en su artículo 22. según su composición. Tal y como se especifica a continuación:

- 0.92 para conductores de 30 + 7
0.926 para conductores de 1 + 6 y 26+ 7
0.941 para conductores de 54 + 7

Obtenemos una densidad de corriente:

$$d = 2,55 \cdot 0,941 = 2,39 \text{ A}/\text{mm}^2$$

$$d = 2,39 \text{ A}/\text{mm}^2 > d \text{ real} = 0,68 \text{ A}/\text{mm}^2$$

Por lo que el cable LA380-GULL, cumple perfectamente por densidad de corriente.

3.1.2.2.3 Cálculo del efecto corona

3.1.2.2.3.1 Justificación

Nos referimos al hablar del efecto corona, a la ionización del aire en las zonas próximas a los conductores de las líneas aéreas cuando existe un gradiente de potencial elevado.

Los factores influyentes son los siguientes:

- Disposición de los conductores.
- Naturaleza de la superficie del conductor.
- Condiciones atmosféricas.
- Tensión.
- Frecuencia.

Por lo que tendremos que tener muy en cuenta los valores y las condiciones anteriores en los cálculos del efecto corona.

Características generales de la S.E. Transformadora:

- *Tensión máxima nominal* 245 kV
- *Tensión nominal* 220 kV
- *Altitud* 300 m
- *Temperatura media* 16 °C

3.1.2.2.3.2 Tensión crítica disruptiva

Utilizando la fórmula empírica de Peek, encontraremos la tensión crítica disruptiva:

$$V_c = \frac{29,8 \cdot \sqrt{3}}{\sqrt{2}} \cdot \partial \cdot r_{con} \cdot n \cdot m_c \cdot m_t \cdot \ln \frac{DMG}{req}$$

Donde:

V_c	Tensión crítica disruptiva, en kV
∂	Factor corrector por densidad del aire
r_{con}	Radio del conductor, en cm
n	Número de conductores por fase
m_c	Factor corrector por clima lluvioso o seco
m_t	Coefficiente de superficie del conductor
DMG	Distancia media geométrica, en cm
r_{eq}	Radio equivalente, en cm

Por su banda, cada uno de los parámetros se calculará según las indicaciones y expresiones siguientes:

1. Factor corrector de la densidad del aire

$$d = \frac{P}{76} \cdot \frac{273 + 25}{273 + T} = \frac{74,76}{76} \cdot \frac{298}{273 + 16} = 1,0143$$

Donde:

d	Factor de corrección por densidad del aire
P	Presión del aire, en cm.Hg
T	Temperatura, en °C

Si no conocemos la presión del aire, podemos utilizar la fórmula siguiente:

$$\log p = \log 76 - \frac{h}{18336} \quad \triangleright \quad p = \text{ant log} \left(\log 76 - \frac{300}{18336} \right) = 74,76 \text{ cm.Hg}$$

Donde:

h	Altura sobre el nivel del mar, en m
---	-------------------------------------

2. Factor corrector por clima. Este coeficiente corrector modifica la tensión disruptiva según sea el clima que haya en la zona a estudiar.

$$m_t = 1 \quad ; \text{ en caso de tiempo seco.}$$

$$m_t = 0,8 \quad ; \text{ en caso de tiempo lluvioso.}$$

3. Coeficiente de superficie del conductor. Este depende del estado de polución de la superficie así como del cableado.

$$m_c = 1 \quad ; \quad \text{para hilos con superficie lisa y neta.}$$

$$0,93 < m_c < 0,98 \quad ; \quad \text{para hilos con superficie oxidada o rugosa.}$$

$$0,83 < m_c < 0,87 \quad ; \quad \text{para cables con superficie oxidada o rugosa.}$$

4. Distancia media geométrica. Según su disposición.

Configuración simple:

$$DMG = \sqrt[3]{d_{ab} \cdot d_{bc} \cdot d_{ca}} = \sqrt[3]{400 \cdot 400 \cdot 800} = 503,96 \text{ cm}$$

5. Radio del conductor.

$$\text{Diámetro} = 25,40 \text{ mm} \approx 2,54 \text{ cm}$$

$$\text{Radio} = \frac{2,54}{2} = 1,27 \text{ cm}$$

Tensión crítica disruptiva:

$$m_t = 1 \quad ; \text{ en caso de tiempo seco:}$$

$$V_c = \frac{29,8 \cdot \sqrt{3}}{\sqrt{2}} \cdot d \cdot r_{con} \cdot n \cdot m_c \cdot m_t \cdot \ln \frac{DMG}{req} = 36,49 \cdot 1,0143 \cdot 1,27 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot \ln \frac{503,96}{1,27} = 239,11 \text{ kV}$$

Para poder comprobar que el cable no sufra efecto corona, se debe cumplir:

$$U_c > U_{m\acute{a}x} \quad 239,11 \text{ kV} \neq 245 \text{ kV}$$

Al no cumplirse dicha ecuación, debemos considerar posibles pérdidas por efecto corona, que nos vienen dadas por la siguiente ecuación:

$$\Delta P = \frac{241}{d} (f+25) \cdot n \cdot \sqrt{\frac{r}{d}} \cdot \left(\frac{U}{\sqrt{3}} - \frac{U_c}{\sqrt{3}} \right) \cdot 10^{-5}$$

Donde:

ΔP	Pérdidas, kW/km
d	Factor de corrección por densidad del aire
f	Frecuencia, en Hz
U	Tensión, en kV
r	Radio del conductor, en cm
n	Número de conductores por fase
d	Distancia media geométrica entre fases, en cm
U_c	Tensión crítica disruptiva, en kV

Por lo que aplicando la fórmula anterior obtenemos unas pérdidas de:

$$\Delta P = \frac{241}{d} (f+25) \cdot n \cdot \sqrt{\frac{r}{d}} \cdot \left(\frac{U}{\sqrt{3}} - \frac{U_c}{\sqrt{3}} \right) \cdot 10^{-5} = \frac{241}{1,0143} (50+25) \cdot \sqrt{\frac{1,27}{503,96}} \cdot \left(\frac{245}{\sqrt{3}} - \frac{239,11}{\sqrt{3}} \right) \cdot 10^{-5} = 0,0304 \text{ kW/km}$$

Podemos apreciar que las pérdidas provocadas por efecto corona son menos apreciables, ya que la corta distancia del embarrado de la subestación, nos permite despreciar dichas pérdidas.

$$\Delta P = 0,0304 \text{ kW/km} \cdot 0,015 = 0,000456 \text{ kW} \quad \text{de pérdidas}$$

$m_t = 0,8$; en caso de tiempo lluvioso.

$$V_c = \frac{29,8 \cdot \sqrt{3}}{\sqrt{2}} \cdot d \cdot r_{con} \cdot n \cdot m_c \cdot m_t \cdot \ln \frac{DMG}{req} = 36,49 \cdot 1,0143 \cdot 1,27 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,8$$

$$\cdot \ln \frac{503,96}{1,27} = 191,25 \text{ kV}$$

Para poder comprobar que el cable no sufra efecto corona, se debe cumplir:

$$U_c > U_{m\acute{a}x} \quad 191,25 \text{ kV} \neq 245 \text{ kV}$$

Obtenemos unas pérdidas de:

$$\Delta P = \frac{241}{d} (f+25) \cdot n \cdot \sqrt{\frac{r}{d}} \cdot \left(\frac{U}{\sqrt{3}} - \frac{U_c}{\sqrt{3}} \right) \cdot 10^{-5} = \frac{241}{1,0143} (50+25) \cdot \sqrt{\frac{1,27}{503,96}} \cdot \left(\frac{245}{\sqrt{3}} - \frac{191,25}{\sqrt{3}} \right) \cdot 10^{-5} = 0,2776 \text{ kW/km}$$

Podemos apreciar que las pérdidas provocadas por efecto corona son menos apreciables, ya que la corta distancia del embarrado de la subestación, nos permite despreciar dichas pérdidas.

$$\Delta P = 0,2776 \text{ kW/km} \cdot 0,015 = 0,004164 \text{ kW} \quad \text{de pérdidas}$$

3.1.2.2.4 Justificación mecánica

3.1.2.2.4.1 Tracción máxima admisible

De acuerdo con el RAT, art. 27, la tracción máxima admisible de los conductores y cables de tierra no resultará superior a su carga de rotura, dividida por 2,5 al tratarse de cables, considerándolos sometidos a la hipótesis de sobrecarga en función de la zona donde se encuentra la instalación, definidas en el mismo art. 27.

Según R.A.T. Art. 27, la tracción máxima de los conductores no resultará superior a su carga de rotura, dividida por 2,5 si se trata de cables. Con ello, la tensión máxima en el punto de amarre del apoyo más alto, deberá ser:

$$T_m = Cr / 2,5 = 11136 / 2,5 = 4454,4 \text{ kg}$$

Datos generales de partida:

- Longitud del vano	20 m
- Separación de los conductores	400 cm
- Material del conductor	Al-Ac
- Sección del conductor	381.55 mm ²
- Diámetro del cable	2,54 cm
- Composición	54+7
- Tensión de rotura	11136 kg
<i>P_v: Dato de R.A.T.</i>	
<i>Para diámetros mayores de 16 mm</i>	50 kp/m ²

Así, al tratarse el presente proyecto en la zona A (menor de 500 m), habría una sobrecarga sobre el conductor de:

$$F_v = P_v \cdot D = 50 \cdot 0,0254 = 1,27 \text{ kg/m}$$

Donde:

P _v	Presión dinámica del viento, en kg/m ²
D	Diámetro del cable, en m
F _v	Sobrecarga de viento sobre el conductor, en kg/m ²

Con los valores anteriores podemos calcular los pesos a tener en cuenta en función de la sobrecarga, el peso total a considerar sobre el conductor será:

$$P = \sqrt{(P_p)^2 + (F_v)^2} = \sqrt{1,2768^2 + 1,27^2} = 1,80 \text{ kg/m}$$

Donde:

- Pp Peso propio del conductor, en kg/m
Fv Sobrecarga de viento sobre el conductor, en kg/m²
P Peso total a considerar, en kg/m

3.1.2.2.4.2 Flechas máximas

Según las preinscripciones del RAT art. 27.3 se consideran las siguientes hipótesis en el cálculo de la flecha máxima:

	ZONA	A
<i>Hipótesis</i>	P	T ^a
<i>Viento</i>	$\sqrt{Pp^2 + Fv^2}$	15 °C
<i>Hielo</i>	Pp	0 °C
<i>Temperatura</i>	Pp	50 °C

Tabla 12. Hipótesis de cálculos.

Se utilizarán dos veces la ECC (Ecuación de cambio de condiciones), para obtener las tensiones en la hipótesis de la tabla anterior.

Las ecuaciones a utilizar:

$$A = \partial \cdot E \cdot S \cdot (t_2^a - t_1^a) - Tm + \frac{a^2 \cdot p_0^2 \cdot S \cdot E}{24 \cdot Tm^2}$$

Donde:

- ∂ Coeficiente de dilatación lineal, en °C⁻¹
E Módulo de elasticidad del conductor, en kg/mm²
S Sección total del conductor, en mm
t1 Temperatura final a la cual se requiere el cambio, en °C
t2 Temperatura inicial de referencia, en °C
a Longitud horizontal del vano, en m
Tm Tensión máxima del cable, en kg
P₀ Peso unitario total del cable en condiciones iniciales, en kg

$$B = \frac{a^2 \cdot p^2 \cdot S \cdot E}{24}$$

Donde:

- a Longitud horizontal del vano, en m
- p Peso unitario total del cable en condiciones iniciales, en kg
- S Sección total del conductor, en mm
- E Módulo de elasticidad del conductor, en kg/mm²

Hipótesis de temperatura

Calcularemos las tensiones para una temperatura del conductor de 50 °C, tal y como prescribe el R.A.T. de líneas aéreas.

$$A = \partial \cdot E \cdot S \cdot (t_2^a - t_1^a) - Tm + \frac{a^2 \cdot p^2 \cdot S \cdot E}{24 \cdot Tm^2} = 19,3 \cdot 10^{-6} \cdot 7000 \cdot 381,55 \cdot (55) - 4454,4 + \frac{20^2 \cdot 1,2768^2 \cdot 381,55 \cdot 7000}{24 \cdot 4454,4^2} = -1617,23$$

$$B = \frac{a^2 \cdot p^2 \cdot S \cdot E}{24} = \frac{20^2 \cdot 1,2768^2 \cdot 381,55 \cdot 7000}{24} = 40819391,12$$

Obteniendo para la hipótesis de temperatura:

$$A = -1617,23 \quad ; \quad B = 40819391,12 \quad ; \quad T = 1632,54$$

Por lo que la flecha para la hipótesis de temperatura es:

$$F = \frac{P \cdot a \cdot b}{8 \cdot T} = \frac{1,80 \cdot 20 \cdot 20}{8 \cdot 1632,54} = 3,1 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Hipótesis de viento

Calcularemos las tensiones para una temperatura del conductor de 15 °C, tal y como prescribe el R.A.T. de líneas aéreas.

$$A = \partial \cdot E \cdot S \cdot (t_2^a - t_1^a) - Tm + \frac{a^2 \cdot p^2 \cdot S \cdot E}{24Tm^2} = 19,3 \cdot 10^{-6} \cdot 7000 \cdot 381,55 \cdot (20) - 4454,4 + \frac{20^2 \cdot 1,80^2 \cdot 381,55 \cdot 7000}{24 \cdot 4454,4^2} = -3419,36$$

$$B = \frac{a^2 \cdot p^2 \cdot S \cdot E}{24} = \frac{20^2 \cdot 1,8^2 \cdot 381,55 \cdot 7000}{24} = 81127068,75$$

Obteniendo para la hipótesis de viento:

$$A = -3419,36 \quad ; \quad B = 81127068,75 \quad ; \quad T = 3426,27$$

Por lo que la flecha para la hipótesis de viento es:

$$F = \frac{P \cdot a \cdot b}{8 \cdot T} = \frac{1,80 \cdot 15 \cdot 15}{8 \cdot 3426,27} = 1,47 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Hipótesis de hielo

Al tratarse el presente proyecto en la zona A, tal y como nos dice el R.A.T., no consideraremos la hipótesis de hielo.

3.1.2.2.4.3 Flechas mínimas

De las flechas mínimas no nos habla el RLAT, pero son necesarias para determinar si algún apoyo queda sometido a sollicitación ascendente (tiro), puesto que podría ser arrancado del suelo (apoyos ahorcados).

Son las que tienen lugar, para la zona A, a la temperatura definida para ella según art.27 y sin sobrecarga alguna.

Puesto que no hay cambio de condiciones, obtenemos la flecha mínima:

$$F = \frac{P \cdot a \cdot b}{8 \cdot T} = \frac{1,80 \cdot 20 \cdot 20}{8 \cdot 4454,4} = 2,02 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

3.1.2.2.4.3 Fenómenos vibratorios

No se prevé la aparición de fenómenos vibratorios en los conductores, por lo que no se comprobará el estado tensional de los mismos.

3.1.2.3 DERIVACIONES DE BARRAS A TRANSFORMADORES DE POTENCIA

Cada una de las derivaciones de barras a transformadores de potencia, deberá soportar la potencia de cada uno de los transformadores de 60 y 40 MVA respectivamente.

Por lo que se escogerá un mismo tipo de cable para cada una de las derivaciones de los transformadores, escogiendo el caso más desfavorable para cada una de las correspondientes justificaciones.

3.1.2.3.1 Derivaciones de barras a transformadores de potencia

La intensidad nominal más desfavorable que circulará será de:

$$I_n = \frac{P_n}{U_n \cdot \sqrt{3}} = \frac{60.000}{220 \cdot \sqrt{3}} = 157,45 \text{ A}$$

3.1.2.3.1.1 Elección del tipo de cable

Los conductores elegidos para las derivaciones de barras a transformadores de la Subestación, sometidos a una tensión de 220 kV, son conductores de Aluminio-Acero, material más utilizado para estas circunstancias.

Donde escogemos para las derivaciones, el tipo de cable LA, denominación LA380-GULL.

Las características técnicas de este tipo de conductores se exponen a continuación:

-Tipo de cable	LA
-Denominación	380-GULL
-Sección	381,55 mm ²
-Composición	54+7

-Carga de rotura	11136 kg
-Resistencia a 20 °C	0,0854
-Intensidad máxima	1276,8 A
-Diámetro	2,540 cm

3.1.2.3.1.2 Comprobación por densidad de corriente

3.1.2.3.1.2.1 Justificación

Para soportar el paso de la corriente anterior, será necesario un conductor que tenga una densidad de corriente (**d**) mínima de:

$$d = \frac{In}{S} = \frac{157,45}{S} \text{ A/mm}^2$$

Donde:

In	Intensidad nominal, en A
S	Sección del conductor, en mm ²
d	Densidad de corriente, en A/mm ²

Según las características del cable LA especificadas por el fabricante, comprobamos que el cable elegido cumpla por densidad de corriente.

$$d = \frac{In}{S} = \frac{157,45}{381,55} = 0,412 \text{ A/mm}^2$$

De acuerdo con la tabla A 4.1 sobre densidad de corriente en los conductores que figuran en el artículo 22. del actual Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta tensión, para la de *Sección de 381,55 mm²* se obtiene una densidad de corriente máxima correspondiente a:

$$d \text{ máx} = 2,6 \text{ A/mm}^2$$

Que al multiplicar por el coeficiente de reducción que nos especifica el (R.A.T.) en su artículo 22. según su composición. Tal y como se especifica a continuación:

0.92	para conductores de 30 + 7
0.926	para conductores de 1 + 6 y 26+ 7
0.941	para conductores de 54 + 7

Obtenemos una densidad de corriente:

$$d = 2,6 \cdot 0,941 = 2,44 \text{ A/mm}^2$$

$$d = 2,44 \text{ A/mm}^2 > d_{\text{real}} = 0,412 \text{ A/mm}^2$$

Por lo que el cable LA-380, cumple perfectamente por densidad de corriente.

3.1.2.3.1.3 Cálculo del efecto corona

3.1.2.3.1.3.1 Tensión crítica disruptiva

Utilizando la fórmula empírica de Peek, encontraremos la tensión crítica disruptiva:

$$V_c = \frac{29,8 \cdot \sqrt{3}}{\sqrt{2}} \cdot \partial \cdot r_{con} \cdot n \cdot m_c \cdot m_t \cdot \ln \frac{DMG}{req}$$

Por su banda, cada uno de los parámetros se calculará según las indicaciones y expresiones siguientes:

1. Factor corrector de la densidad del aire

$$d = \frac{P}{76} \cdot \frac{273 + 25}{273 + T} = \frac{74,76}{76} \cdot \frac{298}{273 + 16} = 1,0143$$

Si no conocemos la presión del aire, podemos utilizar la fórmula:

$$\log p = \log 76 - \frac{h}{18336} \quad \triangleright \quad p = \text{ant log} \left(\log 76 - \frac{300}{18336} \right) = 74,76 \text{ cm.Hg}$$

2. Factor corrector por clima.

$m_t = 1$; en caso de tiempo seco.

$m_t = 0,8$; en caso de tiempo lluvioso.

3. Coeficiente de superficie del conductor.

$m_c = 1$; para hilos con superficie lisa i neta.

$0,93 < m_c < 0,98$; para hilos con superficie oxidada o rugosa.

$0,83 < m_c < 0,87$; para cables con superficie oxidada o rugosa.

4. Distancia media geométrica.

Configuración simple:

$$DMG = \sqrt[3]{d_{ab} \cdot d_{bc} \cdot d_{ca}} = \sqrt[3]{400 \cdot 400 \cdot 800} = 503,96 \text{ cm}$$

5. Radio del conductor.

Diámetro = 25,40 mm \approx 2,54 cm

$$\text{Radio} = \frac{2,54}{2} = 1,27 \text{ cm}$$

Tensión crítica disruptiva:

$m_t = 1$; en caso de tiempo seco:

$$V_c = \frac{29,8 \cdot \sqrt{3}}{\sqrt{2}} \cdot d \cdot r_{con} \cdot n \cdot m_c \cdot m_t \cdot \ln \frac{DMG}{req} = 36,49 \cdot 1,0143 \cdot 1,27 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot \ln \frac{503,96}{1,27} = 239,11 \text{ kV}$$

Para poder comprobar que el cable no sufra efecto corona, se debe cumplir:

$$U_c > U_{m\acute{a}x} \quad 239,11 \text{ kV} \neq 245 \text{ kV}$$

Al no cumplirse dicha ecuación, debemos considerar posibles pérdidas por efecto corona, que nos vienen dadas por la siguiente ecuación:

$$\Delta P = \frac{241}{d} (f+25) \cdot n \cdot \sqrt{\frac{r}{d}} \cdot \left(\frac{U}{\sqrt{3}} - \frac{U_c}{\sqrt{3}} \right) \cdot 10^{-5} = \frac{241}{1,0143} (50+25) \cdot \sqrt{\frac{1,27}{503,96}} \cdot \left(\frac{245}{\sqrt{3}} - \frac{239,11}{\sqrt{3}} \right) \cdot 10^{-5} = 0,0304 \text{ kW/km}$$

Podemos apreciar que las pérdidas provocadas por efecto corona son menos apreciables, ya que la corta distancia de las derivaciones a barras de la subestación, nos permite despreciar dichas pérdidas.

$$\Delta P = 0,0304 \text{ kW/km} \cdot 0,02535 = 0,00077064 \text{ kW} \quad \text{de pérdidas}$$

$m_t = 0,8$; en caso de tiempo lluvioso.

$$V_c = \frac{29,8 \cdot \sqrt{3}}{\sqrt{2}} \cdot d \cdot r_{con} \cdot n \cdot m_c \cdot m_t \cdot \ln \frac{DMG}{req} = 36,49 \cdot 1,0143 \cdot 1,27 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot \ln \frac{503,96}{1,27} = 191,25 \text{ kV}$$

Para poder comprobar que el cable no sufra efecto corona, se debe cumplir:

$$U_c > U_{m\acute{a}x} \quad 191,25 \text{ kV} \neq 245 \text{ kV}$$

obtenemos unas pérdidas de:

$$\Delta P = \frac{241}{d} (f+25) \cdot n \cdot \sqrt{\frac{r}{d}} \cdot \left(\frac{U}{\sqrt{3}} - \frac{U_c}{\sqrt{3}} \right) \cdot 10^{-5} = \frac{241}{1,0143} (50+25) \cdot \sqrt{\frac{1,27}{503,96}} \cdot \left(\frac{245}{\sqrt{3}} - \frac{191,25}{\sqrt{3}} \right) \cdot 10^{-5} = 0,2776 \text{ kW/km}$$

Podemos apreciar que las pérdidas provocadas por efecto corona son menos apreciables, ya que la corta distancia del embarrado de la subestación, nos permite despreciar dichas pérdidas.

$$\Delta P = 0,2776 \text{ kW/km} \cdot 0,02535 = 0,007037 \text{ kW} \quad \text{de pérdidas}$$

3.1.2.3.1.4 Justificación mecánica

3.1.2.3.4.1 Tracción máxima admisible

Según RAT Art. 27, la tracción máxima de los conductores no resultará superior a su carga de rotura, dividida por 2,5 si se trata de cables. Con ello, la tensión máxima en el punto de amarre del apoyo más alto, deberá ser:

$$T_m = C_r / 2,5 = 11136 / 2,5 = 4454,4 \text{ kg}$$

Datos generales de partida:

- Longitud del vano	25,35m
- Separación de los conductores	400cm
- Material del conductor	Al-Ac
- Sección del conductor	381.55 mm ²
- Diámetro del cable	2,54 cm
- Composición	54+7
- Tensión de rotura	11136 kg
<i>Pv: Dato de R.A.T.</i>	
<i>Para diámetros mayores de 16 mm</i>	50 kp/m ²

Así, al tratarse el presente proyecto en la zona A (menor de 500 m), habría una sobrecarga sobre el conductor de:

$$F_v = P_v \cdot D = 50 \cdot 0,0254 = 1,27 \text{ kg/m}$$

Con los valores anteriores podemos calcular ya los pesos a tener en cuenta en función de la sobrecarga, el peso total a considerar sobre el conductor será:

$$P = \sqrt{(Pp)^2 + (Fv)^2} = \sqrt{1,2768^2 + 1,27^2} = 1,80 \text{ kg/m}$$

3.1.2.3.4.2 Flechas máximas

Tendremos que utilizar dos veces la ECC (Ecuación de cambio de condiciones), para obtener las tensiones en la hipótesis de la tabla anterior.

Hipótesis de temperatura

Calcularemos las tensiones para una temperatura del conductor de 50 °C, tal y como prescribe el R.A.T. de líneas aéreas.

$$A = \partial \cdot E \cdot S \cdot (t_2^a - t_1^a) - Tm + \frac{a^2 \cdot p^2 \cdot S \cdot E}{24 \cdot Tm} = 19,3 \cdot 10^{-6} \cdot 7000 \cdot 381,55 \cdot (55) - 4454,4 + \frac{25,35^2 \cdot 1,2768^2 \cdot 381,55 \cdot 7000}{24 \cdot 4454,4^2} = -1613,12$$

$$B = \frac{a^2 \cdot p^2 \cdot S \cdot E}{24} = \frac{25,35^2 \cdot 1,2768^2 \cdot 381,55 \cdot 7000}{24} = 116584262,98$$

Obteniendo para la hipótesis de temperatura:

$$A = -1613,12 \quad ; \quad B = 116584262,98 \quad ; \quad T = 1655,65$$

Por lo que la flecha para la hipótesis de temperatura es:

$$F = \frac{P \cdot a \cdot b}{8 \cdot T} = \frac{1,80 \cdot 25,35 \cdot 25,35}{8 \cdot 1655,65} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Hipótesis de viento

Calcularemos las tensiones para una temperatura del conductor de 15 °C, tal y como prescribe el R.A.T. de líneas aéreas.

$$A = \partial \cdot E \cdot S \cdot (t_2^a - t_1^a) - T_m + \frac{a^2 \cdot p^2 \cdot S \cdot E}{24 \cdot T_m} = 19,3 \cdot 10^{-6} \cdot 7000 \cdot 381,55 \cdot (20) - 4454,4 + \frac{25,35^2 \cdot 1,80^2 \cdot 381,55 \cdot 7000}{24 \cdot 4454,4^2} = -3411,77$$

$$B = \frac{a^2 \cdot p^2 \cdot S \cdot E}{24} = \frac{25,35^2 \cdot 1,8^2 \cdot 381,55 \cdot 7000}{24} = 231707021,05$$

Obteniendo para la hipótesis de viento:

$$A = -3411,77 \quad ; \quad B = 231707021,05 \quad ; \quad T = 3431,44$$

Por lo que la flecha para la hipótesis de viento es:

$$F = \frac{P \cdot a \cdot b}{8 \cdot T} = \frac{1,80 \cdot 25,35 \cdot 25,35}{8 \cdot 3431,44} = 4,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Hipótesis de hielo

Al tratarse el presente proyecto en la zona A, tal y como nos dice el RAT, no consideraremos la hipótesis de hielo.

3.1.2.3.4.3 Flechas mínimas

Puesto que no hay cambio de condiciones, obtenemos la flecha mínima:

$$F = \frac{P \cdot a \cdot b}{8 \cdot T} = \frac{1,80 \cdot 25,35 \cdot 25,35}{8 \cdot 4454,4} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

3.1.2.3.4.4 Fenómenos vibratorios

No se prevén fenómenos vibratorios en la zona.

3.1.2.4 SALIDAS EN MEDIA TENSIÓN

Nos referimos, en este tramo de media tensión, a la unión de los transformadores de potencia en el lado de media, y al tramo subterráneo hasta el embarrado de 25 kV.

La intensidad nominal que circulará será de:

Para la salida del transformador de 60 MVA:

$$I_n = \frac{S_n}{U_n \cdot \sqrt{3}} = \frac{60.000}{25 \cdot \sqrt{3}} = 1385,64 \text{ A}$$

Para la salida del transformador de 40 MVA:

$$I_n = \frac{S_n}{U_n \cdot \sqrt{3}} = \frac{40.000}{25 \cdot \sqrt{3}} = 923,76 \text{ A}$$

3.1.2.4.1 Tramo en intemperie

Para la unión de transformadores en el lado de media tensión, sometidos a una potencia de 60 y 40 MVA, respectivamente, se elige para ambas salidas de los transformadores, tubo de cobre de 60 mm. de diámetro.

Características del tubo de Cu de 60 mm de diámetro:

- Diámetro exterior	60 mm
- Diámetro interior	50 mm
- Sección nominal	865 mm ²
- Peso	7,7 kg/m

- Intensidad admisible (exterior)	1550 A
- Momento resistente (W)	10,96 cm ³
- Momento de inercia (J)	32,88 cm ⁴

3.1.2.4.1.1 Cálculo del efecto corona

3.1.2.4.1.1.1 Tensión crítica disruptiva

Utilizando la fórmula empírica de Peek, encontraremos la tensión crítica disruptiva:

$$V_c = \frac{29,8 \cdot \sqrt{3}}{\sqrt{2}} \cdot \partial \cdot r_{con} \cdot n \cdot m_c \cdot m_t \cdot \ln \frac{DMG}{req}$$

Por su banda, cada uno de los parámetros se calcularán según las indicaciones y expresiones siguientes:

1. Factor corrector de la densidad del aire

$$d = \frac{P}{76} \cdot \frac{273 + 25}{273 + T} = \frac{74,76}{76} \cdot \frac{298}{273 + 16} = 1,0143$$

Si no conocemos la presión del aire, podemos utilizar la fórmula:

$$\log p = \log 76 - \frac{h}{18336} \quad \triangleright \quad p = \text{ant log} \left(\log 76 - \frac{300}{18336} \right) = 74,76 \text{ cm.Hg}$$

2. Factor corrector por clima.

$m_t = 1$; en caso de tiempo seco.

$m_t = 0,8$; en caso de tiempo lluvioso.

3. Coeficiente de superficie del conductor.

$m_c = 1$; para hilos con superficie lisa y neta.

$0,93 < m_c < 0,98$; para hilos con superficie oxidada o rugosa.

$0,83 < m_c < 0,87$; para cables con superficie oxidada o rugosa.

4. Distancia media geométrica.

Configuración simple:

$$DMG = \sqrt[3]{d_{ab} \cdot d_{bc} \cdot d_{ca}} = \sqrt[3]{60 \cdot 60 \cdot 120} = 75,59$$

5. Radio del conductor.

Diámetro = 60 mm \approx 6 cm

$$\text{Radio} = \frac{6}{2} = 3 \text{ cm}$$

Tensión crítica disruptiva:

$m_t = 1$; en caso de tiempo seco:

$$V_c = \frac{29,8 \cdot \sqrt{3}}{\sqrt{2}} \cdot d \cdot r_{con} \cdot n \cdot m_c \cdot m_t \cdot \ln \frac{DMG}{req} = 36,49 \cdot 1,0143 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot \ln \frac{75,59}{3} = 304,53 \text{ kV}$$

Para poder comprobar que el tubo no sufra efecto corona, se debe cumplir:

$$U_c > U_{m\acute{a}x} \quad 304,53 \text{ kV} > 36 \text{ kV}$$

Al cumplirse dicha ecuación, podemos asegurar que para el tubo de cobre, en una situación de tiempo seco, no sufrirá pérdidas por efecto corona.

$m_t = 0,8$; en caso de tiempo lluvioso.

$$V_c = \frac{29,8 \cdot \sqrt{3}}{\sqrt{2}} \cdot d \cdot r_{con} \cdot n \cdot m_c \cdot m_t \cdot \ln \frac{DMG}{req} = 36,49 \cdot 1,0143 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot \ln \frac{75,59}{3} = 243,62 \text{ kV}$$

Para poder comprobar que el tubo no sufra efecto corona, se debe cumplir:

$$U_c > U_{m\acute{a}x} \quad 243,62 \text{ kV} > 36 \text{ kV}$$

Al cumplirse dicha ecuación, podemos asegurar que para el tubo de cobre, en una situación de tiempo húmedo o lluvioso, no sufrirá ninguna pérdida por efecto corona.

3.1.2.4.1.2 Justificación mecánica

Según el R.A.T. de líneas aéreas, se considerará el conductor sometido a las siguientes acciones y sobrecargas:

Peso propio, temperatura de $-5 \text{ }^\circ\text{C}$, sobrecarga por viento de 50 kg/m^2 para $D > 16 \text{ mm}$ y de 60 kg/m^2 para $D < 16 \text{ mm}$.

Datos generales de partida:

- Longitud del conductor	5 m
- Separación de los conductores	60 cm
- Sección del conductor	865 mm^2
- Tensión de rotura	3775,5 kg/cm
- Peso del conductor	7,7 kg/m
<i>Pv: Dato de R.A.T.</i>	
<i>Para diámetros mayores de 16 mm</i>	50 kp/m^2

Así, al tratarse el presente proyecto en la zona A (menor de 500 m), habría una sobrecarga sobre el conductor de:

$$F_v = P_v \cdot D = 50 \cdot 0,06 = 3 \text{ kg/m}$$

Con los valores anteriores podemos calcular ya los pesos a tener en cuenta en función de la sobrecarga, el peso total a considerar sobre el conductor será:

$$P = \sqrt{(P_p)^2 + (F_v)^2} = \sqrt{7,7^2 + 3^2} = 8,26 \text{ kg/m}$$

- *Momento flector máximo*

Longitud máxima de conductor	5 metros
Carga de rotura mínima	3775,5 kg/cm
Módulo de elasticidad	12245 kg/cm ²

Con estos datos, calculamos el momento flector máximo:

$$M = \frac{F_t \cdot L^2}{12} = \frac{8,26 \cdot 5^2}{12} = 17,21 \text{ kg.m}$$

Donde:

M	Momento flector máximo, en kg.m
F _t	Esfuerzo total, en kg/m
L	Longitud del cable, en m

Obteniendo un coeficiente de trabajo a flexión de:

$$J_c = \frac{M}{W} = \frac{17,21}{10,96} = 1,57 \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

J_c	Coefficiente de trabajo a flexión, en kg/cm^2
M	Momento flector máximo, en kg.cm
W	Momento de inercia, en cm^4

Siendo la carga de rotura del conductor de 3775,5 kg/cm, se obtiene un coeficiente de seguridad mucho más elevado a las especificaciones del R.A.T.

3.1.2.4.2 Tramo subterráneo

La intensidad máxima que deberá soportar este tramo de instalación subterránea, será:

$$I_n = \frac{S_n}{U_n \cdot \sqrt{3}} = \frac{60.000}{25 \cdot \sqrt{3}} = 1385,6 \text{ A}$$

3.1.2.4.2.1 Elección del tipo de conductor

Los conductores elegidos para las derivaciones del transformador a embarrado de 25 kV subterráneo, sometido a una potencia de 60 MVA, son conductores unipolares de aislamiento seco de cobre, material más utilizado para estas circunstancias.

Las características técnicas de este tipo de conductores quedan reflejadas a continuación:

- <i>Composición</i>	2 Cables unipolares
- <i>Sección</i>	$2 * 500 \text{ mm}^2 = 1000 \text{ mm}^2$
- <i>Intensidad máxima admisible</i>	$2 * 1175 \text{ A} = 2350 \text{ A}$
- <i>Sobreintensidad máxima admisible</i>	25 %
- <i>Resistencia</i>	0,04416 Ω /km
- <i>Conducción</i>	Bajo tierra 1 metro
- <i>Separación entre ternas</i>	7 cm

3.1.2.4.2.2 Cálculo por densidad de corriente

De acuerdo al cálculo de instalaciones subterráneas, la intensidad máxima admisible deberá corregirse teniendo en cuenta las características de la instalación que difieran de las condiciones normales, de forma que el incremento de la temperatura provocado por la corriente que no dé lugar a una temperatura en el conductor superior a la admitida por el aislamiento.

Por estar los conductores enterrados en la misma zanja, se aplicará un factor de corrección a la intensidad de 0,85:

$$2350 \cdot 0,85 = 1997,5 \text{ A}$$

Por ir los conductores bajo zanja al aire sin relleno, se aplica un factor de corrección a la intensidad de 0,8:

$$1997,5 \cdot 0,8 = 1598 \text{ A}$$

Por ser la temperatura del terreno de 40 °C, se aplica un factor de corrección a la intensidad de 0,88:

$$1598 \cdot 0,88 = 1406 \text{ A}$$

Como se puede apreciar la intensidad máxima que se obtiene es de 1406 A, que es superior a la intensidad máxima del tramo, que nos viene dada por la siguiente expresión:

$$I_n = \frac{S_n}{U_n \cdot \sqrt{3}} = \frac{60.000}{25 \cdot \sqrt{3}} = 1385,6 \text{ A} < 1406 \text{ A}$$

3.1.2.5 BARRAS DE 25 kV

Las barras de 25 kV, estarán situadas en el interior del edificio, formadas por un doble embarrado. Cada embarrado trifásico deberá soportar permanentemente una potencia de 100 MVA.

La intensidad máxima que deberá soportar será de:

$$I_n = \frac{P_n}{U_n \cdot \sqrt{3}} = \frac{100.000}{25 \cdot \sqrt{3}} = 2352,8 \text{ A}$$

Por lo que las barras de las cabinas SIEMENS, soportarán perfectamente esta intensidad.

3.1.2.6 SALIDAS EN BAJA TENSIÓN

La potencia que transporta cada una de las salidas de los transformadores auxiliares, es de 0,25 MVA de potencia, por lo que la intensidad equivaldrá a:

$$I_n = \frac{P_n}{U_n \cdot \sqrt{3}} = \frac{250}{0,38 \cdot \sqrt{3}} = 379,83 \text{ A}$$

3.1.2.6.1 Calculo por densidad de corriente

Las densidades máximas de corriente en los conductores no pueden sobrepasar los valores que fija el Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.

El artículo 22 sobre la densidad de corriente en los conductores incluye una tabla numérica y unos coeficientes para utilizar en los cálculos, que hay que respetar.

En función de estos datos hemos determinado las densidades de corriente máximas admisibles, así como las intensidades máximas correspondientes.

Por lo que el cable cumple perfectamente por densidad de corriente.

Se transportarán a través de una manguera trifásica de cobre con hilo neutro con aislante RETENAX-N de la casa PIRELLI.

Se utilizará un cable de las siguientes características:

- <i>Aislamiento</i>	Polietileno reticulado
- <i>Conducción</i>	Enterrado bajo 1 m
- <i>Sección</i>	3*240/120 mm ²
- <i>Intensidad máxima</i>	520 A
- <i>Factor de corrección</i>	0.8
- <i>Intensidad admisible</i>	520 A * 0.8 = 416 A

3.1.2.7 CABLE AÉREO DE TIERRA (CABLE GUARDA)

Se utiliza para el cable aéreo de tierra, un cable de hierro galvanizado, cable guarda, de las siguientes características:

- Denominación	T-50
- Composición	1.7 + 0
- Sección	50 mm ²
- Diámetro	9 mm
- Tensión de rotura	6300 kg
- Peso	0,4 kg/m
- Módulo de elasticidad	18500 kg/mm ²
- Coeficiente de dilatación	11,5 . 10 ⁻⁶

3.1.2.7.1 Justificación mecánica

3.1.2.7.1.1 Tracción máxima admisible

Según RAT Art. 27, la tracción máxima de los conductores no resultará superior a su carga de rotura, dividida por 2,5 si se trata de cables. Con ello, la tensión máxima en el punto de amarre del apoyo más alto, deberá ser:

$$T_m = C_r / 2,5 = 6300 / 2,5 = 2520 \text{ kg}$$

Así, al tratarse el presente proyecto en la zona A (menor de 500 m), habría una sobrecarga sobre el conductor de:

$$F_v = P_v \cdot D = 50 \cdot 0,009 = 0,45 \text{ kg/m}$$

P_v : Dato de R.A.T.

Para diámetros mayores de 16 mm 50 kp/m²

Con los valores anteriores podemos calcular ya los pesos a tener en cuenta en función de la sobrecarga, el peso total a considerar sobre el conductor será:

$$P = \sqrt{(P_p)^2 + (F_v)^2} = \sqrt{0,4^2 + 0,45^2} = 0,6020 \text{ kg/m}$$

3.1.2.7.1.1.1 Vano de 20 metros

3.1.2.7.1.1.1.1 flechas máximas

Hipótesis de temperatura

Calcularemos las tensiones para una temperatura del conductor de 50 °C, tal y como prescribe el R.A.T. de líneas aéreas.

$$A = \partial \cdot E \cdot S \cdot (t_2^a - t_1^a) - T_m + \frac{a^2 \cdot p^2 \cdot S \cdot E}{24 \cdot T_m^2} = 11,5 \cdot 10^{-6} \cdot 18500 \cdot 50 \cdot (55) - 2520 + \frac{20^2 \cdot 0,6020^2 \cdot 50 \cdot 18500}{24 \cdot 2520^2} = -1934,44$$

$$B = \frac{a^2 \cdot p^2 \cdot S \cdot E}{24} = \frac{20^2 \cdot 0,4^2 \cdot 50 \cdot 18500}{24} = 1387500$$

Obteniendo para la hipótesis de temperatura:

$$A = -1934,44 \quad ; \quad B = 1387500 \quad ; \quad T = 1934,81$$

Por lo que la flecha para la hipótesis de temperatura es:

$$F = \frac{P \cdot a \cdot b}{8 \cdot T} = \frac{0,4 \cdot 15 \cdot 15}{8 \cdot 1934,81} = 5,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Hipótesis de viento

Calcularemos las tensiones para una temperatura del conductor de 15 °C, tal y como prescribe el R.A.T. de líneas aéreas.

$$A = \alpha \cdot E \cdot S \cdot (t_2 - t_1) - T_m + \frac{a^2 \cdot p^2 \cdot S \cdot E}{24 \cdot T_m} = 11,5 \cdot 10^{-6} \cdot 18500 \cdot 50 \cdot (20) - 2520 + \frac{20^2 \cdot 0,6020^2 \cdot 50 \cdot 18500}{24 \cdot 2520^2} = -2306,75$$

$$B = \frac{a^2 \cdot p^2 \cdot S \cdot E}{24} = \frac{20^2 \cdot 0,6020^2 \cdot 50 \cdot 18500}{24} = 3142722,1875$$

Obteniendo para la hipótesis de viento:

$$A = -2306,75 \quad ; \quad B = 3142722,1875 \quad ; \quad T = 2307,34$$

Por lo que la flecha para la hipótesis de viento es:

$$F = \frac{P \cdot a \cdot b}{8 \cdot T} = \frac{0,4 \cdot 20 \cdot 20}{8 \cdot 2307,34} = 8,66 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Hipótesis de hielo

Al tratarse el presente proyecto en la zona A, tal i como nos dice el RAT, no consideraremos la hipótesis de hielo.

3.1.2.7.1.1.1.2 Flechas mínimas

Puesto que no hay cambio de condiciones, obtenemos la flecha mínima:

$$F = \frac{P \cdot a \cdot b}{8 \cdot T} = \frac{0,6020 \cdot 20 \cdot 20}{8 \cdot 2520} = 1,19 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

3.1.2.7.1.1.2 Vano de 25,35 metros

Hipótesis de temperatura

Calcularemos las tensiones para una temperatura del conductor de 50 °C, tal y como prescribe el R.A.T. de líneas aéreas.

$$A = \partial \cdot E \cdot S \cdot (t_2^a - t_1^a) - T_m + \frac{a^2 \cdot p^2 \cdot S \cdot E}{24 \cdot T_m} = 11,5 \cdot 10^{-6} \cdot 18500 \cdot 50 \cdot (55) - 2520$$

$$+ \frac{25,35^2 \cdot 0,6020^2 \cdot 50 \cdot 18500}{24 \cdot 2520^2} = -1936,34$$

$$B = \frac{a^2 \cdot p^2 \cdot S \cdot E}{24} = \frac{25,35^2 \cdot 0,4^2 \cdot 50 \cdot 18500}{24} = 3962838,75$$

Obteniendo para la hipótesis de temperatura:

$$A = -1936,34 \quad ; \quad B = 3962838,75 \quad ; \quad T = 1937,39$$

Por lo que la flecha para la hipótesis de temperatura es:

$$F = \frac{P \cdot a \cdot b}{8 \cdot T} = \frac{0,4 \cdot 25,35 \cdot 25,35}{8 \cdot 1934,81} = 1,66 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Hipótesis de viento

Calcularemos las tensiones para una temperatura del conductor de 15 °C, tal y como prescribe el R.A.T. de líneas aéreas.

$$A = \partial \cdot E \cdot S \cdot (t_2^a - t_1^a) - T_{m_0} + \frac{a^2 \cdot p^2 \cdot S \cdot E}{24 \cdot T_{m_0}^2} = 11,5 \cdot 10^{-6} \cdot 18500 \cdot 50 \cdot (20) - 2520$$

$$+ \frac{25,35^2 \cdot 0,6020^2 \cdot 50 \cdot 18500}{24 \cdot 2520^2} = -2308,66$$

$$B = \frac{a^2 \cdot p^2 \cdot S \cdot E}{24} = \frac{25,35^2 \cdot 0,6020^2 \cdot 50 \cdot 18500}{24} = 8975928,83$$

Obteniendo para la hipótesis de viento:

$$A = -2306,75 \quad ; \quad B = 8975928,83 \quad ; \quad T = 2310,34$$

Por lo que la flecha para la hipótesis de viento es:

$$F = \frac{P \cdot a \cdot b}{8 \cdot T} = \frac{0,4 \cdot 25,35 \cdot 25,35}{8 \cdot 2310,34} = 1,39 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Hipótesis de hielo

Al tratarse el presente proyecto en la zona A, tal y como nos dice el RAT, no consideraremos la hipótesis de hielo.

3.1.2.7.1.1.1.3 Flechas mínimas

Puesto que no hay cambio de condiciones, obtenemos la flecha mínima:

$$F = \frac{P \cdot a \cdot b}{8 \cdot T} = \frac{0,6020 \cdot 25,35 \cdot 25,35}{8 \cdot 2520} = 1,9 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

3.1.3 DISTANCIAS DE SEGURIDAD

Por lo que refiere a las distancias de seguridad entre conductores al aire, los únicos conductores aéreos, son aquellos que se encuentran en la zona de intemperie, ya que los conductores que se encuentran a 25 kV, no se les aplicará las distancias mínimas en el aire, al ser conductores subterráneos.

En la subestación las distancias mínimas vienen determinadas por los niveles de aislamiento, según MIE-RAT 12.

Estos valores son los mínimos determinados por consideraciones de tipo eléctrico, por lo que en ciertos casos deben ser incrementados para tener en cuenta otros conceptos como tolerancias de construcción, efectos de cortocircuitos, efectos del viento, seguridad personal, etc...

1. Distancia de los conductores al terreno.- “ La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno o superficies de agua no navegables, a una altura mínima de”:

$$5,3 + \frac{U}{150} \text{ metros}$$

con un mínimo de 6 metros.

2. Distancia de los conductores entre sí, y entre éstos y los apoyos.- “La distancia de los conductores sometidos a tensión mecánica entre sí, así como entre los conductores y los apoyos, debe ser tal que no hay riesgo alguno de cortocircuito ni entre fases ni a tierra, teniendo presente los efectos de las oscilaciones de los conductores debidas al viento”.

Con este objeto, la separación mínima entre conductores se determinará por la fórmula siguiente:

$$D = K \sqrt{F + L} + \frac{U}{150}$$

Donde:

- D Separación entre conductores en metros.
- K Coeficiente que depende de a oscilación de los conductores con el viento, que se tomará de la tabla adjunta.

- F Flecha máxima en metros, según el apartado 3 del artículo 27 del RAT.
- L Longitud en metros de la cadena de suspensión. En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de amarre o aisladores rígidos $L=0$.
- U Tensión nominal de la línea en kV.

De la tabla adjunta, se tomarán los posibles valores de K:

Ángulo de oscilación	Valores de K	
	Líneas de 1ª y 2ª categoría	Líneas de 3ª categoría
Superior a 65°	0,7	0,65
Compendido entre 40° y 65°	0,65	0,6
Inferior a 40°	0,6	0,55

Tabla 13. Coeficiente según el ángulo de oscilación con el viento.

3. La separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos, no será inferior a:

$$0,1 + \frac{U}{150} \text{ metros}$$

con un mínimo de 0,2 metros

En el caso de las cadenas de suspensión, la distancia de los conductores y sus accesorios en tensión al apoyo, será la misma de la fórmula anterior, considerados los conductores desviados bajo la acción de una presión de viento mitad de la fijada para ellos en el artículo 16.

3.1.3.1 ALTURA DE LOS CONDUCTORES AL TERRENO

La altura de los conductores de 220 kV al terreno se halla mediante la ecuación anterior, teniendo en cuenta que sea cual sea el resultado deberá haber 6 metros como mínimo.

$$5,3 + \frac{220}{150} = 6,7 \text{ metros}$$

Teniendo en cuenta otros conceptos tales como tolerancias de construcción, efectos de cortocircuitos, efectos del viento, seguridad personal, etc. Se adopta la siguiente distancia de los conductores al terreno.

$$D = 11,5 \text{ metros.}$$

3.1.3.2 DISTANCIAS MINIMA DE LOS CONDUCTORES DE 220 kV

Se escoge como coeficiente K el valor más desfavorable que corresponde a un ángulo de oscilación superior a 65°.

Los valores de las flechas máximas quedan recogidas en el apartado de cálculo mecánico de las líneas, según el apartado 3 del Art. 27 capítulo sexto del R.A.T.

La longitud de la cadena de suspensión queda definida en su correspondiente apartado.

Conductores	Coeficiente oscilación K	Flecha Máxima (m)	Cadena de suspensión (m)	Tensión Nominal (kV)	Distancia mínima (m)
<i>Embarrado de 220 kV</i>	0,7	0,031	1,5	220 kV	2,32
<i>Líneas a transformadores de 60 MVA</i>	0,7	0,08	1,5	220 kV	2,34
<i>Líneas a transformadores de 40 MVA</i>	0,7	0,08	1,5	220 kV	2,34

Tabla 14. Distancias mínimas de los conductores de 220 kV.

3.1.2.3 DISTANCIAS FINALES ADOPTADAS

Conductores	Tensión Nominal (kV)	Distancia entre conductores (m)	Distancia de conductores al terreno (m)
<i>Embarrado de 220 kV</i>	220 kV	4	11,5
<i>Líneas a transformadores de 60 MVA</i>	220 kV	4	15
<i>Líneas a transformadores de 40 MVA</i>	220 kV	4	15

Tabla 15. *Distancias finales*

3.1.4 EFECTO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

3.1.4.1 JUSTIFICACIÓN ELECTRODINÁMICA POR CORTOCIRCUITO

Las corrientes de cortocircuito provocan esfuerzos electrodinámicos en las barras, apoyos, aisladores y demás elementos de los circuitos recorridos por estas corrientes. El conocimiento de estos esfuerzos resulta esencial para poder dimensionar y seleccionar los sistemas de barras colectoras, los aisladores de apoyo, la distancia entre apoyos, etc... de acuerdo con los esfuerzos producidos. Cabe recordar que los conductores ejercerán fuerzas los unos con los otros.

Por esto, es necesario comprobar que no provocarán ningún desperfecto en barras, derivaciones a líneas, etc...

Para poder llegar a diseñar todo lo expuesta anteriormente cabe dar a conocer para cada uno de los circuitos, la fuerza ejercida de conductor a conductor, que nos viene dada por la siguiente ecuación:

$$F = \frac{B \cdot i}{10.981000}$$

Donde:

- F Fuerza ejercida por el conductor, kg/cm
- B Campo magnético, en T

I Intensidad que recorre el conductor, en A

Dando lugar al caso de cortocircuito trifásico, los máximos esfuerzos aparecen cuando fluye la corriente de choque. Puesto que estos cálculos son más complicados, en lo general se adoptan los resultados que se obtiene en el supuesto de un cortocircuito bipolar, teniendo en cuenta, además, que este es el caso más desfavorable.

Si sustituimos el valor de i en la fórmula anterior por el de la corriente de choque (I_{ch}) expresado en kA, y elegimos una longitud de conductor de 100 cm (es decir, de 1m), el esfuerzo electrodinámico por metro de conductor nos vendrá expresado de la siguiente forma:

$$F = 2,04 \cdot \frac{I_{ch}^2}{d}$$

Donde:

- F Fuerza ejercida por el conductor, en kg/m
Ich Corriente de choque, en kA
D Distancia de separación entre conductores, en cm

3.1.4.1.1 Efectos en el embarrado de alta tensión

- Esfuerzo máximo de cortocircuito

$$F = 2,04 \cdot \frac{I_{ch}^2}{d}$$

Donde:

- F Fuerza ejercida por el conductor, en kg/m
Ich Corriente de choque = 13,36 kA
d Distancia de separación entre conductores = 400 cm

Substituyendo valores, encontramos un esfuerzo máximo de:

$$F = 2,04 \cdot \frac{13,36^2}{400} = 0,91 \text{ kg/m}$$

I el esfuerzo total considerando el propio peso del cable se obtiene:

$$F_t = \sqrt{(Pp)^2 + (F)^2} = \sqrt{1,2768^2 + 0,91^2} = 1,5679 \text{ kg/m}$$

Donde:

Ft Esfuerzo total, en kg/m
Pp Peso propio del cable = 1,2768 kg/m
F Esfuerzo electrodinámico = 0,91 kg/m

- *Momento flector máximo*

$$M = \frac{F_t \cdot L^2}{12} = \frac{1,5679 \cdot 20^2}{12} = 52,26 \text{ kg.m}$$

Donde:

M Momento flector máximo, en kg.m
Ft Esfuerzo total = 1,5679 kg/m
L Longitud del cable = 20 m

- *Momento resistente*

$$W = \frac{p \cdot d^3}{32} = 1,60 \text{ cm}^3$$

La fuerza producida por un defecto sobre los conductores (σ_c) debe ser inferior a la rotura de carga del cable (σ) con un margen de seguridad de 1,5:

$$J_c = \frac{M}{W} = \frac{5226}{1,6} = 3266,25 \text{ kg} \leq \frac{11136}{1,5} \text{ kg}$$

Por lo que e 1 cable LA380-HAWK, cumple perfectamente por los esfuerzos electrodinámicos provocados por el cortocircuito.

3.1.4.1.2 Efectos en las derivaciones de barras a transformadores de potencia

- Esfuerzo máximo de cortocircuito

$$F = 2,04 \cdot \frac{Ich^2}{d}$$

Donde:

F Fuerza ejercida por el conductor, en kg/m
Ich Corriente de choque = 13,36 kA
D Distancia de separación entre conductores = 400 cm

Sustituyendo valores, encontramos un esfuerzo máximo de:

$$F = 2,04 \cdot \frac{13,36^2}{400} = 0,91 \text{ kg/m}$$

El esfuerzo total considerando el propio peso del cable se obtiene:

$$F_t = \sqrt{(P_p)^2 + (F)^2} = \sqrt{1,2768^2 + 0,91^2} = 1,5679 \text{ kg/m}$$

Donde:

Ft Esfuerzo total, en kg/m
Pp Peso propio del cable = 1,2768 kg/m
F Esfuerzo electrodinámico = 0,91 kg/m

- Momento flector máximo

$$M = \frac{F_t \cdot L^2}{12} = \frac{1,5679 \cdot 25,35^2}{12} = 83,96 \text{ kg.m}$$

Donde:

- M Momento flector máximo, en kg.m
- Ft Esfuerzo total = 1,5679 kg/m
- L Longitud del cable = 25,35 m

- *Momento resistente*

$$W = \frac{p \cdot d^3}{32} = 1,60 \text{ cm}^3$$

La fuerza producida por un defecto sobre los conductores (σ_c) debe ser inferior a la rotura de carga del cable (σ) con un margen de seguridad de 1,5:

$$J_c = \frac{M}{W} = \frac{8396}{1,6} = 5247 \text{ kg} \leq \frac{11136}{1,5} \text{ kg}$$

Por lo que e l cable LA380-HAWK, cumple perfectamente por los esfuerzos electrodinámicos provocados por el cortocircuito.

3.1.4.1.3 Salidas en media tensión

Nos referimos, en este tramo de media tensión, a la unión de los transformadores de potencia en el lado de media, y al tramo subterráneo hasta el embarrado de 25 kV.

- *Esfuerzo máximo de cortocircuito*

$$F = 2,04 \cdot \frac{I_{ch}^2}{d}$$

Donde:

- F Fuerza ejercida por el conductor, en kg/m
- I_{ch} Corriente de choque = 34,56 kA
- D Distancia de separación entre conductores = 60 cm

Sustituyendo valores, encontramos un esfuerzo máximo de:

$$F = 2,04 \cdot \frac{34,56^2}{60} = 40,60 \text{ kg/m}$$

El esfuerzo total considerando el propio peso del cable se obtiene:

$$F_t = \sqrt{(P_p)^2 + (F)^2} = \sqrt{7,7^2 + 40,60^2} = 41,32 \text{ kg/m}$$

Donde:

Ft Esfuerzo total, en kg/m
Pp Peso propio del cable = 7,7 kg/m
F Esfuerzo electrodinámico = 40,60 kg/m

- *Momento flector máximo*

$$M = \frac{F_t \cdot L^2}{12} = \frac{44,27 \cdot 5^2}{12} = 92,22 \text{ kg.m}$$

Donde:

M Momento flector máximo, en kg.m
Ft Esfuerzo total = 44,27 kg/m
L Longitud del cable = 5 m

La fuerza producida por un defecto sobre los conductores (σ_c) debe ser inferior a la rotura de carga del cable (σ) con un margen de seguridad de 1,5:

$$J_c = \frac{M}{W} = \frac{9222}{10,96} = 841,42 \text{ kg} \leq \frac{3775,75}{1,5} \text{ kg}$$

Por lo que el tubo de cobre, cumple perfectamente por los esfuerzos electrodinámicos provocados por el cortocircuito.

3.1.4.2 JUSTIFICACIÓN TÉRMICA POR CORTOCIRCUITO

3.1.4.2.1 Aspectos generales

Los calentamientos producidos deben ser comprobados para poder limitar sus efectos y no conllevar a mayores peligros que la causa del mero calentamiento controlado.

Para simplificar el cálculo, se supone que, debido a la corta duración del cortocircuito, no se disipa calor al ambiente, por lo que toda la energía se emplea en calentar las partes activas.

Atendiendo a las densidades de corriente admisibles para el calentamiento y a los valores calculados anteriormente, podremos saber si el cable soportará los esfuerzos a causa del cortocircuito.

En la siguiente gráfica encontraremos las densidades que corresponden a cada situación en concreto:

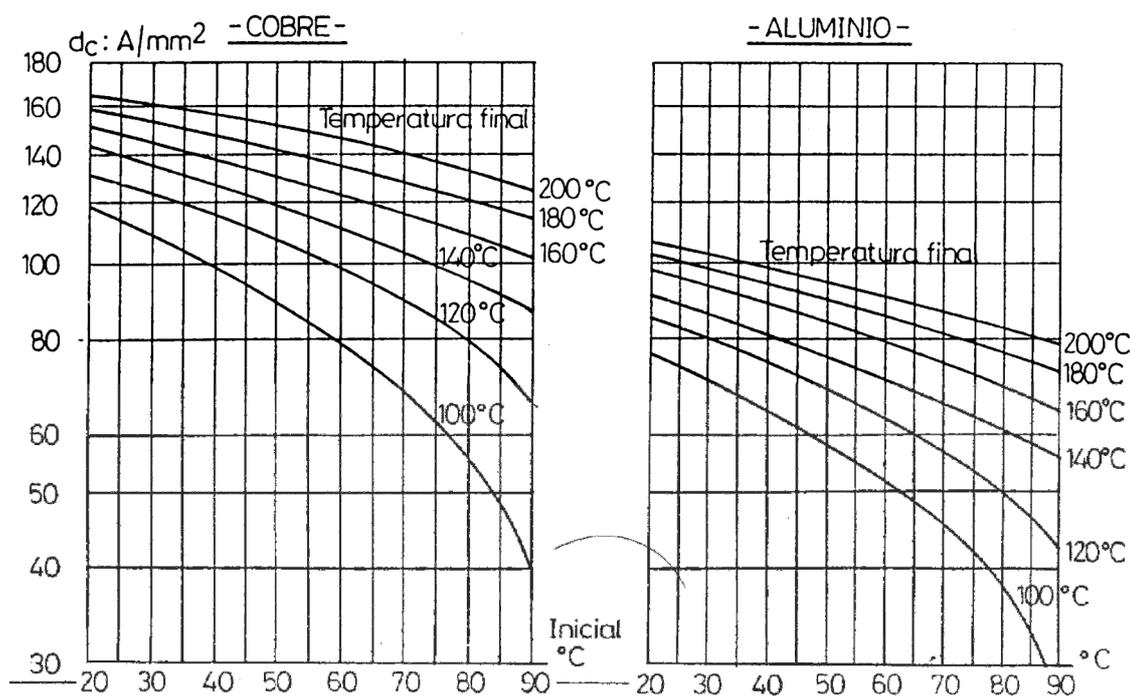


Figura 4. Calentamiento de los conductores

Antes de empezar a calcular los calentamiento en las zonas concretas, hay que mencionar que las sobretemperaturas admisibles en caso de cortocircuito, son las siguientes:

Conductores desnudos:

De aluminio	180°C
De cobre	200°C

Cables:

En los cables de baja tensión se puede admitir un calentamiento bastante elevado (hasta unos 150°C).

En los cables de alta tensión debe tenerse muy en cuenta la buena conservación del medio dieléctrico; por esta razón, con el aumento de la tensión de servicio deben reducirse los calentamientos admisibles. Pueden tomarse como valores de estos calentamientos:

Cables de 6 kV	120°C
Cables de 10 kV	115°C
Cables de 20 kV	100°C

Consecuentemente se procederá a calcular el calentamiento en las zonas correspondientes:

3.1.4.2.2 Efectos en el embarrado de alta tensión

Temperatura máxima de trabajo	80°C
Calentamiento	100°C
Temperatura final	180°C

Las barras generales de 220 kV están formadas por conductores tensados de Al-Ac, por lo que le corresponde el Aluminio.

Observando la gráfica se tiene que, la densidad de corriente admisible para este calentamiento es:

$$\delta_{c1} = 76 \text{ A/mm}^2 \text{ (Aluminio)}$$

Teniendo en cuenta el tiempo de calentamiento, la densidad de corriente varía según la expresión:

$$d_c = \frac{d_{c1}}{\sqrt{t}}$$

Donde:

δ_{c1} Densidad de corriente admisible, en A/mm²
t Tiempo, en segundos

La densidad de corriente real nos viene determinada por:

$$d_{creal} = \frac{I_{mcc1}}{S_n}$$

Para calcular el calentamiento final, nos fijaremos por la gráfica presentada anteriormente.

Para una sección de conductor de Al-Ac de 381,55 mm², se llega a la temperatura final de 180 °C en unos 30,5 seg.

Por lo que no se llegará a causa de las protecciones de la instalación.

3.1.4.2.3 Efectos en las derivaciones de barras a transformadores de potencia

Este tramo está constituido por cable de Al-Ac

Temperatura máxima de trabajo	80°C
Calentamiento	100°C
Temperatura final	180°C

Observando la gráfica se tiene que, la densidad de corriente admisible para este calentamiento es:

$$\delta_{c1} = 76 \text{ A/mm}^2 \text{ (Aluminio)}$$

Consecuentemente, para una sección de conductor de Al-Ac de 381.5 mm^2 , se llega a la temperatura final de 180°C en unos 30,5 seg.

Por lo que no se llegará a causa de las protecciones de la instalación.

3.1.4.2.5 Efectos en las salidas en media tensión

Este tramo está constituido por una parte desnuda a la intemperie y luego por otra subterránea.

Conductores desnudos a la intemperie:

Temperatura máxima de trabajo	80°C
Calentamiento	100°C
Temperatura final	180°C

Este tramo está ubicado entre el secundario del transformador y las zanjas.

Observando la gráfica, para el cobre, se tiene que la densidad de corriente admisible para este calentamiento es:

$$\delta_{c1} = 120 \text{ A/mm}^2 \text{ (Cobre)}$$

Con la sección de 865 mm^2 soporta el cortocircuito 100,5 segundos.

Conductores de la parte subterránea:

Para evaluar el calentamiento admisible en los cables subterráneos, por efecto de las corrientes de cortocircuito, se supone que el conductor trabaja a 80°C antes del cortocircuito. En estas condiciones, la temperatura máxima que puede alcanzar el cable con aislante de polietileno reticulado es:

Temperatura máxima de trabajo	80°C
Calentamiento	40°C
Temperatura final	120°C

La temperatura final viene determinada por la temperatura máxima que soporta el aislamiento.

Observando la gráfica, para el cobre, se tiene que la densidad de corriente admisible para este calentamiento es:

$$\delta_{c1} = 80 \text{ A/mm}^2 \text{ (Cobre)}$$

Con la sección de 1000 mm^2 en cobre soportará el cortocircuito aproximadamente 75 seg.

3.1.4.2.6 Efectos en las salidas en baja tensión

Para evaluar el calentamiento admisible en los cables subterráneos, por efecto de las corrientes de cortocircuito, se supone que el conductor trabaja a 80°C antes del cortocircuito. En estas condiciones, la temperatura máxima que puede alcanzar el cable con aislante de polietileno reticulado es:

Temperatura máxima de trabajo	80°C
Calentamiento	40°C
Temperatura final	120°C

La temperatura final, en este caso, viene determinada por la temperatura máxima que soporta el aislante.

Observando la gráfica para el cobre, la densidad de corriente admisible para este calentamiento, es:

$$\delta_{c1} = 80 \text{ A/mm}^2 \text{ (Cobre)}$$

Para los 240 mm^2 en cobre, tardará más de 10 seg. en alcanzar la temperatura máxima.

3.1.5 CÁLCULO DE LAS CADENAS DE AISLADORES

Se seguirán los requisitos establecidos en el Reglamento Técnico de líneas Eléctricas de Alta tensión. Según nos establece el Capítulo 6 del artículo 29, sobre el cálculo mecánico de Aisladores.

3.1.5.1 AISLADORES DE 220 KV

Se escogen los aisladores E-160-146.

Las características de los aisladores son las siguientes:

Material

<i>Caperuza:</i>	fundición maleable galvanizada en caliente
<i>Dieléctrico:</i>	vidrio templado
<i>Perno:</i>	acero forjado galvanizado en caliente
<i>Pasador:</i>	acero inoxidable

Características dimensionales

<i>Diámetro (D):</i>	280 mm
<i>Paso (P):</i>	146 mm
<i>Línea de fuga:</i>	380 mm
<i>Unión Normalizada (IEC-305):</i>	20
<i>Peso neto:</i>	6,3 kg

Características mecánicas

<i>Carga de rotura mecánica:</i>	160 kN
----------------------------------	--------

Características eléctricas

Tensión soportada a frecuencia industrial:

<i>En seco (1 aislador):</i>	75 kV
<i>Bajo lluvia (1 aislador):</i>	45 kV

Tensión soportada al impulso tipo rayo:

1 aislador: 110 kV

Mínima tensión de perforación: 130 kV

3.1.5.1.1 CÁLCULO ELÉCTRICO DE AISLADORES

Las características eléctricas del tramo son, las siguientes:

- Tensión nominal de servicio: 220 kV.
- Tensión más elevada para el material: 245 kV.
- Tensión de ensayo a frecuencia industrial 1 min.: 460 kV.
- Tensión de ensayo con onda de choque tipo rayo (1,2/50 ms): 1050 kV.

Se determinará el número de aisladores a emplear por cadena para obtener el nivel de aislamiento requerido, en función de la tensión más elevada de la línea y de las condiciones ambientales esperadas en zona a realizar el proyecto.

En la siguiente tabla se relaciona el grado de aislamiento recomendado, según la zona donde se realiza el proyecto.

ZONAS	GA (cm/ kV)
<i>Forestales y agrícolas</i>	1,7 – 2
<i>Industriales y próximas al mar</i>	2,2 – 2,5
<i>Fábricas de productos químicos</i>	2,6 – 3,2
<i>Centrales térmicas</i>	> 3,2

Tabla 13. Grados de aislamiento.

Por lo que, el número de aisladores necesario nos viene determinado por la siguiente ecuación:

$$n = \frac{GA \cdot E}{L_f}$$

Donde:

n número mínimo de aisladores
L_f Longitud de la línea de fuga, en cm
GA Grado de aislamiento, en cm/kV

E Tensión más elevada, en kV

Por lo que nos resulta un número mínimo de aisladores de:

$$n = \frac{GA.E}{Lf} = \frac{2,2 \cdot 245}{38} = 14,18 \text{ aisladores} \cong 15 \text{ aisladores}$$

En este punto, no termina la comprobación desde el punto de vista eléctrico del nivel de aislamiento, puesto que el RLAT obliga en su art. 24, a comprobar el nivel mínimo de aislamiento alcanzado con el número de aisladores elegido.

De acuerdo con las especificaciones del fabricante, de las tensiones soportadas por las cadenas de aisladores según los resultados obtenidos por los ensayos de los fabricantes, se obtiene:

Los niveles mínimos requeridos en líneas de 1ª categoría con neutro aislado (Art. 24 R.A.T.), corresponden a:

- Tensión nominal de servicio: 220 kV.
- Tensión más elevada para el material: 245 kV.
- Tensión de ensayo a frecuencia industrial 1 min.: 460 kV.
- Tensión de ensayo con onda de choque tipo rayo (1,2/50 **m**s): 1050 kV.

Según las especificaciones del fabricante, para el tipo de aislador empleado y una configuración de cadena de 15 elementos; el fabricante certifica que en los ensayos realizados dan como resultados:

Tensión soportada al impulso tipo rayo 1,2/50: 1100 kV > 1050 kV
Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia: 496 kV > 460 kV

Tal y como se puede apreciar en la siguiente figura:

ATMÓSFERAS CONTAMINADAS URTADAS		CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LAS CADENAS DE CONFORMIDAD CON LAS NORMAS CEI 383								
KV		ØxP: 255 x 146 mm E-70P-146; E-100P-146; E-120P-146			ØxP: 280 x 146 mm E-100PP-146; E-120PP-146			ØxP: 320 x 170 mm E-160P-170; E-210P-170		
B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
45	110	80	45	110	85	50	125	90	55	140
65	200	130	75	235	130	75	235	135	85	270
90	275	180	100	320	180	100	320	190	110	370
115	340	225	130	390	225	130	390	240	145	450
140	405	270	155	465	270	155	465	290	175	540
165	470	315	185	545	315	185	545	335	205	625
195	540	360	215	620	360	215	620	380	240	710
220	605	405	245	695	405	245	695	430	275	800
240	675	450	270	775	450	270	775	475	305	890
260	740	490	290	855	490	290	855	520	335	980
285	815	530	320	935	530	320	935	565	360	1070
305	880	570	340	1015	570	340	1015	610	385	1170
320	955	610	365	1100	610	365	1100	655	410	1260
345	1025	650	390	1180	650	390	1180	695	440	1355
365	1090	690	410	1260	690	410	1260	740	465	1450
380	1165	725	430	1340	725	430	1340	785	490	1540
405	1240	765	450	1425	765	450	1425	830	515	1640
425	1305	800	480	1500	800	480	1500	875	540	1730
445	1370	840	500	1580	840	500	1580	920	565	1810
460	1440	875	520	1655	875	520	1655	965	590	1900
480	1505	915	540	1730	915	540	1730	1005	610	1990
500	1575	950	565	1810	950	565	1810	1050	640	2080
520	1640	985	585	1885	985	585	1885	1095	660	2160
540	1705	1025	610	1950	1025	610	1950	1140	690	2245
555	1770	1060	630	2025	1060	630	2025	1180	710	2325
575	1840	1100	650	2095	1100	650	2095	1225	740	2410
595	1910	1135	670	2170	1135	670	2170	1270	760	2490
612	1970	1170	695	2240	1170	695	2240	1310	780	2575
625	2035	1205	710	2305	1205	710	2305	1355	805	2650
645	2100	1240	730	2365	1240	730	2365	1395	830	2720

a frecuencia industrial en seco B: Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia C: Tensión soportada al impulso tipo rayo 1,2/50

Figura 5. Características de los aisladores.

3.1.5.1.2 Cálculo mecánico de aisladores

3.1.5.1.2.1 Barras generales

Una vez hecho el cálculo eléctrico de las cadenas de aisladores, es necesario comprobar si el coeficiente de seguridad mecánica no es inferior a 3, como indica el Art. 29 del RAT. Se expresa como:

$$C_s = \frac{C_r}{C}$$

Donde:

- Cr Coeficiente de seguridad mecánica
- Cs Carga de rotura
- C Cargas

La tracción máxima del cable, con el coeficiente de seguridad anteriormente nombrado es de:

$$C = \frac{Cr}{Cs} = \frac{11136}{3} = 3712 \text{ kg}$$

Las características del tipo de cable para las barras generales son las siguientes:

Conductor	Cable de Aluminio Acero (Al-Ac)
<i>Sección</i>	381,55 mm
<i>Esfuerzo total máximo</i>	1,80 kg/m
<i>Longitud del cable</i>	20 m

Tabla 14. Características de los conductores.

Cadena de amarre reforzada

La cadena de amarre, estará formada por:

- Horquilla bola, para unir los aisladores a la cruceta.
- 15 aisladores, designación *E-160-146*.
- 1 Yugo
- Alojamiento de rótula, para unir los aisladores a la grapa
- Grapa de suspensión, para sujetar el conductor

Elemento	Peso (kg)	Carga de rotura (kg)
Horquilla de bola	0,76	10000
15 aisladores	95,4	16000
Alojamiento de rótula	0,58	13500
Grapa de suspensión	3,00	6500
Yugo	5,00	
Totales para la cadena	104,74	Menor carga de rotura 6500

Tabla 15. Cargas de rotura.

El peso de los elementos que forman la cadena de suspensión, son pesos individuales. A excepción del peso de los aisladores, que se han considerado el total de aisladores que formaran la cadena.

La menor carga de rotura condicionará el cálculo mecánico, de ahí que se fije como valor a comprobar.

Cargas normales

Peso de los conductores de una fase longitud del vano de 20 m.	= 31,82 kg
Esfuerzos devidos al viento	= 27 kg
Peso de la cadena de suspensión	= 104,74 kg

PESO TOTAL = 163,56 kg

Aplicando la ecuación anterior, se obtiene que el coeficiente de seguridad es:

$C_s = \frac{C_r}{C} = \frac{6500}{163,56} = 39,74$; muy superior al coeficiente de seguridad que nos especifica el RAT. $39,74 \gg 3$

Donde se ha tomado como tensión de rotura la del elemento con menor carga de rotura, (grapa de suspensión).

Cargas anormales

Según el Art. 19 del RAT, el valor mínimo admisible del esfuerzo de rotura que deberá considerarse será del 50% de la tensión del cable roto en las líneas de 1 ó 2 conductores por fase y circuito.

$$C = 0,5 \cdot C_r = 0,5 \cdot 3712 = 1856 \text{ kg}$$

Aplicando ahora la ecuación anterior, se obtiene un coeficiente de seguridad de:

$$C_s = \frac{C_r}{C} = \frac{6500}{1856} = 3,50 > 3$$

La carga mínima de rotura (grapa de suspensión) es de 4500 kg.

Por tanto, el aislador E- 160-146 para las cadenas de amarre cumple con las sollicitaciones electromecánicas a las que será sometido.

3.1.5.1.2.2 BAJANTE DE BARRAS A TRANSFORMADORES

La tracción máxima del cable, con el coeficiente de seguridad anteriormente nombrado es de:

$$C = \frac{Cr}{Cs} = \frac{11136}{3} = 3712 \text{ kg}$$

Características del conductor:

Conductor	Cable de Aluminio Acero (Al-Ac)
<i>Sección</i>	381,55 mm
<i>Esfuerzo total máximo</i>	1,80 kg/m
<i>Longitud del cable</i>	25,35 m

Tabla 16. Características de los conductores.

Cargas normales

Peso de los conductores de una fase longitud del vano de 25 m.	= 53 kg
Esfuerzos devidos al viento	= 45 kg
Peso de la cadena de suspensión	= 104,74 kg
<hr/>	
PESO TOTAL	= 202,74 kg

Aplicando la ecuación anterior, se obtiene que el coeficiente de seguridad es:

$$C_s = \frac{Cr}{C} = \frac{6500}{202,74} = 32,06$$
; muy superior al coeficiente de seguridad que nos especifica el RAT. $32,06 \gg 3$

Donde se ha tomado como tensión de rotura la del elemento con menor carga de rotura, (grapa de suspensión).

Cargas anormales

Según el Art. 19 del RAT, el valor mínimo admisible del esfuerzo de rotura que deberá considerarse será del 50% de la tensión del cable roto en las líneas de 1 ó 2 conductores por fase y circuito.

$$C = 0,5 \cdot Cr = 0,5 \cdot 3712 = 1856 \text{ kg}$$

Aplicando ahora la siguiente expresión, se obtiene un coeficiente de seguridad de:

$$C_s = \frac{Cr}{C} = \frac{6500}{1856} = 3,50 > 3$$

La carga mínima de rotura (grapa de suspensión) es de 4500 kg.

Por tanto, el aislador E- 160-146 para las cadenas de amarre cumple con las sollicitaciones electromecánicas a las que será sometido.

3.1.6 COMPENSACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

3.1.6.1 JUSTIFICACIÓN

Muchos de los aparatos conectados a una red no solo consumen potencia activa, por lo que también consumen potencia reactiva. Con la finalidad de compensar el factor de potencia de la carga se instalarán baterías de condensadores.

Para compensar la energía reactiva se utilizarán unes baterías de condensadores que suministraran energía reactiva a la instalación cuando sea necesario.

Se supondrá un factor de potencia del ($\cos \mathbf{j} = 0,8$) que es el caso más desfavorable.

Teniendo en cuenta que la potencia aparente máxima de los transformadores es de 60 MVA, los valores potencia activa y reactiva en los casos más desfavorables, son los siguientes:

$$P = S \cdot \cos \mathbf{j} = 60 \cdot 0,8 = 48 \text{ MW}$$

$$Q = S \cdot \sin \mathbf{j} = 60 \cdot 0,6 = 36 \text{ MVAr}$$

Donde:

- P Potencia active, en MW
- Q Potencia reactiva, en MVAr
- S Potencia aparente, en VA
- \mathbf{j} Angulo de desface, en °

Esto supone un consumo de energía reactiva importante, con lo que el desaprovechamiento de la energía activa provoca las consecuentes pérdidas económicas.

Con esta situación, la instalación de baterías de condensadores que suministren la potencia reactiva necesaria para tener un factor de potencia más adecuado, permitirá un mayor aprovechamiento de la potencia activa, pudiendo, así aumentar el número de cargas a la subestación cuando sea necesario, rentabilizando la inversión de las baterías a corto plazo.

3.1.6.2 CÁLCULO DE LA POTENCIA REACTIVA

La potencia reactiva que deberá suministrar la batería de condensadores manteniendo la potencia activa consumida, con un factor de potencia deseado de 0,9, la calcularemos mediante la siguiente expresión:

$$Q_c = P \cdot (\tan \mathbf{j} - \tan \mathbf{j}')$$

Siendo:

- P Potencia activa de la subestación, en MW
- \mathbf{j}' Ángulo para el factor de potencia deseado
- \mathbf{j} Ángulo para el factor de potencia más desfavorable

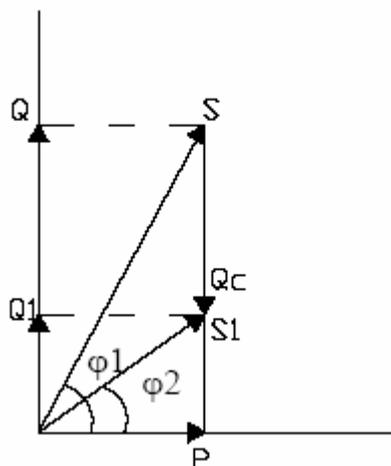


Figura 6. Compensación del factor de potencia.

$$Q_c = 48 \cdot (\tan 36,86^\circ - \tan 25,8^\circ) = 12,78 \text{ MVar}$$

Por lo tanto, la potencia reactiva consumida de los transformadores será:

$$Q' = Q - Q_c = 36 - 12,78 = 23,21 \text{ MVar}$$

Así la nueva potencia aparente será:

$$S'^2 = P^2 + Q'^2 = 48^2 + 23,21^2 = 53,32 \text{ MVA}$$

3.1.7 PROTECCIONES

Se han escogido todas las protecciones de acuerdo con el reglamento sobre Subestaciones de Transformación MIE-RAT-S.

3.1.7.1 PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

La protección contra sobretensiones tiene por objeto el preservar los elementos que constituyen una instalación por la acción perjudicial de las sobretensiones que pueden aparecer durante el servicio.

Podemos distinguir dos clases de sobretensiones:

- a) *Sobretensiones de origen externo.* Se incluyen en este grupo, las sobretensiones que tienen una procedencia exterior a la instalación y en los que, por lo tanto sus amplitudes no están en relación directa con la tensión de servicio de la

instalación afectada. Comprenden, sobre todo, las sobretensiones de origen atmosférico, tales como rayos, cargas estáticas de las líneas, etc...

- b) *Sobretensiones de origen interno*. Son las producidas al variar las propias condiciones de servicio de la instalación. A este grupo pertenecen las oscilaciones de intensidad de corriente, las variaciones de carga, las descargas a tierra, etc...

Actualmente se utilizan en la protección contra sobretensiones pararrayos de efecto autovalvular. El pararrayo autovalvular básicamente es una combinación de un explosor en serie con una resistencia variable, que se conecta por un borne a la línea i por el otra a tierra. Esta resistencia variable, tiene la propiedad de variar su resistencia con mucha rapidez, disminuyendo cuanto mayor sea la tensión aplicada i adquiriendo un valor elevado al reducirse esta, se convierte así, el pararrayos en una válvula de seguridad.

Por lo que la instalación se protegerá contra este tipo de sobretensiones, mediante la utilización de pararrayos autovalvulares de resistencia variable.

3.1.7.1.1 PARARRAYOS DE 220 kV

La tensión nominal del pararrayos, viene determinada por la siguiente relación:

$$U_n = K \cdot U_{\max}$$

Donde:

- K Factor corrector, por neutro a tierra, $K = 0,8$
U_n Tensión nominal del pararrayos, en kV
U_{max} Tensión máxima por el material, en kV

Se obtiene una tensión nominal del pararrayos de:

$$U_n = K \cdot U_{\max} = 0,8 \cdot 245 = 196 \text{ kV}$$

La corriente máxima de descarga, vendrá dada por la siguiente expresión:

$$I_d = \frac{2 \cdot NBI - U_n}{Z_o}$$

Donde:

Id	Corriente máxima de descarga, en kA
NBI	Nivel básico de aislamiento = 1050
Un	Tensión nominal del pararrayos, en kV
Zo	Impedancia característica de la línea, 200 Ω

$$I_d = \frac{2 \cdot NBI - U_n}{Z_o} = \frac{2 \cdot 1050 - 196}{200} = 9,52 \text{ kA}$$

Por los resultados obtenidos, adoptamos una corriente de descarga de 10 kA.

Por lo que se instalarán pararrayos, uno por fase, de la firma ABB, con las siguientes características técnicas:

- Tensión nominal	198 kV
- Corriente de descarga	10 kA
- Tensión de cebado a 50 Hz	156 kV
- Tensión de descarga con onda de impulso	719 kV
- Tensión residual con la corriente de descarga	521 kV
- Pendiente de elevación de la tensión	1040 kV/ ms

3.1.7.1.2 PARARRAYOS DE 25 kV

La tensión nominal del pararrayos, viene determinada por la siguiente relación:

$$U_n = K \cdot U_{\max}$$

Donde:

K	Factor corrector, por neutro a tierra mediante bobina zig-zag, K = 0,8
Un	Tensión nominal del pararrayos, en kV
U _{max}	Tensión máxima por el material, en kV

Se obtiene una tensión nominal del pararrayos de:

$$U_n = K \cdot U_{\max} = 0,8 \cdot 36 = 28,8 \text{ kV}$$

La corriente máxima de descarga, vendrá dada por la siguiente expresión:

$$I_d = \frac{2 \cdot NBI - U_n}{Z_o}$$

Donde:

I_d	Corriente máxima de descarga, en kA
NBI	Nivel básico de aislamiento = 170
U_n	Tensión nominal del pararrayos, en kV
Z_o	Impedancia característica de la línea, 170 Ω

$$I_d = \frac{2 \cdot NBI - U_n}{Z_o} = \frac{2 \cdot 170 - 28,8}{170} = 1,83 \text{ kA}$$

Por los resultados obtenidos, adoptamos una corriente de descarga de 5 kA.

Al igual que los pararrayos de 220 kV, serán de la firma ABB, con las siguientes características técnicas:

- <i>Tensión nominal</i>	30 kV
- <i>Corriente de descarga</i>	5 kA
- <i>Tensión de cebado a 50 Hz</i>	24 kV
- <i>Tensión de descarga con onda de impulso</i>	138 kV
- <i>Tensión residual con la corriente de descarga</i>	77,7 kV
- <i>Pendiente de elevación de la tensión</i>	340 kV/ μ s

3.1.7.2 PROTECCIÓN DE SOBRE Y SUBTENSIÓN

Ajuste para máxima tensión

De acuerdo a la tensión nominal de Subestación en alta tensión 220 kV i 245 kV para la tensión más elevada por el material. Se ajusta a un 110 % para máxima tensión.

Obteniendo según las características de los transformadores de tensión, una tensión en el secundario que dará orden de disparo de:

La tensión nominal de referencia que llegará al relé será de 110 V (secundarios de los transformadores de tensión).

Por la tensión más elevada del material, se obtiene una tensión en los secundarios de:

122,5 V a un ajuste del 110 %;

Se obtendrá el disparo del relé a una tensión de 134,75 V en el secundario del transformador de tensión.

Ajuste para mínima tensión

La tensión nominal de referencia que llegará al relé será de 110 V (secundarios de los transformadores de tensión).

Se admitirá, una caída de tensión del 10 %, para un funcionamiento normal todo aparato conectado a la red.

Al ser la tensión nominal de 25 kV la mínima tensión será de 22,5 kV. Por lo que el ajuste de tensión será de un 90 % la tensión nominal.

Se temporizará la subtensión a 2 segundos para permitir a los dispositivos regulares la corrección de la tensión

Se obtiene una tensión en los secundarios de:

110 V a un ajuste del 90 %;

Se obtendrá el disparo del relé a una tensión de 99 V en el secundario del transformador de tensión

3.1.7.3 PROTECCIÓN DE LOS TRANSFORMADORES

3.1.7.3.1 Protección diferencial de fases

3.1.7.3.1.1 Determinación del valor de ajuste de la corriente diferencial del transformador de 60 MVA

Mediante la protección diferencial del transformador, detectaremos las posibles faltas que se puedan llegar a producir tanto en el interior del transformador como en sus conexiones externas, donde, claro esté, sea abarcado por los transformadores de intensidad.

La protección diferencial no se ciñe exclusivamente al transformador, sino que cubre la zona comprendida entre los transformadores de intensidad. Por lo tanto, quedan protegidos todos los equipos que forman parte del bloque de transformación.

Para la protección diferencial del transformador de 60 MVA, cuantas características son las siguientes:

- <i>Potencia Nominal:</i>	60 MVA
- <i>Tensiones Nominales:</i>	220/25 kV
- <i>Margen de regulación:</i>	± 10 %
- <i>Grupo de conexión:</i>	Ynd11
- <i>Reactancia de cortocircuito:</i>	Ucc = 12 %

Deducimos de los siguientes datos:

Intensidad nominal en el primario del transformador:

$$I_n = \frac{P_n}{U_n \cdot \sqrt{3}} = \frac{60.000}{220 \cdot \sqrt{3}} = 157,45 \text{ A}$$

Intensidad nominal en el secundario del transformador:

$$I_n = \frac{P_n}{U_n \cdot \sqrt{3}} = \frac{60.000}{25 \cdot \sqrt{3}} = 1385,64 \text{ A}$$

Los transformadores de intensidad empleados, utilizan relaciones de transformación normalizadas:

TI en el lado de Alta Tensión (220 kV) 200/5 A

TI en el lado de Media Tensión (25 kV) 1500/5 A

Las intensidades nominales secundarias, con los T/I conectados en estrella, serán:

$$I'_{At} = 157,5 \cdot (5 / 200) = 3,9375 \text{ A}$$

$$I'_{Mt} = 1385,64 \cdot (5 / 1500) = 4,6188 \text{ A}$$

Pero a causa de las conexiones del transformador se introduce un desfase de 30° , que por supuesto deberemos corregir mediante la instalación de transformadores auxiliares, uno por cada fase, a más debemos convertir 3,9375 en 4,6188.

Por lo que solamente nos queda determinar el grupo de conexión de los transformadores auxiliares. Las cuales se conectaran a igual grupo de conexión que el transformador principal. Así conseguiremos volver a desfasar en 30° las intensidades secundarias para ponerlas en fase y además, debemos igualar las intensidades.

En la conexión en triángulo, las intensidades fuera del triángulo son $\sqrt{3}$ superiores a las de los arrollamientos. Por tanto, la relación de cada uno de los T/I auxiliares vendrá dada por:

$$\frac{4,6188}{\sqrt{3}} / 3,9375 \text{ A}$$

por lo que obtenemos:

$$2,666 / 3,9375 \text{ A}$$

Puesto que las corrientes normalizadas son de 5 A, la relación anterior la podemos expresar como:

$$3,3862 / 5 \text{ A}$$

Para que el relé diferencial se equilibre es imprescindible que las corrientes que reciba sean iguales y de sentido opuesto. Por lo que para cumplir esta condición han de emplearse tres T/I auxiliares de relación de transformación y intensidades en los lados estrella-triángulo de:

En el lado estrella:	3,9375 A
En el lado triangulo:	2,666 A
Relación de transformación:	$3,9375/2,666 = 1,47$

Mediante estas conexiones, podemos asegurar que las corrientes diferenciales serán nulas, si se prescinde del $\pm 10 \%$ y de los errores de los transformadores de intensidad.

Para que el dispositivo de protección efectúe el cálculo de aproximación de los errores de los TI es preciso introducir las características de los mismos, así pues se requiere entrar:

- Error correspondiente a la clase de precisión en %

Para transformadores 5P el error es de 1%

Para transformadores 10P el error es de 3%

- Clase de precisión en %

Para clase 5P corresponde 5%

Para clase 10P corresponde 10%

Al introducir el error de los transformadores de intensidad, se obtiene, al ser de una precisión 5P ambos transformadores, un error de $\pm 2 \%$. Se obtiene:

$$\text{Error} = 10 \% + 2 \% = 12 \%$$

Que supone una intensidad diferencial de arranque de:

$$I_d = 3,9375 \text{ A} \cdot 12 \% = 0,4725 \text{ A}$$

Donde el relé diferencial deberá ajustarse al valor inmediato superior.

3.1.7.3.1.2 Determinación del valor de ajuste de la corriente diferencial del transformador de 40 MVA

Mediante la protección diferencial del transformador, detectaremos las posibles faltas que se puedan llegar a producir tanto en el interior del transformador como en sus conexiones externas, donde, claro esté, sea abarcado por los transformadores de intensidad.

La protección diferencial no se ciñe exclusivamente al transformador, sino que cubre la zona comprendida entre los transformadores de intensidad. Por lo tanto, quedan protegidos todos los equipos que forman parte del bloque de transformación.

Para la protección diferencial del transformador de 40 MVA, cuyas características són las siguientes:

- <i>Potencia Nominal:</i>	40 MVA
- <i>Tensiones Nominales:</i>	220/25 kV
- <i>Margen de regulación:</i>	± 10 %
- <i>Grupo de conexión:</i>	Ynd11
- <i>Reactancia de cortocircuito:</i>	Ucc = 12 %

Deducimos de los siguientes datos:

Intensidad nominal en el primario del transformador:

$$I_n = \frac{P_n}{U_n \cdot \sqrt{3}} = \frac{40.000}{220 \cdot \sqrt{3}} = 104,97 \text{ A}$$

Intensidad nominal en el secundario del transformador:

$$I_n = \frac{P_n}{U_n \cdot \sqrt{3}} = \frac{40.000}{25 \cdot \sqrt{3}} = 923,7 \text{ A}$$

Los transformadores de intensidad empleados, utilizan relaciones de transformación normalizadas:

TI en el lado de Alta Tensión (220 kV) 200/5 A

TI en el lado de Media Tensión (25 kV) 1500/5 A

Las intensidades nominales secundarias, con los T/I conectados en estrella, serán:

$$I'_{At} = 104,97 \cdot (5 / 200) = 2,624 \text{ A}$$

$$I'_{Mt} = 923,7 \cdot (5 / 1500) = 3,079 \text{ A}$$

Pero a causa de las conexiones del transformador se introduce un desfase de 30°, que por supuesto deberemos corregir mediante la instalación de transformadores auxiliares, uno por cada fase, a más debemos convertir 3,079 en 2,624.

Por lo que solamente nos queda determinar el grupo de conexión de los transformadores auxiliares. Las cuales se conectaran a igual grupo de conexión que el transformador principal. Así conseguiremos volver a desfazar en 30° las intensidades secundarias para ponerlas en fase y además, debemos igualar las intensidades.

En la conexión en triángulo, las intensidades fuera del triángulo son $\sqrt{3}$ superiores a las de los arrollamientos. Por tanto, la relación de cada uno de los T/I auxiliares vendrá dada por:

$$\frac{3,079}{\sqrt{3}} / 2,624 \text{ A}$$

por lo que obtenemos:

$$1,777 / 2,624 \text{ A}$$

Puesto que las corrientes normalizadas son de 5 A, la relación anterior la podemos expresar como:

$$3,387 / 5 \text{ A}$$

Para que el relé diferencial se equilibre es imprescindible que las corrientes que reciba sean iguales y de sentido opuesto. Por lo que para cumplir esta condición han de emplearse tres T/I auxiliares de relación de transformación y intensidades en los lados estrella-triángulo de:

En el lado estrella:	3,079 A
En el lado triangulo:	2,624 A
Relación de transformación:	$3,079/2,624 = 1,173$

Mediante estas conexiones, podemos asegurar que las corrientes diferenciales serán nulas, si se prescinde del $\pm 10 \%$ y de los errores de los transformadores de intensidad.

Al introducir el error de los transformadores de intensidad, se obtiene, al ser de una precisión 5P ambos transformadores, un error de $\pm 2 \%$. Se obtiene:

$$\text{Error} = 10 \% + 2 \% = 12 \%$$

Que supone una intensidad diferencial de arranque de:

$$I_d = 2,624 \text{ A} \cdot 12 \% = 0,3148 \text{ A}$$

Donde el relé diferencial deberá ajustarse al valor inmediato superior.

3.1.8 TRANSFORMADORES DE MEDIDA Y PROTECCIÓN

En función de su utilización se clasifican en:

- Transformadores de intensidad
- Transformadores de tensión

Las principales características que cabe considerar en la elección de un transformador de medida son:

- 1) Dimensionado del aislamiento para la tensión de utilización y la ubicación.
- 2) Precisión en la reproducción de la magnitud primaria.

3) Calentamiento del equipo y capacidad de sobrecargas.

De la correcta definición de estos parámetros dependerá el funcionamiento de los equipos de protección en los momentos críticos.

Así, en lo que se refiere el aislamiento existe una gran diferencia entre los transformadores que deben ir destinados a servicio interior o a servicio exterior, ya que estos últimos necesitan una línea de fuga que evite contorneos en condiciones de lluvia niebla, depósitos superficiales debidos a la polución, etc.

Estos aparatos cumplirán con la norma UNE 21088 según la instrucción MIE-RAT 08.

3.1.8.1 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

3.1.8.1.1 Líneas de llegada

Características de las líneas de llegada:

Por cada línea de llegada se tiene:

Máxima intensidad nominal	315 A
Máxima corriente de cortocircuito	2624 A
Relación de transformación	400/5 A
Número de núcleos necesarios	3

Transformador de intensidad 400/5 A

- 1^{er} Núcleo: núcleo para medición
- 2^o Núcleo: núcleo para protección

Potencia realmente conectada:

1 ^{er} Núcleo:	Para medición	
	Contador de activa	1 VA
	Contador de reactiva	0,31 VA

	Amperímetro	1 VA
Conexión:		Estrella
2º Núcleo:	Protección de distancia	
	Relé de distancia	0,25 VA
Conexión:		Estrella
3º Núcleo:	Protección de sobreintensidad	
	Relé de sobreintensidad	0,1 VA
Conexión:		Estrella

- Intensidad nominal secundario 5 A
- Relación de transformación 80

Para determinar la potencia del transformador de intensidad, será necesario conocer la carga total en VA que debe conectarse a dicho transformador.

Potencia necesaria del 1 secundario:

Potencia consumida:

En primer lugar calcularemos la impedancia del conductor:

$$R = r \cdot \frac{L}{S}$$

Donde:

R	Impedancia del conductor, en Ω
r	Resistividad del cobre = $1/57 \text{ m} / \Omega \cdot \text{mm}^2$
L	Longitud del conductor = 80 m
S	Sección del conductor, en mm^2

Obtenemos una impedancia de conductor de:

$$R = r \cdot \frac{L}{S} = \frac{1}{57} \cdot \frac{80}{6} = 0,2339 \Omega$$

Obteniendo una potencia consumida de:

$$P = 0,2339 \cdot 5^2 = 5,847 \text{ VA}$$

La potencia necesaria de un transformador de intensidad resulta de sumar los consumos de potencia de los aparatos.

$$\text{Pot necesaria:} \quad 5,847 \text{ VA} + 2,31 \text{ VA} = 8,15 \text{ VA}$$

No cabe la posibilidad de que se produzca una sobrecarga del núcleo, al ser de medida. Para un posible cortocircuito, la corriente se satura rápidamente y no dañará el núcleo.

Se escoge un núcleo de 10 VA, y 0,5 de clase de precisión.

Potencia necesaria del 2 secundario:

Potencia consumida:

En primer lugar calcularemos la impedancia del conductor:

$$R = r \cdot \frac{L}{S}$$

Donde:

R	Impedancia del conductor, en Ω
r	Resistividad del cobre = $1/57 \text{ m} / \Omega \cdot \text{mm}^2$
L	Longitud del conductor = 80 m
S	Sección del conductor, en mm^2

Obtenemos una impedancia de conductor de:

$$R = r \cdot \frac{L}{S} = \frac{1}{57} \cdot \frac{80}{6} = 0,2339 \Omega$$

Obteniendo una potencia consumida de:

$$P = 0,2339 \cdot 5^2 = 5,847 \text{ VA}$$

La potencia necesaria de un transformador de intensidad resulta de sumar los consumos de potencia de los aparatos.

$$\text{Pot necesaria: } 5,847 \text{ VA} + 0,25 \text{ VA} = 6,097 \text{ VA}$$

Factor de sobrecarga

$$Rt = I_{1n} / I_{2n} = 400/5 = 80$$

Intensidad máxima en el secundario, en caso de cortocircuito:

$$I \text{ máx primaria} = 2624 \text{ A}$$

$$I \text{ máx secundaria} = 2624/80 = 32,8 \text{ A}$$

$$Fs = Is/Ip$$

Donde:

Fs Factor de sobrecarga

Is Intensidad en el secundario del transformador, en A

Ip Intensidad en el primario del transformador, en A

Obteniendo un factor de sobrecarga de:

$$Fs = Is/Ip = 32,8/5 = 6,56 < 10$$

Por lo que se adopta un núcleo de 10 VA, 5P10

Intensidad límite de precisión

Aplicamos la siguiente expresión:

$$I_{1p} = \frac{A \cdot I_{sn} \cdot (Zl + Z_{sn})}{Zl + Zr}$$

Donde:

- A Factor límite de precisión = 10
- Isn Intensidad secundaria, en A
- ZI Impedancia nominal interna del T/I (10 % de Zsn)
- Zsn Impedancia nominal de precisión

Siendo:

$$Z_{sn} = 30/5^2 = 1,2$$

- Zr Impedancia real de carga

Siendo:

$$Z_r = 6,097/5^2 = 0,2646$$

Substituyendo en la expresión anterior, se obtiene:

$$I_{1p} = \frac{A \cdot I_{sn} \cdot (Z_I + Z_{sn})}{Z_I + Z_r} = \frac{10 \cdot 5 \cdot (0,12 + 1,2)}{0,12 + 0,2646} = 171,60 \text{ A} > 32,8 \text{ A}$$

Se adopta un núcleo de 10 VA, 5P10

Potencia necesaria del 3 secundario:

Potencia consumida:

En primer lugar calcularemos la impedancia del conductor:

$$R = r \cdot \frac{L}{S}$$

Donde:

- R Impedancia del conductor, en Ω
- r Resistividad del cobre = $1/57 \text{ m} / \Omega \cdot \text{mm}^2$
- L Longitud del conductor = 80 m
- S Sección del conductor, en mm^2

Obtenemos una impedancia de conductor de:

$$R = r \cdot \frac{L}{S} = \frac{1}{57} \cdot \frac{80}{6} = 0,2339 \Omega$$

Obteniendo una potencia consumida de:

$$P = 0,2339 \cdot 5^2 = 5,847 \text{ VA}$$

La potencia necesaria de un transformador de intensidad resulta de sumar los consumos de potencia de los aparatos.

$$\text{Pot necesaria: } 5,847 \text{ VA} + 0,1 \text{ VA} = 5,947 \text{ VA}$$

Factor de sobrecarga

$$R_t = I_{1n} / I_{2n} = 400/5 = 80$$

Intensidad máxima en el secundario, en caso de cortocircuito:

$$I \text{ máx primaria} = 2624 \text{ A}$$

$$I \text{ máx secundaria} = 2624/80 = 32,8 \text{ A}$$

$$F_s = I_s / I_p$$

Donde:

F_s Factor de sobrecarga

I_s Intensidad en el secundario del transformador, en A

I_p Intensidad en el primario del transformador, en A

Obteniendo un factor de sobrecarga de:

$$F_s = I_s / I_p = 32,8/5 = 6,56 < 10$$

Por lo que se adopta un núcleo de 10 VA, 5P10

Intensidad límite de precisión

Aplicamos la siguiente expresión:

$$I_{1p} = \frac{A \cdot I_{sn} \cdot (ZI + Z_{sn})}{ZI + Zr}$$

Donde:

- A Factor límite de precisión = 10
- Isn Intensidad secundaria, en A
- ZI Impedancia nominal interna del T/I (10 % de Zsn)
- Zsn Impedancia nominal de precisión

Siendo:

$$Z_{sn} = 30/5^2 = 1,2$$

- Zr Impedancia real de carga

Siendo:

$$Zr = 5,947/5^2 = 0,2378$$

Substituyendo en la expresión anterior, se obtiene:

$$I_{1p} = \frac{A \cdot I_{sn} \cdot (ZI + Z_{sn})}{ZI + Zr} = \frac{10 \cdot 5 \cdot (0,12 + 1,2)}{0,12 + 0,2378} = 169,60 \text{ A} > 32,8 \text{ A}$$

Se adopta un núcleo de 10 VA, 5P10

Esfuerzos en el transformador de intensidad

1.- Esfuerzos térmicos:

Los transformadores se dimensionan, para aproximadamente:

$$I_{ter} = 100 \cdot I_n$$

El valor deberá ser superior a:

$$I_{ter} \geq \sqrt{(t+0,05) \cdot \frac{50}{f}} \cdot I_{cc}$$

Donde:

- I_{ter} Intensidad límite térmica, en A
 t Tiempo de disparo, en seg
 f Frecuencia, en Hz
 I_{cc} Intensidad admisible de cortocircuito, en A

Substituyendo valores, obtenemos:

$$I_{ter} \geq \sqrt{(t+0,05) \cdot \frac{50}{f}} \cdot I_{cc} = \sqrt{(1+0,05) \cdot \frac{50}{50}} \cdot 2624 = 27755,2$$

La intensidad límite térmica del transformador es según la ecuación anterior:

$$I_{ter} = 100 \cdot 400 = 40000 \text{ A} \gg 27755,2 \text{ A}$$

El transformador soporta los esfuerzos térmicos

2.- Esfuerzos dinámicos:

La intensidad dinámica que puede soportar el transformador de intensidad es:

$$I_{din} = 2,5 \cdot I_{ter}$$

El valor deberá ser superior a:

$$I_{din} > 2,5 I_{ch}$$

Donde:

- I_{din} Intensidad límite dinámica, en A
 I_{ch} Intensidad de choque = 6679,61 A

$$I_{din} > 2,5 \cdot 6679,61 = 16699,033 \text{ A}$$

La intensidad límite dinámica del transformador será, según la ecuación anterior:

$$I_{din} = 2,5 \cdot 40000 = 100000 \gg 16699,033 \text{ A}$$

El transformador soportará los esfuerzos dinámicos.

3.1.8.1.2 Líneas a transformadores

Características de las líneas:

Se obtiene los siguientes valores de la línea:

Máxima intensidad nominal	157 A
Máxima corriente de cortocircuito	5250 A
Relación de transformación	200/5 A
Número de núcleos necesarios	3

Transformador de intensidad 200/5 A

- 1^{er} Núcleo: núcleo para medida
- 2^o Núcleo: núcleo para protección
- 3^{er} Núcleo: núcleo para protección

Potencia realmente conectada:

1 ^{er} Núcleo:	Para medida	
	Contador de Activa	1 VA
	Contador de Reactiva	0,31 VA
	Amperímetro	1 VA

Conexión: Estrella

2 ^o Núcleo:	Protección de sobreintensidad	
	Relé de sobreintensidad	0,2 VA
Conexión:		Estrella
3 ^{er} Núcleo:	Protección de diferencial	
	Relé diferencial trifásico	0,35 VA
Conexión:		Estrella
<ul style="list-style-type: none">- Intensidad nominal secundario 5 A- Relación de transformación 40		

Para determinar la potencia del transformador de intensidad, será necesario conocer la carga total en VA que debe conectarse a dicho transformador.

Potencia necesaria del 1 secundario:

Potencia consumida:

En primer lugar calcularemos la impedancia del conductor:

$$R = r \cdot \frac{L}{S}$$

Donde:

R	Impedancia del conductor, en Ω
r	Resistividad del cobre = $1/57 \text{ m} / \Omega \cdot \text{mm}^2$
L	Longitud del conductor = 70 m
S	Sección del conductor = 10 mm^2

Obtenemos una impedancia de conductor de:

$$R = r \cdot \frac{L}{S} = \frac{1}{57} \cdot \frac{70}{10} = 0,131 \Omega$$

Obteniendo una potencia consumida de:

$$P = 0,131 \cdot 5^2 = 3,07 \text{ VA}$$

La potencia necesaria de un transformador de intensidad resulta de sumar los consumos de potencia de los aparatos de medida y de las pérdidas.

$$\text{Pot necesaria:} \quad 3,07 \text{ VA} + 2,31 \text{ VA} = 5,38 \text{ VA}$$

No cabe la posibilidad de que se produzca una sobrecarga del núcleo, al ser de medida. Para un posible cortocircuito, la corriente se saturará rápidamente y no dañará el núcleo.

Por lo que se adopta un núcleo de 10 VA y clase de precisión 0,5.

Potencia necesaria del 2 secundario:

Potencia consumida:

En primer lugar calcularemos la impedancia del conductor:

$$R = r \cdot \frac{L}{S}$$

Donde:

R	Impedancia del conductor, en Ω
r	Resistividad del cobre = $1/57 \text{ m} / \Omega \cdot \text{mm}^2$
L	Longitud del conductor = 70 m
S	Sección del conductor, en mm^2

Obtenemos una impedancia de conductor de:

$$R = r \cdot \frac{L}{S} = \frac{1}{57} \cdot \frac{70}{10} = 0,1228 \Omega$$

Obteniendo una potencia consumida de:

$$P = 0,1228 \cdot 5^2 = 3,070 \text{ VA}$$

La potencia necesaria de un transformador de intensidad resulta de sumar los consumos de potencia de los aparatos de medida y de las pérdidas de la línea.

$$\text{Pot necesaria:} \quad 3,070 \text{ VA} + 0,2 \text{ VA} = 3,270 \text{ VA}$$

Se adopta un núcleo de 5 VA de potencia.

Factor de sobrecarga

$$Rt = I_{1n} / I_{2n} = 200/5 = 40$$

Intensidad máxima en el secundario, en caso de cortocircuito:

$$I \text{ máx primaria} = 5250 \text{ A}$$

$$I \text{ máx secundaria} = 5250/40 = 131,25 \text{ A}$$

$$Fs = Is/Ip$$

Donde:

Fs Factor de sobrecarga
Is Intensidad en el secundario del transformador, en A
Ip Intensidad en el primario del transformador, en A

Obteniendo un factor de sobrecarga de:

$$Fs = Is/Ip = 131,25/5 = 26,25 > 20$$

Intensidad límite de precisión

Aplicamos la siguiente expresión:

$$I_{1p} = \frac{A \cdot I_{sn} \cdot (ZI + Z_{sn})}{ZI + Zr}$$

Donde:

- A Factor límite de precisión = 10
Isn Intensidad secundaria, en A
ZI Impedancia nominal interna del T/I (10 % de Zsn)
Zsn Impedancia nominal de precisión

Siendo:

$$Z_{sn} = 10/5^2 = 0,4$$

- Zr Impedancia real de carga,

Siendo:

$$Z_r = 3,270/5^2 = 0,1308$$

Substituyendo en la expresión anterior, se obtiene:

$$I_{1p} = \frac{A \cdot I_{sn} \cdot (Z_I + Z_{sn})}{Z_I + Z_r} = \frac{10 \cdot 5 \cdot (0,04 + 0,4)}{0,04 + 0,1308} = 23,41 \text{ A} > 131,25 \text{ A}$$

Al no cumplirse la ecuación anterior, se aumentará el factor de precisión a 20.
Obteniendo:

$$I_{1p} = \frac{A \cdot I_{sn} \cdot (Z_I + Z_{sn})}{Z_I + Z_r} = \frac{20 \cdot 5 \cdot (0,04 + 0,4)}{0,04 + 0,1308} = 257,61 \text{ A} > 131,25 \text{ A}$$

Se adopta un núcleo de 10 VA de potencia y 5P20 de clase de precisión.

Potencia necesaria del 3 secundario:

Potencia consumida:

En primer lugar calcularemos la impedancia del conductor:

$$R = r \cdot \frac{L}{S}$$

Donde:

- R Impedancia del conductor, en Ω
 r Resistividad del cobre = $1/57 \text{ m} / \Omega \cdot \text{mm}^2$
L Longitud del conductor = 70 m
S Sección del conductor = 10 mm^2

Obtenemos una impedancia de conductor de:

$$R = r \cdot \frac{L}{S} = \frac{1}{57} \cdot \frac{70}{10} = 0,1228 \Omega$$

Obteniendo una potencia consumida de:

$$P = 0,1228 \cdot 5^2 = 3,07 \text{ VA}$$

La potencia necesaria de un transformador de intensidad resulta de sumar los consumos de potencia de los aparatos de medida y de las pérdidas de la línea.

$$\text{Pot necesaria:} \quad 3,07 \text{ VA} + 0,35 \text{ VA} = 3,42 \text{ VA}$$

Se adopta un núcleo de 5 VA de potencia de precisión.

Factor de sobrecarga

$$R_t = I_{1n} / I_{2n} = 200/5 = 40$$

Intensidad máxima en el secundario, en caso de cortocircuito:

$$I \text{ máx primaria} = 5250 \text{ A}$$

$$I \text{ máx secundaria} = 5250/40 = 131,25 \text{ A}$$

$$F_s = I_s / I_p$$

Donde:

Fs Factor de sobrecarga
Is Intensidad en el secundario del transformador, en A
Ip Intensidad en el primario del transformador, en A

Obteniendo un factor de sobrecarga de:

$$F_s = I_s/I_p = 131,25/5 = 26,25 > 20$$

Intensidad límite de precisión

Aplicamos la siguiente expresión:

$$I_{1p} = \frac{A \cdot I_{sn} \cdot (Z_I + Z_{sn})}{Z_I + Z_r}$$

Donde:

A Factor límite de precisión = 10
Isn Intensidad secundaria, en A
ZI Impedancia nominal interna del T/I (10 % de Zsn)
Zsn Impedancia nominal de precisión

Siendo:

$$Z_{sn} = 10/5^2 = 0,4$$

Zr Impedancia real de carga

Siendo:

$$Z_r = 3,15/5^2 = 0,126$$

Substituyendo en la expresión anterior, se obtiene:

$$I_{1p} = \frac{A \cdot I_{sn} \cdot (Z_I + Z_{sn})}{Z_I + Z_r} = \frac{10 \cdot 5 \cdot (0,04 + 0,4)}{0,04 + 0,126} = 132,53 \text{ A} > 131,25 \text{ A}$$

Se adopta un núcleo de 5 VA de potencia y 5P10 de clase de precisión.

Esfuerzos en el transformador de intensidad

1.- Esfuerzos térmicos:

Los transformadores de se dimensionan, para aproximadamente:

$$I_{ter} = 100 \cdot I_n$$

El valor deberá ser superior a:

$$I_{ter} \geq \sqrt{(t + 0,05) \cdot \frac{50}{f} \cdot I_{cc}}$$

Donde:

I_{ter}	Intensidad límite térmica, en A
t	Tiempo de disparo, en seg
f	Frecuencia, en Hz
I_{cc}	Intensidad admisible de cortocircuito, en A

Substituyendo valores, obtenemos:

$$I_{ter} \geq \sqrt{(t + 0,05) \cdot \frac{50}{f} \cdot I_{cc}} = \sqrt{(1 + 0,05) \cdot \frac{50}{50} \cdot 5250} = 74,24$$

La intensidad límite térmica del transformador es según la expresión anterior:

$$I_{ter} = 100 \cdot 200 = 20000 \text{ A} \gg 5512,5 \text{ A}$$

El transformador soporta los esfuerzos térmicos

2.- Esfuerzos dinámicos:

La intensidad dinámica que puede soportar el transformador de intensidad es:

$$I_{din} = 2,5 \cdot I_{ter}$$

El valor deberá ser superior a:

$$I_{din} > 2,5 I_{ch}$$

Donde:

I_{din} Intensidad límite dinámica, en A

I_{ch} Intensidad de choque = 13364,31 A

$$I_{din} > 2,5 \cdot 13364,31 = 33410,8 \text{ A}$$

La intensidad límite dinámica del transformador será, según la ecuación anterior:

$$I_{din} = 2,5 \cdot 20000 = 50000 \gg 33410,8 \text{ A}$$

El transformador soportará los esfuerzos dinámicos.

3.1.8.1.3 Líneas de alimentación a barras

Características de las líneas:

Se obtiene los siguientes valores de la línea:

Máxima intensidad nominal	1380 A
Máxima corriente de cortocircuito	9230 A
Relación de transformación	1500/5 A
Número de núcleos necesarios	3

Transformador de intensidad 1500/5 A

- 1^{er} Núcleo: núcleo para medida
- 2^o Núcleo: núcleo para protección
- 3^{er} Núcleo: núcleo para protección

Potencia realmente conectada:

1 ^{er} Núcleo:	Para medida	
	Vatímetro	1 VA
	Varímetro	0,31 VA
	Amperímetro	1 VA
Conexión:		Estrella
2 ^o Núcleo:	Protección de sobreintensidad	
	Relé de sobreintensidad	0,2 VA
Conexión:		Estrella
3 ^{er} Núcleo:	Protección de diferencial	
	Relé diferencial trifásico	0,35 VA
Conexión:		Estrella

Para determinar la potencia del transformador de intensidad, será necesario conocer la carga total en VA que debe conectarse a dicho transformador.

Potencia necesaria del 1 secundario:

Potencia consumida:

En primer lugar calcularemos la impedancia del conductor:

$$R = r \cdot \frac{L}{S}$$

Donde:

R Impedancia del conductor, en Ω

r	Resistividad del cobre = $1/57 \text{ m} / \Omega \cdot \text{mm}^2$
L	Longitud del conductor = 40 m
S	Sección del conductor = 6 mm^2

Obtenemos una impedancia de conductor de:

$$R = r \cdot \frac{L}{S} = \frac{1}{57} \cdot \frac{40}{6} = 0,116 \Omega$$

Obteniendo una potencia consumida de:

$$P = 0,116 \cdot 5^2 = 2,923 \text{ VA}$$

La potencia necesaria de un transformador de intensidad resulta de sumar los consumos de potencia de los aparatos de medida y de las pérdidas.

$$\text{Pot necesaria:} \quad 2,923 \text{ VA} + 2,31 = 5,233 \text{ VA}$$

Se adopta un núcleo de 10 VA, y clase de precisión 0,5.

Al ser el núcleo para medición, no calculamos en factor de sobrecarga, a causa de la rápida saturación del núcleo.

Potencia necesaria del 2 secundario:

Potencia consumida:

En primer lugar calcularemos la impedancia del conductor:

$$R = r \cdot \frac{L}{S}$$

Donde:

R	Impedancia del conductor, en Ω
r	Resistividad del cobre = $1/57 \text{ m} / \Omega \cdot \text{mm}^2$
L	Longitud del conductor = 40 m
S	Sección del conductor = $2,5 \text{ mm}^2$

Obtenemos una impedancia de conductor de:

$$R = r \cdot \frac{L}{S} = \frac{1}{57} \cdot \frac{40}{2,5} = 0,280 \Omega$$

Obteniendo una potencia consumida de:

$$P = 0,280 \cdot 5^2 = 7,017 \text{ VA}$$

La potencia necesaria de un transformador de intensidad resulta de sumar los consumos de potencia de los aparatos de medida y de las pérdidas de la línea.

$$\text{Pot necesaria:} \quad 7,0171 \text{ VA} + 0,2 \text{ VA} = 7,271 \text{ VA}$$

Se adopta un núcleo de 10 VA de potencia de precisión.

Factor de sobrecarga

$$Rt = I_{1n}/I_{2n} = 1500/5 = 300$$

Intensidad máxima en el secundario, en caso de cortocircuito:

$$I \text{ máx primaria} = 9230 \text{ A}$$

$$I \text{ máx secundaria} = 9230/300 = 30,76 \text{ A}$$

$$Fs = Is/Ip$$

Donde:

Fs Factor de sobrecarga

Is Intensidad en el secundario del transformador, en A

Ip Intensidad en el primario del transformador, en A

Obteniendo un factor de sobrecarga de:

$$Fs = Is/Ip = 30,76/5 = 6,152 > 10$$

Por lo que se adopta un núcleo de 30 VA, 5P10

Intensidad límite de precisión

Aplicamos la siguiente expresión:

$$I_{1p} = \frac{A \cdot I_{sn} \cdot (ZI + Z_{sn})}{ZI + Zr}$$

Donde:

- A Factor límite de precisión = 10
- Isn Intensidad secundaria, en A
- ZI Impedancia nominal interna del T/I (10 % de Zsn)
- Zsn Impedancia nominal de precisión

Siendo:

$$Z_{sn} = 30/5^2 = 1,2$$

- Zr Impedancia real de carga

Siendo:

$$Zr = 7,271/5^2 = 0,2910$$

Substituyendo en la expresión anterior, se obtiene:

$$I_{1p} = \frac{A \cdot I_{sn} \cdot (ZI + Z_{sn})}{ZI + Zr} = \frac{10 \cdot 5 \cdot (0,12 + 1,2)}{0,12 + 0,2910} = 164,58 \text{ A} > 32,8 \text{ A}$$

Potencia necesaria del 3 secundario:

Potencia consumida:

En primer lugar calcularemos la impedancia del conductor:

$$R = r \cdot \frac{L}{S}$$

Donde:

- R Impedancia del conductor, en Ω
- r Resistividad del cobre = $1/57 \text{ m} / \Omega \cdot \text{mm}^2$

- L Longitud del conductor = 40 m
S Sección del conductor = 6 mm²

Obtenemos una impedancia de conductor de:

$$R = r \cdot \frac{L}{S} = \frac{1}{57} \cdot \frac{40}{2,5} = 0,2807 \Omega$$

Obteniendo una potencia consumida de:

$$P = 0,2807 \cdot 5^2 = 7,0175 \text{ VA}$$

Potencia consumida en el transformador auxiliar:

$$P = 0,02 \cdot 5^2 = 0,5 \text{ VA}$$

La potencia necesaria de un transformador de intensidad resulta de sumar los consumos de potencia de los aparatos de medida y de las pérdidas de la línea.

$$Pot\ necesaria: 7,0175 \text{ VA} + 0,5 \text{ VA} + 0,35 \text{ VA} = 7,8675 \text{ VA}$$

Se adopta un núcleo de 10 VA de potencia de precisión.

Factor de sobrecarga

$$Rt = I_{1n}/I_{2n} = 1500/5 = 300$$

Intensidad máxima en el secundario, en caso de cortocircuito:

$$I \text{ máx primaria} = 9230 \text{ A}$$

$$I \text{ máx secundaria} = 9230/300 = 30,76 \text{ A}$$

$$Fs = Is/Ip$$

Donde:

Fs Factor de sobrecarga

Is Intensidad en el secundario del transformador, en A

I_p Intensidad en el primario del transformador, en A

Obteniendo un factor de sobrecarga de:

$$F_s = I_s/I_p = 30,76/5 = 6,152 > 10$$

Se adopta un núcleo de 10 VA de potencia y clase de precisión 5P10

Esfuerzos en el transformador de intensidad

1.- Esfuerzos térmicos:

Los transformadores de se dimensionan, para aproximadamente:

$$I_{ter} = 100 \cdot I_n$$

El valor deberá ser superior a:

$$I_{ter} \geq \sqrt{(t + 0,05) \cdot \frac{50}{f}} \cdot I_{cc}$$

Donde:

I_{ter} Intensidad límite térmica, en A
t Tiempo de disparo, en seg
f Frecuencia, en Hz
 I_{cc} Intensidad admisible de cortocircuito, en A

Substituyendo valores, obtenemos:

$$I_{ter} \geq \sqrt{(t + 0,05) \cdot \frac{50}{f}} \cdot I_{cc} = \sqrt{(1 + 0,05) \cdot \frac{50}{50}} \cdot 9230 = 9457,93$$

La intensidad límite térmica del transformador:

$$I_{ter} = 100 \cdot 1500 = 150000 \text{ A} \gg 9457,93 \text{ A}$$

El transformador soporta los esfuerzos térmicos

2.- Esfuerzos dinámicos:

La intensidad dinámica que puede soportar el transformador de intensidad es:

$$I_{din} = 2,5 \cdot I_{ter}$$

El valor deberá ser superior a:

$$I_{din} > 2,5 I_{ch}$$

Donde:

I_{din} Intensidad límite dinámica, en A
 I_{ch} Intensidad de choque = 23495,74 A

$$I_{din} > 2,5 \cdot 23495,74 = 58739,36 \text{ A}$$

La intensidad límite dinámica del transformador será, según la ecuación anterior:

$$I_{din} = 2,5 \cdot 150000 = 375000 \gg 58739,36 \text{ A}$$

El transformador soportará los esfuerzos dinámicos.

3.1.8.1.4 Salida de líneas

Características de las líneas:

Se obtiene los siguientes valores de la línea:

Máxima intensidad nominal	230 A
Máxima corriente de cortocircuito	13580 A
Relación de transformación	400/5 A

Número de núcleos necesarios	2
Potencia realmente conectada:	
1 ^{er} Núcleo:	Para medida
	Contador de Activa 1 VA
	Contador de Reactiva 0,31 VA
	Amperímetro 1 VA
Conexión:	Estrella
2 ^o Núcleo:	Protección de sobreintensidad
	Relé de sobreintensidad 0,2 VA
Conexión:	Estrella

- Intensidad nominal secundario 5 A
- Relación de transformación 80

Para determinar la potencia del transformador de intensidad, será necesario conocer la carga total en VA que debe conectarse a dicho transformador.

Potencia necesaria del 1 secundario:

Potencia consumida:

En primer lugar calcularemos la impedancia del conductor:

$$R = r \cdot \frac{L}{S}$$

Donde:

R Impedancia del conductor, en Ω
r Resistividad del cobre = $1/57 \text{ m} / \Omega \cdot \text{mm}^2$

- L Longitud del conductor = 10 m
S Sección del conductor = 6 mm²

Obtenemos una impedancia de conductor de:

$$R = r \cdot \frac{L}{S} = \frac{1}{57} \cdot \frac{10}{6} = 0,029 \Omega$$

Obteniendo una potencia consumida de:

$$P = 0,029 \cdot 5^2 = 0,73 \text{ VA}$$

La potencia necesaria de un transformador de intensidad resulta de sumar los consumos de potencia de los aparatos de medida y de las pérdidas.

$$\text{Pot necesaria:} \quad 0,73 \text{ VA} + 2,31 = 3,04 \text{ VA}$$

Se adopta un núcleo de 5 VA de potencia y clase de precisión 0,5.

Al ser el 1^{er} núcleo para medición, no calculamos en factor de sobrecarga, a causa de la rápida saturación del núcleo.

Potencia necesaria del 2 secundario:

Potencia consumida:

En primer lugar calcularemos la impedancia del conductor:

$$R = r \cdot \frac{L}{S}$$

Donde:

- R Impedancia del conductor, en Ω
r Resistividad del cobre = 1/57 m/ Ω . mm²
L Longitud del conductor en m = 10 m
S Sección del conductor = 2,5 mm²

Obtenemos una impedancia de conductor de:

$$R = r \cdot \frac{L}{S} = \frac{1}{57} \cdot \frac{10}{2,5} = 0,0701 \Omega$$

Obteniendo una potencia consumida de:

$$P = 0,0701 \cdot 5^2 = 1,75 \text{ VA}$$

La potencia necesaria de un transformador de intensidad resulta de sumar los consumos de potencia de los aparatos de medida y de las pérdidas de la línea.

$$\text{Pot necesaria:} \quad 1,75 \text{ VA} + 0,2 \text{ VA} = 1,95 \text{ VA}$$

Se adopta un núcleo de 5 VA de potencia de precisión.

Factor de sobrecarga

$$R_t = I_{1n} / I_{2n} = 400/5 = 80$$

Intensidad máxima en el secundario, en caso de cortocircuito:

$$I \text{ máx primaria} = 13580 \text{ A}$$

$$I \text{ máx secundaria} = 13580/80 = 169,75 \text{ A}$$

$$F_s = I_s/I_p$$

Donde:

F_s Factor de sobrecarga
 I_s Intensidad en el secundario del transformador, en A
 I_p Intensidad en el primario del transformador, en A

Obteniendo un factor de sobrecarga de:

$$F_s = I_s/I_p = 169,75/5 = 33,95 > 20$$

Intensidad límite de precisión

Aplicamos la siguiente expresión:

$$I_{1p} = \frac{A \cdot I_{sn} \cdot (ZI + Z_{sn})}{ZI + Zr}$$

Donde:

- A Factor límite de precisión
- Isn Intensidad secundaria, en A
- ZI Impedancia nominal interna del T/I (10 % de Zsn)
- Zsn Impedancia nominal de precisión

Siendo:

$$Z_{sn} = 5/5^2 = 0,2$$

- Zr Impedancia real de carga

Siendo:

$$Zr = 1,95/5^2 = 0,078$$

Substituyendo en la expresión anterior, se obtiene:

$$I_{1p} = \frac{A \cdot I_{sn} \cdot (ZI + Z_{sn})}{ZI + Zr} = \frac{20 \cdot 5 \cdot (0,02 + 0,2)}{0,02 + 0,078} = 224,48 \text{ A} > 169,75 \text{ A}$$

Se adopta un núcleo de 5 VA de potencia y clase de precisión 5P20

Esfuerzos en el transformador de intensidad

1.- Esfuerzos térmicos:

Los transformadores de se dimensionan, para aproximadamente:

$$I_{ter} = 100 \cdot I_n$$

El valor deberá ser superior a:

$$I_{ter} \geq \sqrt{(t + 0,05) \cdot \frac{50}{f} \cdot I_{cc}}$$

Donde:

I_{ter}	Intensidad límite térmica, en A
t	Tiempo de disparo, en seg
f	Frecuencia, en Hz
I_{cc}	Intensidad admisible de cortocircuito, en A

Substituyendo valores, obtenemos:

$$I_{ter} \geq \sqrt{(t + 0,05) \cdot \frac{50}{f} \cdot I_{cc}} = \sqrt{(1 + 0,05) \cdot \frac{50}{50} \cdot 13580} = 13915,35 \text{ A}$$

La intensidad límite térmica del transformador es según la expresión anterior:

$$I_{ter} = 100 \cdot 400 = 40000 \text{ A} \gg 13915,35$$

El transformador soporta los esfuerzos térmicos

2.- Esfuerzos dinámicos:

La intensidad dinámica que puede soportar el transformador de intensidad es:

$$I_{din} = 2,5 \cdot I_{ter}$$

El valor deberá ser superior a:

$$I_{din} > 2,5 I_{ch}$$

Donde:

I_{din}	Intensidad límite dinámica, en A
I_{ch}	Intensidad de choque en A, = 34569,03

$$I_{din} > 2,5 \cdot 34569,03 = 86422,59 \text{ A}$$

La intensidad límite dinámica del transformador será, según la expresión anterior:

$$I_{din} = 2,5 \cdot 40000 = 100000 \gg 86422,59 \text{ A}$$

El transformador soportará los esfuerzos dinámicos.

3.1.8.1.5 Transformadores en el neutro del zig-zag

3.1.8.1.5.1 Transformador de 1500/5 A

Características de las líneas:

Se obtiene los siguientes valores de la línea:

Máxima intensidad nominal	600 A
Relación de transformación	1500/5 A
Número de núcleos necesarios	1

Potencia realmente conectada:

1^{er} Núcleo: Para protección diferencial de neutro

Relé voltimétrico 0,6 Ω

- Intensidad nominal secundario 5 A
- Relación de transformación 300

Para determinar la potencia del transformador de intensidad, será necesario conocer la carga total en VA que debe conectarse a dicho transformador.

Potencia necesaria del 1 secundario:

Potencia consumida:

En primer lugar calcularemos la impedancia del conductor:

$$R = r \cdot \frac{L}{S}$$

Donde:

R	Impedancia del conductor, en Ω
r	Resistividad del cobre = $1/57 \text{ m} / \Omega \cdot \text{mm}^2$
L	Longitud del conductor = 75 m
S	Sección del conductor = $2,5 \text{ mm}^2$

Obtenemos una impedancia de conductor de:

$$R = r \cdot \frac{L}{S} = \frac{1}{57} \cdot \frac{75}{2,5} = 0,526 \Omega$$

Obteniendo una potencia consumida de:

$$P = (0,526 + 0,6) \cdot 5^2 = 28,15 \text{ VA}$$

La potencia necesaria de un transformador de intensidad resulta de sumar los consumos de potencia de los aparatos conectados:

Pot necesaria: 28,15 VA

Se adopta un núcleo de 30 VA de potencia y clase de precisión 0,5.

No es necesario comprobar nada más, pues no está afectado por las corrientes de cortocircuito de las fases, ni por los esfuerzos electrodinámicos, ni por los esfuerzos térmicos.

3.1.8.1.5.2 Transformador de 400/5 A

Se ha escogido un transformador toroidal con el fin de evitar tensiones de contacto peligrosas.

Características de las líneas:

Se obtiene los siguientes valores de la línea:

Máxima intensidad nominal	600 A
Relación de transformación	400/5 A
Número de núcleos necesarios	1

Potencia realmente conectada:

1^{er} Núcleo: Detección de Intensidad en el zig-zag

Relé sobreintensidad monofásico 0,06 Ω

- Intensidad nominal secundario 5 A
- Relación de transformación 80

Para determinar la potencia del transformador de intensidad, será necesario conocer la carga total en VA que debe conectarse a dicho transformador.

Potencia necesaria del 1 secundario:

Potencia consumida:

En primer lugar calcularemos la impedancia del conductor:

$$R = r \cdot \frac{L}{S}$$

Donde:

R Impedancia del conductor, en Ω
r Resistividad del cobre = 1/57 m / Ω . mm²

- L Longitud del conductor = 75 m
S Sección del conductor = 2,5 mm²

Obtenemos una impedancia de conductor de:

$$R = r \cdot \frac{L}{S} = \frac{1}{57} \cdot \frac{75}{2,5} = 0,526 \Omega$$

Obteniendo una potencia consumida de:

$$P = (0,526 + 0,06) \cdot 5^2 = 27,80 \text{ VA}$$

La potencia necesaria de un transformador de intensidad resulta de sumar los consumos de potencia de los aparatos conectados:

Pot necesaria: 27,80 VA

Se adopta un núcleo de 30 VA de potencia y clase de precisión 0,5.

No es necesario comprobar nada más, pues no está afectado por las corrientes de cortocircuito de las fases, ni por los esfuerzos electrodinámicos, ni por los esfuerzos térmicos.

3.1.8.1.6 Transformador para la cuba del transformador

Se ha escogido un transformador toroidal con el fin de evitar tensiones de contacto peligrosas.

Características de las líneas:

Se obtiene los siguientes valores de la línea:

Máxima intensidad en triángulo	600 A
Relación de transformación	400/5 A
Número de núcleos necesarios	1

Potencia realmente conectada:

1^{er} Núcleo: Detección de Intensidad en la cuba

Relé sobreintensidad monofásico 0,06 Ω

- Intensidad nominal secundario 5 A
- Relación de transformación 80

Para determinar la potencia del transformador de intensidad, será necesario conocer la carga total en VA que debe conectarse a dicho transformador.

Potencia necesaria del 1 secundario:

Potencia consumida:

En primer lugar calcularemos la impedancia del conductor:

$$R = r \cdot \frac{L}{S}$$

Donde:

R	Impedancia del conductor, en Ω
r	Resistividad del cobre = 1/57 m / Ω . mm ²
L	Longitud del conductor = 75 m
S	Sección del conductor = 2,5 mm ²

Obtenemos una impedancia de conductor de:

$$R = r \cdot \frac{L}{S} = \frac{1}{57} \cdot \frac{75}{2,5} = 0,526 \Omega$$

Obteniendo una potencia consumida de:

$$P = (0,526 + 0,06) \cdot 5^2 = 27,80 \text{ VA}$$

La potencia necesaria de un transformador de intensidad resulta de sumar los consumos de potencia de los aparatos conectados:

Pot necesaria: 27,80 VA

Se adopta un núcleo de 30 VA de potencia y clase de precisión 0,5.

No es necesario comprobar nada más, pues no está afectado por las corrientes de cortocircuito de las fases, ni por los esfuerzos electrodinámicos, ni por los esfuerzos térmicos.

3.1.8.2 TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

3.1.8.2.1 Líneas de llegada

Por cada línea de llegada se tiene:

Conexión del secundario	estrella
Relación de transformación	$220/\sqrt{3}$ 0,11/ $\sqrt{3}$ kV
Número de núcleos necesarios	1

Transformador de tensión $220/\sqrt{3}$ 0,11/ $\sqrt{3}$ kV

Potencia realmente conectada:

1^{er} Núcleo:

1 Voltímetro	5 VA
1 Frecuencímetro	1 VA
Contador de Activa	4,9 VA
Contador de Reactiva	3,9 VA

TOTAL	14,8 VA
-------	---------

Conexión: Estrella

Potencia de precisión: 20 VA

Clase de precisión: 0,2

Sección del conductor:

La sección del conductor nos viene dada por la siguiente expresión:

$$S = r \cdot \frac{L}{V} \cdot I$$

Donde:

- r Resistividad del cobre = $1/57 \text{ m} / \Omega \cdot \text{mm}^2$
 L Longitud del conductor = 85 m
 V Caída de tensión admisible = 0,5 V
 I Intensidad, en A = $14,8 \text{ VA} / (110 \cdot \sqrt{3}) = 0,077 \text{ A}$
 S Sección del conductor, en mm^2

Obtenemos una sección de:

$$S = r \cdot \frac{L}{V} \cdot I = 1/57 \cdot (85/0,5) \cdot 0,077 = 0,229 \text{ mm}^2$$

Se elige una sección nominal inmediatamente superior de $1,5 \text{ mm}^2$

3.1.8.2.2 Líneas de alimentación a barras

Por cada línea de llegada se tiene:

Conexión del primario	Estrella
Relación de transformación	$25/\sqrt{3}$ 0,11/ $\sqrt{3}$ kV
Número de núcleos necesarios	2

Transformador de tensión $25/\sqrt{3}$ 0,11/ $\sqrt{3}$ kV

Potencia realmente conectada:

1^{er} Núcleo:

Voltímetro	5 VA
Varímetro	7 VA
Vatímetro	7 VA
<hr/>	
TOTAL	19 VA

Conexión:	Estrella
Potencia de precisión:	20 VA
Clase de precisión:	0,2

Sección del conductor:

La sección del conductor nos viene dada por la siguiente expresión:

$$S = r \cdot \frac{L}{V} \cdot I$$

Donde:

r	Resistividad del cobre = 1/57 m/Ω .mm ²
L	Longitud del conductor = 45 m
V	Caída de tensión admisible = 0,1 V
I	Intensidad = 19 VA / (110 . √3) = 0,097 A
S	Sección del conductor, en mm ²

Obtenemos una sección de:

$$S = r \cdot \frac{L}{V} \cdot I = 1/57 \cdot (45/0,1) \cdot 0,097 = 0,76 \text{ mm}^2$$

Se elige una sección nominal inmediatamente superior de 1,5 mm²

2^{er} Núcleo:

Relé de máxima tensión	6 VA
Relé de mínima tensión	6 VA
Relé direccional	0,8 VA
<hr/>	
TOTAL	12,8 VA

Conexión:	Estrella
Potencia de precisión:	20 VA
Clase de precisión:	0,2

Sección del conductor:

La sección del conductor nos viene dada por la siguiente expresión:

$$S = r \cdot \frac{L}{V} \cdot I$$

Donde:

r	Resistividad del cobre = 1/57 m/Ω . mm ²
L	Longitud del conductor = 45 m
V	Caída de tensión admisible = 0,1 V
I	Intensidad = 12,8 VA / (110 . √3) = 0,067 A
S	Sección del conductor, en mm ²

Obtenemos una sección de:

$$S = r \cdot \frac{L}{V} \cdot I = 1/57 \cdot (45/0,1) \cdot 0,067 = 0,49 \text{ mm}^2$$

Se elige una sección nominal inmediatamente superior de 1,5 mm²

3.1.8.2.3 Embarrado de 25 kV

Por cada línea de llegada se tiene:

Conexión del primario	Estrella
Relación de transformación	$25/\sqrt{3} \quad 0,11/\sqrt{3} \text{ kV}$
Número de núcleos necesarios	2

Transformador de tensión $25/\sqrt{3} \quad 0,11/\sqrt{3} \text{ kV}$

Potencia realmente conectada:

1^{er} Núcleo:

1 Voltímetro	5 VA
1 Frecuencímetro	1 VA
Contador de Activa	4,9 VA
Contador de Reactiva	3,9 VA
<hr/>	
TOTAL	14,8 VA

Conexión:	Estrella
Potencia de precisión:	20 VA
Clase de precisión:	0,2

Sección del conductor:

La sección del conductor nos viene dada por la siguiente expresión:

$$S = r \cdot \frac{L}{V} \cdot I$$

Donde:

r Resistividad del cobre = $1/57 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$

L	Longitud del conductor = 45 m
V	Caída de tensión admisible = 0,1 V
I	Intensidad, en A = $14,8 \text{ VA} / (110 \cdot \sqrt{3}) = 0,077 \text{ A}$
S	Sección del conductor, en mm^2

Obtenemos una sección de:

$$S = r \cdot \frac{L}{V} \cdot I = 1/57 \cdot (45/0,1) \cdot 0,077 = 0,607 \text{ mm}^2$$

Se elige una sección nominal inmediatamente superior de $1,5 \text{ mm}^2$

2º Núcleo:

Relé de sincronismo	8 VA
<hr/>	
TOTAL	8 VA
Conexión:	Estrella
Potencia de precisión:	10 VA
Clase de precisión:	0,2

Sección del conductor:

La sección del conductor nos viene dada por la siguiente expresión:

$$S = r \cdot \frac{L}{V} \cdot I$$

Donde:

r	Resistividad del cobre = $1/57 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$
L	Longitud del conductor = 45 m
V	Caída de tensión admisible = 0,1 V
I	Intensidad, en A = $8 \text{ VA} / (110 \cdot \sqrt{3}) = 0,0419 \text{ A}$
S	Sección del conductor, en mm^2

Obtenemos una sección de:

$$S = r \cdot \frac{L}{V} \cdot I = 1/57 \cdot (45/0,1) \cdot 0,0419 = 0,330 \text{ mm}^2$$

Se elige una sección nominal inmediatamente superior de 1,5 mm²

3.1.9 CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA

3.1.9.1 JUSTIFICACIÓN REGLAMENTARIA

Los cálculos justificativos están basados en el documento de las disposiciones de la instrucción técnica complementaria MIE-RAT 13, del Reglamento sobre CONDICIONES TÉCNICAS Y GARANTÍAS DE SEGURIDAD EN CENTRALES ELÉCTRICAS, SUBESTACIONES Y CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.

3.1.9.2 INFORMACIÓN FACILITADA Y DATOS DE PARTIDA

Los datos facilitados son los siguientes:

- Planta general del Parque	220/25 kV
- Medición de las resistividades del terreno	100 Ω .m
- Superficie cubierta por la malla	8223 m ²

Los datos de partida son los siguientes:

- Profundidad de picas enterrada	0,8 m
- Longitud del conductor enterrado y picas	4900 m
- Espacio entre ejes de conductores paralelos	0,8 m
- Profundidad de la malla enterrada	0,8 m
- Diámetro del conductor de la malla	0,0299 m

3.1.9.3 CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

De acuerdo a los estudios geotécnicos realizados del terreno, se obtiene una resistividad mediana de 100 Ω .m.

Todo el recinto de la Subestación estará cubierto por una capa de grava o piedra picada de 10 cm. de grosor, por lo cual, se podrá considerar para los cálculos una resistividad superficial de 3000 Ω .m.

3.1.9.4 DETERMINACIÓN DE LAS CORRIENTES MÁXIMAS DE PUESTA A TIERRA

La máxima corriente de cortocircuito se producirá con las 2 líneas y los 2 transformadores de potencia en paralelo, conectados simultáneamente:

Donde:

$$I_{cc} = 13,58 \text{ kA} = 13580 \text{ A}$$

De acuerdo con el MIE-RAT 13 del Reglamento de A.T., el valor de la intensidad de puesta a tierra a disipar por la malla, será el correspondiente a aplicar un factor de reducción de (0,7) para instalaciones de 110 kV o más kV, con el neutro rígido a tierra.

Por lo tanto:

$$I_d = 0,7 \cdot 13580 = 9506 \text{ A}$$

Por lo que se obtiene una corriente máxima de defecto de:

$$I_d = 9506 \text{ A}$$

3.1.9.5 TIEMPO DE AISLAMIENTO DE LA FALTA

Consideraremos que las faltas de tierra serán aisladas en 0,5 seg. por los relés de protección, como a tiempo máximo. Tal y como expresamos a continuación.

De acuerdo con el tiempo de protección i aislado por el interruptor tipo HGF 114/1A, 245 Kv de SPRECHER con ciclo de reenganchamiento 0-0,3, seg - Co - 3 min, Co - 15 seg. CO.

- *Tiempo de detección.*

50 ms.

- <i>Tiempo de abertura</i>	50 ms.
- <i>Tiempo de maniobra.</i>	28 ms.
- <i>Tiempo de reenganchamiento</i>	30 ms.
- <i>Tiempo de cierre</i>	150 ms.
- <i>Nuevo tiempo de detección</i>	50 ms.
- <i>Nuevo tiempo de abertura</i>	50 ms.
- <i>Nuevo tiempo de maniobra</i>	<u>28 ms.</u>
Total.....	436 ms.

Escogemos el tiempo de aislamiento de 0,5 seg.

3.1.9.6 SECCIÓN DEL CONDUCTOR

Utilizaremos para el cálculo de la sección del conductor, la instrucción complementaria MIE-RAT 13.

A efectos de dimensionado de las secciones, el tiempo mínimo a considerar para duración del defecto a la frecuencia de la red será de un segundo, y no podrán superarse las siguientes densidades de corriente:

Para el cobre (en nuestro caso) = 160 A/mm^2
Para el acero = 60 A/mm^2

Sin embargo en ningún caso se admitirán secciones inferiores a 25 mm^2 en el caso del cobre.

Los anteriores valores corresponden a una temperatura final de 200° C . Puede admitirse un aumento de esta temperatura hasta 300° C si no supone riesgo de incendio.

La sección mínima de un conductor de cobre para una intensidad de puesta a tierra de 9506 A, será de:

$$S = \frac{I_d}{160}$$

Donde:

S Sección del conductor de tierra, en mm²
Id Intensidad máxima de defecto, en A

Para el cobre = 160 A/mm²

Encontramos una sección mínima de:

$$S = \frac{I_d}{160} = \frac{9506}{160} = 59,41 \text{ mm}^2$$

Teniendo en cuenta que en cada punto de puesta a tierra se ofrecen dos caminos de circulación de la corriente, se adopta el conductor de Cu de 95 mm² de sección.

Se señala que la conexión de todos los soportes metálicos a la malla de tierras se realizará con 2 cables de Cu de 95 mm².

La densidad de corriente que circulará por los conductores de tierra del centro, en caso de fallo será:

$$d = \frac{9506}{95} = 100,06 \text{ A/mm}^2$$

Densidad inferior a la máxima permitida por el Reglamento.

Por tanto, se adopta un conductor de cobre con las siguientes características:

- <i>Material</i>	Cobre
- <i>Sección</i>	95 mm ²
- <i>Peso</i>	1800 kg/km
- <i>Diámetro ext.</i>	29,9 mm

3.1.9.7 CÁLCULO DE LA MALLA GENERAL DE TIERRA

Resistencia de la malla general de tierras

De acuerdo con el documento IEE Standard 80-1986 y por tratarse de una malla con picas periféricas, enterrada en terreno considerado uniforme a una profundidad de 0,8 m, se aplica la expresión:

$$R_g = r \left[\frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20 \times A}} \left(1 + \frac{1}{1 + h \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right]$$

Donde:

- r** Resistividad del terreno = 100 $\Omega \cdot m$
L Longitud del conductor enterrado y picas = 4900 m
A Superficie cubierta por la malla = 8223 m²

Se obtiene un valor de:

$$R = 0,5395 \Omega$$

3.1.9.8 VALORES ADMISIBLES DE LAS TENSIONES DE PASO Y CONTACTO

De acuerdo con la instrucción complementaria MIE-RAT-13 se pueden calcular las tensiones de paso y de contacto admisibles, que no podrán ser sobrepasadas en ningún caso, según las fórmulas siguientes:

Tensión de paso admisible:

$$E_p = \frac{10K}{t^n} \left(1 + \frac{6r_s}{1000} \right)$$

Donde:

- E_p** Potencial de paso, en V
K = 72 y n = 1 para tiempos inferiores a 0,9 seg.
T Duración de la falta, en seg
r_s Resistividad de la capa de grava superficial en $\Omega \cdot m$

Tensión de Contacto admisible:

$$E_c = \frac{K}{t^n} \left(1 + \frac{1,5 \cdot r_s}{1000}\right)$$

Donde:

- E Potencial de contacto, en V
K = 72 y n = 1 para tiempos inferiores a 0,9 seg.
t Duración de la falta, en seg
 r_s Resistividad de la capa de grava superficial en $\Omega \cdot m$

En el interior de la instalación:

$$E_p = \frac{10K}{t^n} \left(1 + \frac{6r_s}{1000}\right) = \frac{10 \cdot 72}{0,5^1} \left(1 + \frac{6 \cdot 3000}{1000}\right) = 27360 \text{ V}$$

$$E_c = \frac{K}{t^n} \left(1 + \frac{1,5 \cdot r_s}{1000}\right) = \frac{72}{0,5^1} \left(1 + \frac{1,5 \cdot 3000}{1000}\right) = 792 \text{ V}$$

En el exterior de la instalación:

$$E_p = \frac{10K}{t^n} \left(1 + \frac{6r_s}{1000}\right) = \frac{10 \cdot 72}{0,5^1} \left(1 + \frac{6 \cdot 100}{1000}\right) = 2304 \text{ V}$$

3.1.9.9 TENSIÓN DE PASO I CONTACTO REALES

El caso más desfavorable de potencial de contacto se daría en el centro de una cuadrícula el que se define como potencial de malla, por tanto, calcularemos este valor como el potencial de contacto más desfavorable.

Las tensiones resultantes en la malla, de acuerdo con la longitud de los conductores soterrados, serán los siguientes:

Tensión de contacto real

$$V_p = K_s \cdot K_i \cdot r \cdot \frac{I_{cc}}{L}$$

Donde:

V_p	Tensión de paso real, en V
I_{cc}	Corriente de malla, en A
r	Resistividad del terreno, en $\Omega \cdot m$
L	Longitud total del conductor enterrado, en m
K_i	Factor de corrección de corriente de paso a tierra
n	Números de conductores paralelos en una dirección
K_s	Coefficiente de paso

Siendo:

$$K_s = \frac{1}{p} \left[\frac{1}{n} + \frac{1}{2 \cdot h} + \frac{1}{D + d} \cdot (1 - 0,5^{n-2}) \right] = 0,2909$$

Donde:

n	El número de conductores paralelos $n = \sqrt{28,22} = 25$
D	Espacio entre ejes de conductores paralelos = 4 m
h	Profundidad de la malla enterrada = 0,8 m
d	Diámetro del conductor de la malla = 0,0299 m

$$K_i = 0,656 + 0,172 n = 0,656 + 0,172 \cdot 17 = 3,58$$

Substituyendo valores obtenemos una tensión real de:

$$V_p = 3,58 \cdot 0,2909 \cdot 100 \cdot \left(\frac{9506}{4900} \right) = 201,90 \text{ V}$$

Tensión de paso real

$$V_c = K_m \cdot K_i \cdot r \cdot \frac{I_{cc}}{L}$$

Donde:

K_m Coeficiente que tiene en cuenta el efecto del número n de secciones de conductor en paralelo, según una dirección determinada.

$$K_m = \frac{1}{2 \cdot p} \left\{ \ln \left[\frac{10^2}{16 \cdot 0,8 \cdot 0,0125} + \frac{(10 + 2 \cdot 0,8)^2}{8 \cdot 10 \cdot 0,0125} - \frac{0,8}{4 \cdot 0,0125} \right] + \frac{1}{\sqrt{1+0,8}} \ln \left[\frac{8}{p(2 \cdot 17 - 1)} \right] \right\}$$

$$= 0,43$$

K_i Factor de corrección de corriente

$$K_i = 0,656 + 0,172 n = 0,656 + 0,172 \cdot 25 = 4,95$$

K_h Factor de corrección

$$K_h = \sqrt{1+h} = 1,34164$$

I_{cc} Intensidad máxima de defecto, en A

L Longitud total del conductor enterrado, en m

r Resistividad del terreno, en $\Omega \cdot m$

Aplicando los diferentes valores obtenidos en la fórmula anterior. Se obtiene:

$$V_c = K_m \cdot K_i \cdot r \cdot \frac{I_{cc}}{L} = 0,43 \cdot 4,95 \cdot 100 \cdot \left(\frac{9506}{4900} \right) = 412,92 \text{ V}$$

3.1.9.10 CONCLUSIONES

Como los potenciales de paso y de contacto que hemos calculado como máximos en red son menores que los cálculos admisibles, la red de tierra se contruirá de acuerdo con los datos de los apartados anteriores.

Por lo tanto las tensiones de Paso y Contacto calculadas:

$$V_p = 412,92 \text{ V} < 27360 \text{ V y } 2304 \text{ V (Valores admisibles)}$$

$$V_c = 201,90 \text{ V} < 792 \text{ V (Valor admisible)}$$

3.1.9.11 TENSION MÁXIMA APLICABLE AL CUERPO HUMANO

La tensión máxima de contacto aplicada, en voltios, que se puede aceptar se determina en función del tiempo de duración del efecto, según la fórmula siguiente, y tal i como se nos especifica en el MIE-RAT 13 1.1:

$$V_{ca} = \frac{K}{t^n}$$

Donde:

V_{ca} Tensión máxima aplicable en el cuerpo humano.

$K = 72$ y $n = 1$ para tiempos inferiores a 0,9 seg.

t Duración de la falta en segundos

Obtenemos una tensión máxima de:

$$V_{ca} = \frac{K}{t^n} = \frac{72}{0,5} = 144 \text{ V}$$

3.1.9.11.1 Tensiones aplicadas

A efectos de cálculos, adoptamos los siguientes valores como base para realizar el estudio de la tensión aplicada.

- La resistencia del cuerpo humano (R_c) es de 1000 Ohmios para todo tipo de contacto.
- La resistencia superficial, entre el suelo y un pie (R_s) será de 3000 Ohmios.

3.1.9.11.1.1 Tensión de paso aplicada

La expresión que define la tensión de paso aplicada es:

$$V_{pa} = V_p \cdot \frac{R_c}{R_c + 2R_s}$$

Donde:

V_{pa}	Tensión de paso aplicada, en V
V_p	Tensión de paso real, en V
R_c	Resistencia del cuerpo humano, = 1000 Ω
R_s	Resistencia superficial, = 3000 Ω

Obteniendo así una tensión de paso aplicada de:

$$V_{pa} = V_p \cdot \frac{R_c}{R_c + 2R_s} = 412,92 \cdot \frac{1000}{1000 + 2 \cdot 3000} = 58,98 \text{ V}$$

Inferior a la tensión máxima calculada en el apartado anterior:

$$V_{pa} = 58,98 \text{ V} < V_{ca} = 144 \text{ V}$$

3.1.9.11.1.2 Tensión de contacto aplicada

$$V_{ca} = V_c \cdot \frac{R_c}{R_c + \frac{R_s}{2}}$$

Donde:

V_{ca}	Tensión de contacto aplicada, en V
V_c	Tensión de contacto real, = 412,92
R_c	Resistencia del cuerpo humano, en Ω
R_s	Resistencia superficial, en Ω

Obteniendo así una tensión de contacto aplicada de:

$$V_{ca} = V_c \cdot \frac{R_c}{R_c + \frac{R_s}{2}} = 201,9 \cdot \frac{1000}{1000 + \frac{3000}{2}} = 80,76 \text{ V}$$

$$V_{pa} = 80,76 \text{ V} < V_{ca} = 144 \text{ V}$$

3.1.6.12 Resumen del cálculo

Conceptos	Valores reales	Condiciones	Valores admisibles
<i>Resistencia de puesta a tierra</i>	0,5395 Ω	–	–
<i>Intensidad de defecto</i>	9506 A	–	–
<i>Tensión de paso en el exterior</i>	412,92 V	<	2304 V
<i>Tensión de contacto en el interior</i>	201,90 V	<	792 V
<i>Tensión de contacto aplicada</i>	80,76 V	<	144 V
<i>Tensión de paso aplicada</i>	58,98 V	<	144V

Tabla 5. Resumen del cálculo de la puesta tierra.

3.1.10 ALUMBRADO

3.1.10.1 ALUMBRADO PARQUE DE INTEMPERIE

Con el fin de facilitar el proceso de cálculo, dividiremos el área a iluminar en 2 zonas distintas, tal como se indica en el dibujo de arriba:

Zona A: Parque de intemperie

Zona B: La zona periférica que delimita toda la instalación.

a) Naturaleza:

La iluminación tiene que cumplir 2 finalidades: alumbrar la zona de servicio (Zona A) y alumbrar la zona de tránsito (Zona B). Por ello se fijan 2 niveles de iluminación media horizontal:

Zona de servicio (Zona A) 35 lux
Zona de tránsito (Zona B) 20 lux

b) Tipo de fuente luminosa:

Lámpara de vapor de Sodio de alta presión, color corregido; han sido elegidas por su alta eficacia luminosa y su larga duración.

El coeficiente de depreciación o rendimiento se fija en 0.80

c) Tipo de luminaria:

Se han considerado como armaduras más adecuadas las del tipo farola con difusor protector, montadas sobre los pórticos de barras para la zona de servicio (Zona A) y sobre columna de aluminio para la zona de tránsito (Zona B):

e) Flujo total:

Zona A

$$Fl = \frac{Ems.S}{fu.fm.h}$$

Donde:

Ems	Nivel medio de iluminación en servicio =25 lux
S	Superficie a iluminar = 3550 m ²
fu	Factor de utilización = 0,5
fm	Factor de mantenimiento =0,8
h	Rendimiento luminoso =0,8

$$Fl = \frac{Ems.S}{fu.fm.h} = \frac{25.3550}{0,5.0,8.0,8} = 277343,75 \text{ lúmens}$$

Empleando lámparas de 250 W de vapor de sodio color corregido, de flujo inicial 34667 lúmenes, el número de lámparas será:

$$N = 277343,75/34667 = 7,8 \approx 8 \text{ lámparas en la zona A.}$$

Se dispondrá de una luminaria por cada lámpara, instalándose dos luminaria en cada uno de los pórticos de barras y tres luminarias en cada uno de los pórticos de transformadores mediante montaje sobre brazo, modelo LUMINARIA JCH-250.

Zona B

$$Fl = \frac{Ems.S}{fu.fmh}$$

Donde:

Ems	Nivel medio de iluminación en servicio =15 lux
S	Superficie a iluminar = 8230 m ²
fu	Factor de utilización = 0,5
fm	Factor de mantenimiento =0,8
h	Rendimiento luminoso =0,8

$$Fl = \frac{Ems.S}{fu.fmh} = \frac{20.8230}{0,5.0,8.0,8} = 514375,34 \text{ lúmens}$$

Empleando lámparas de 250 W de vapor de sodio color corregido, de flujo inicial 34667 lúmenes, el número de lámparas será:

$$N = 514375,34/34667 = 14,8 \text{ luminarias}$$

Se dispondrán un total de 19 luminarias en la periferia del parque, modelo LUMINARIA JCH-400.

3.1.10.3 ALUMBRADO INTERIOR

3.1.10.3.1 Alumbrado sala de mando y control

Calculux Interior

3.1.10.3.2 Alumbrado sala de cabinas

Calculux Interior.

3.1.10.3.3 Alumbrado taller

Calculux Interior.

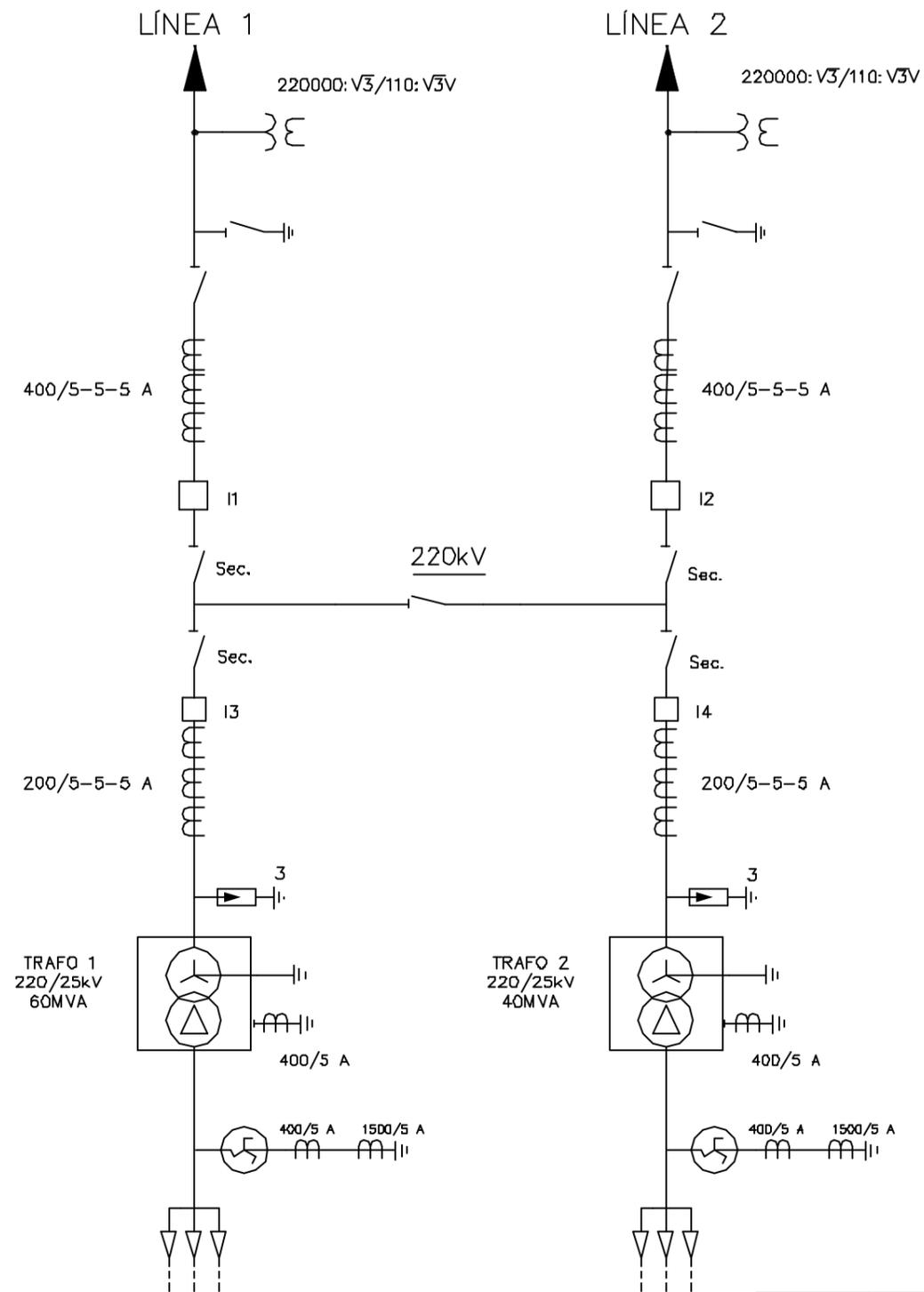
4. PLANOS

MONTBLANC

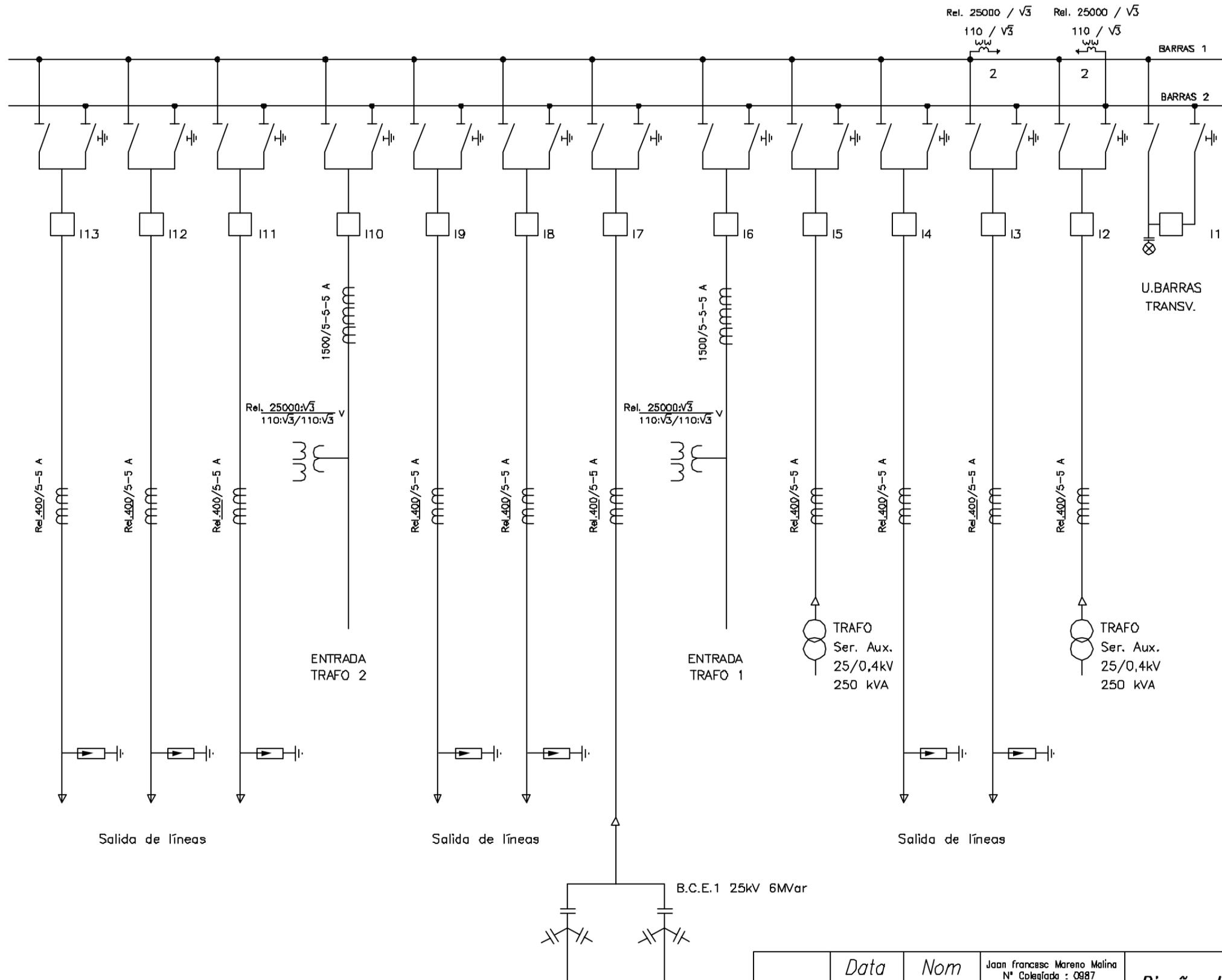
Subestación Transformadora



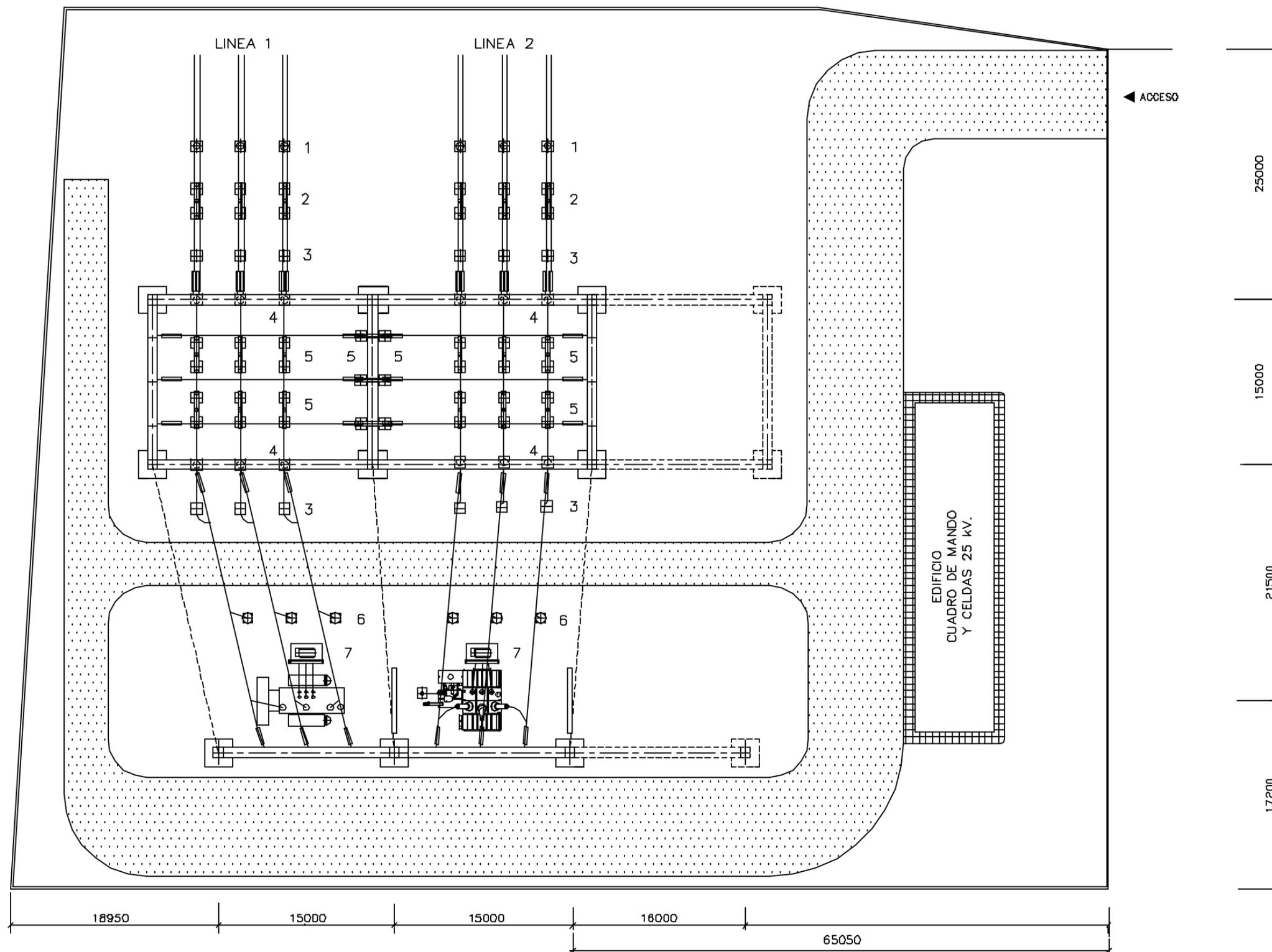
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	Juan francisc Moreno Molina Nº Colegiada : 0987	<i>Diseño de Subestación Transformadora</i>
<i>Dibuixat</i>	07/06/04	J.F. Moreno		
<i>Comprovat</i>	07/06/04	J.J. Tena Tena		
<i>S.normes</i>				
<i>Escala</i>	EMPLAZAMIENTO			PLANO Nº2
1/400				Sustitueix a
				Sustituit per



	Data	Nom	Juan francisc Mareno Malina Nº Colegiada : 0987	Diseño de Subestación Transformadora
Dibuixat	07/06/04	J.F. Mareno		
Comprovat	07/06/04	J.J. Tena Tena		
S.normes				
Escala	ESQUEMA UNIFILAR 220 kV			PLANO Nº 3
S/E				Sustitueix a
				Sustituit per



	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	Juan francisc Mareno Molina Nº Colegiada : 0987	<i>Diseño de Subestación Transformadora</i>
<i>Dibuixat</i>	18/12/03	J.F. Mareno		
<i>Comprovat</i>	18/12/03	J.J. Tena Tena		
<i>S.normes</i>				
<i>Escala</i>	ESQUEMA UNIFILAR 25 kV			PLANO Nº 4
S/E				Sustitueix a
				Sustituit per



REF	DENOMINACION
1	TRANSFORMADOR DE TENSION
2	SECCIONADOR CON PUESTA A TIERRA
3	TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD
4	INTERRUPTOR AUTOMATICO
5	SECCIONADOR
6	AUTOVALVULA
7	COMPENSADOR DE NEUTRO

	Data	Nom	Juan francisc Moreno Molina Nº Colegiada : 0987
Dibuixat	07/06/04	J.F. Moreno	
Comprovat	07/06/04	J.F. Moreno	
S.normes			

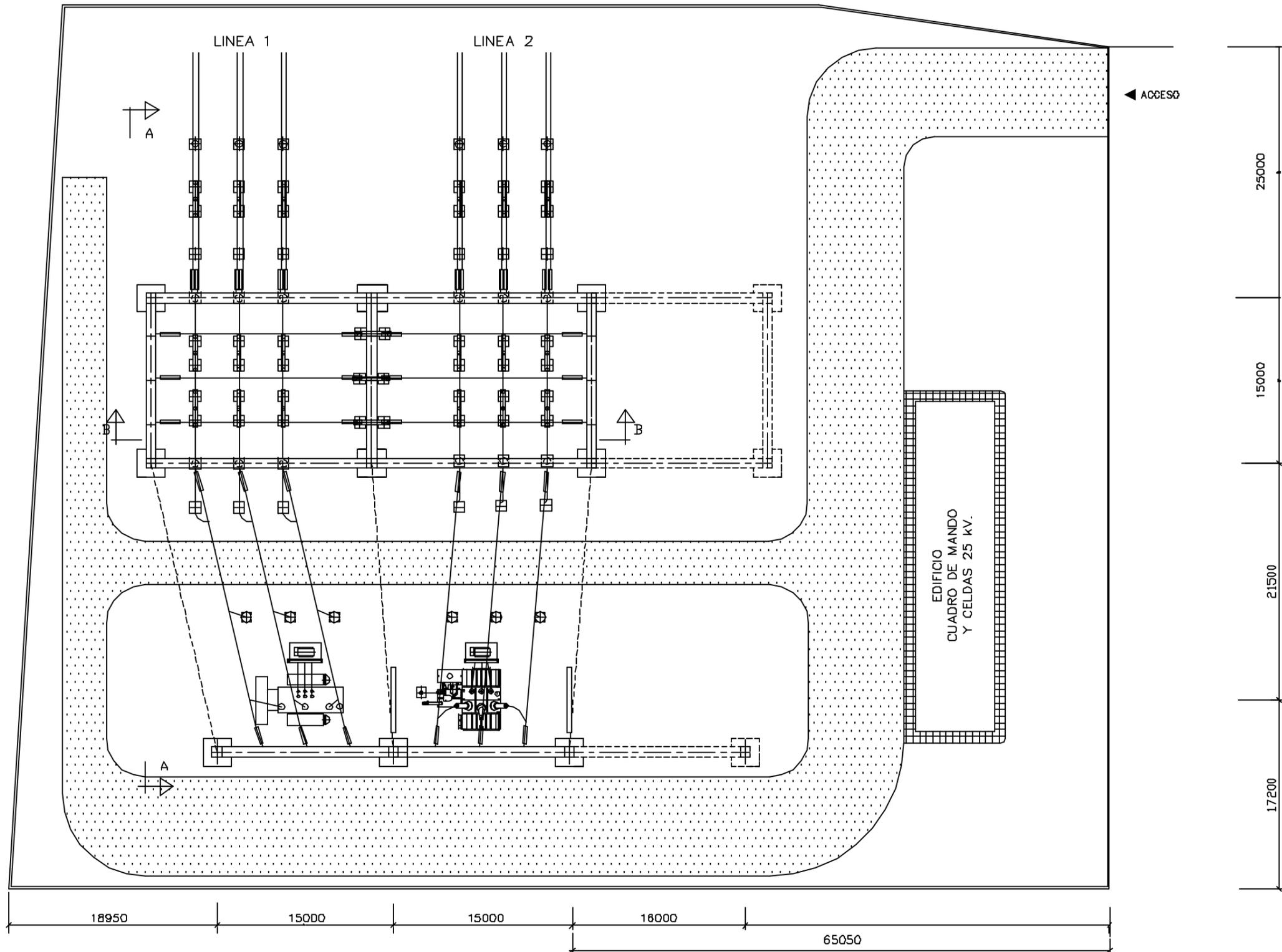
Diseño de Subestación Transformadora

Escala
1/400

PLANTA GENERAL DE MONTAJE

PLANO Nº5

Sustitueix a
Sustituit per

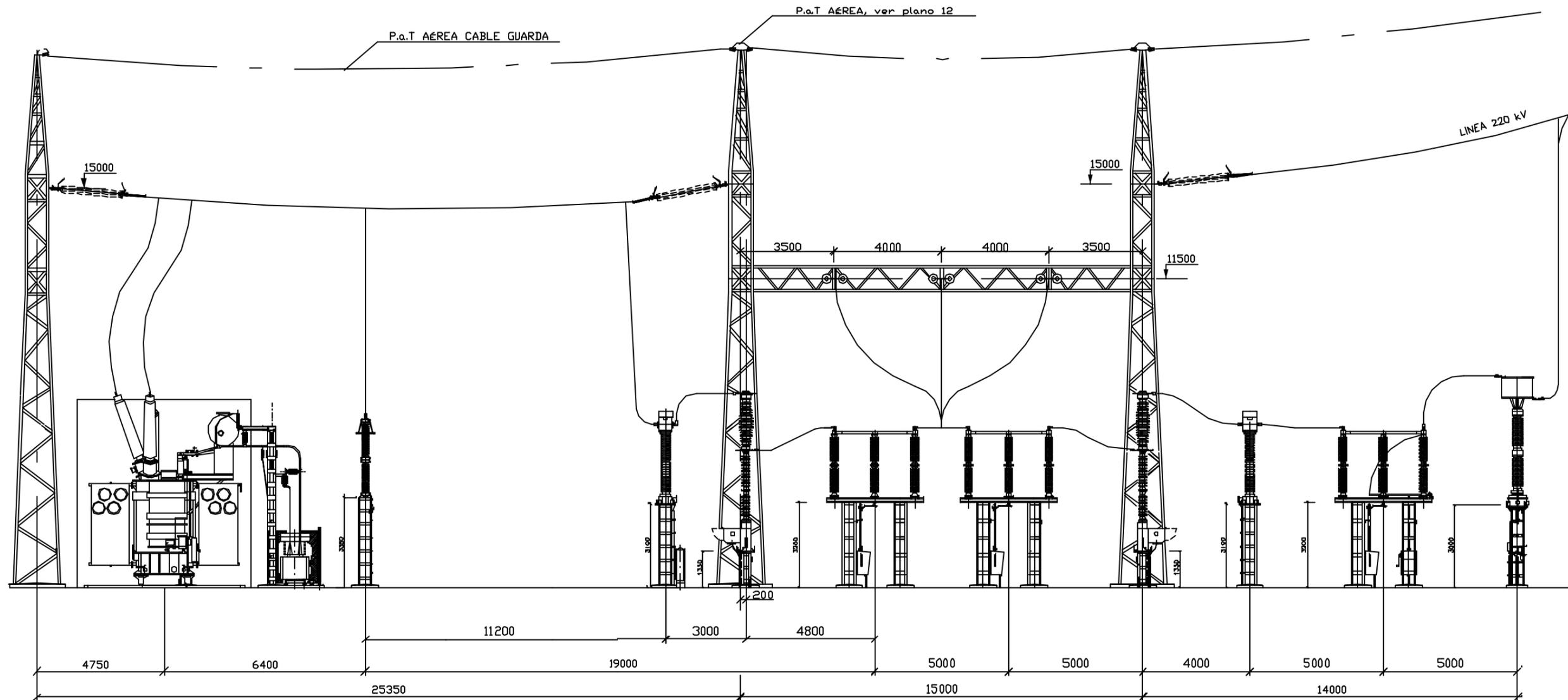


	Data	Nom	Juan francisc Moreno Molina Nº Colegiada : 0987
Dibuixat	07/06/04	J.F. Moreno	
Comprovat	07/06/04	J.F. Moreno	
S.normes			

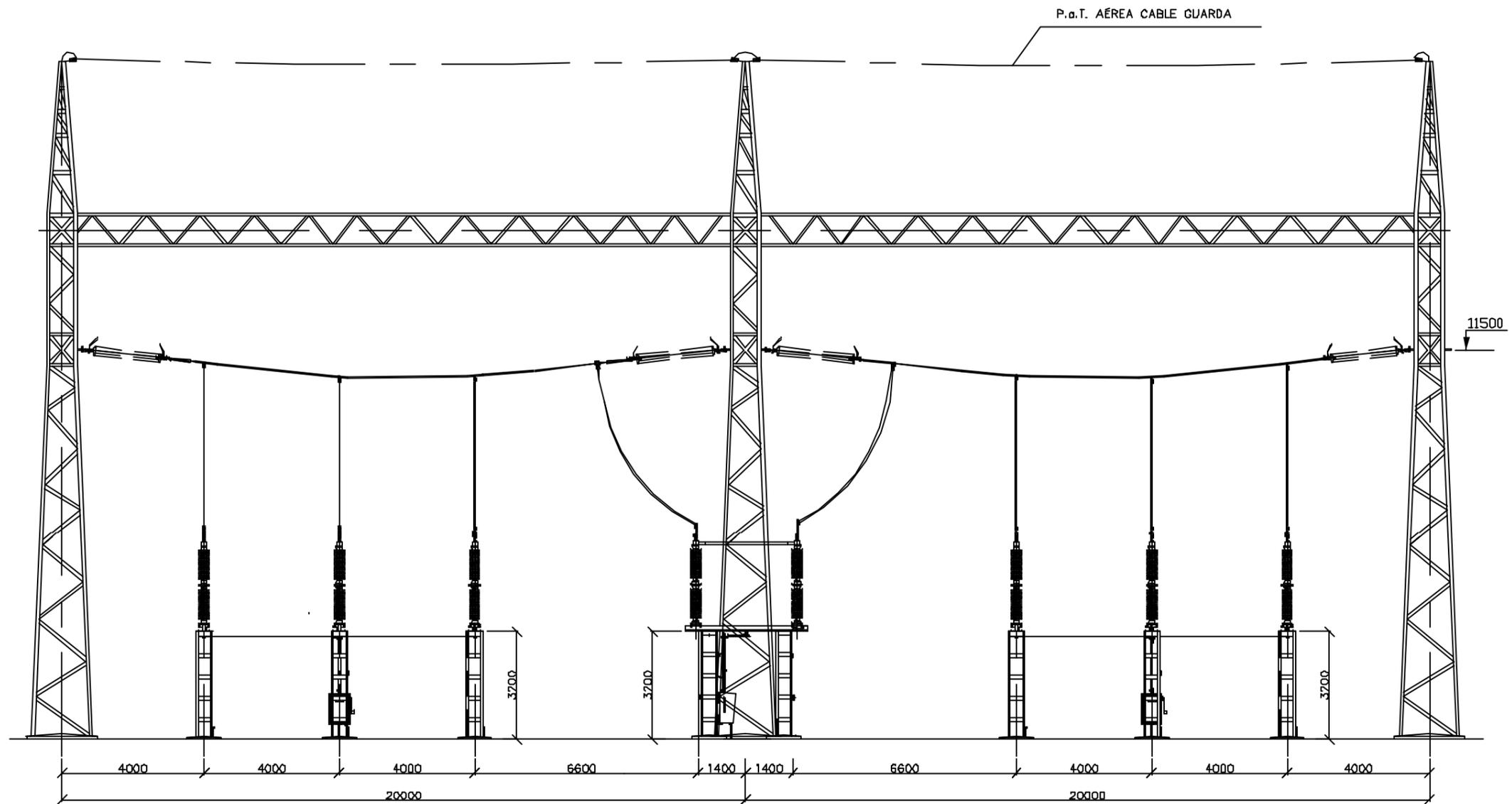
Diseño de Subestación Transformadora

Escala
 1/400
PLANTA GENERAL DE SECCIONES

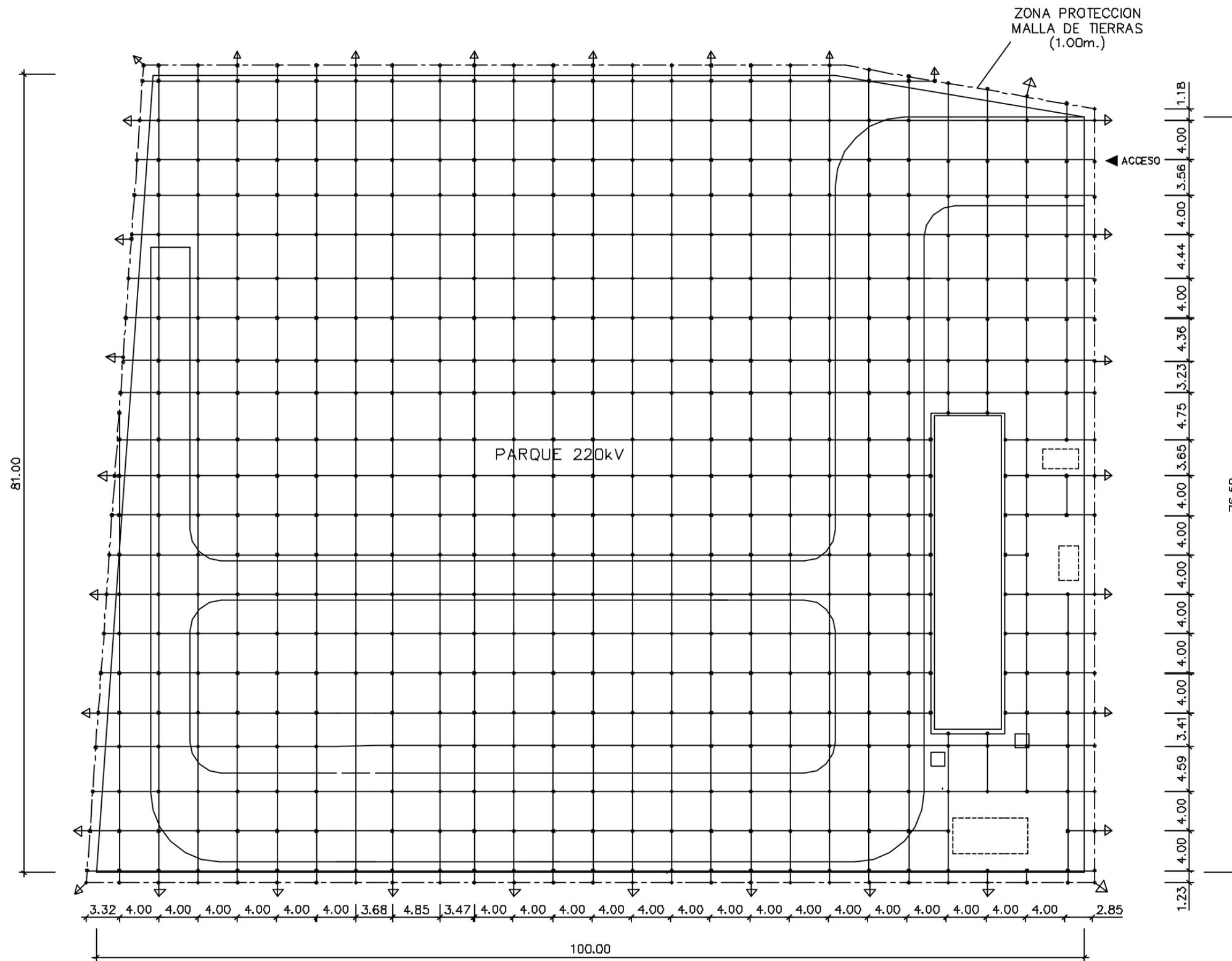
PLANO N°6
 Sostituix a
 Sostituït per



	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	Juan francisc Mareno Molina Nº Colegiada : 0987	<i>Diseño de Subestación Transformadora</i>
<i>Dibuixat</i>	07/06/04	J.F. Mareno		
<i>Comprovat</i>	07/06/04	J.J. Tena Tena		
<i>S.normes</i>				
<i>Escala</i>	ALZADO TRANSVERSAL (SECCIÓN A-A)			PLANO Nº 7
1/150				Sustitueix a
				Sustituit per



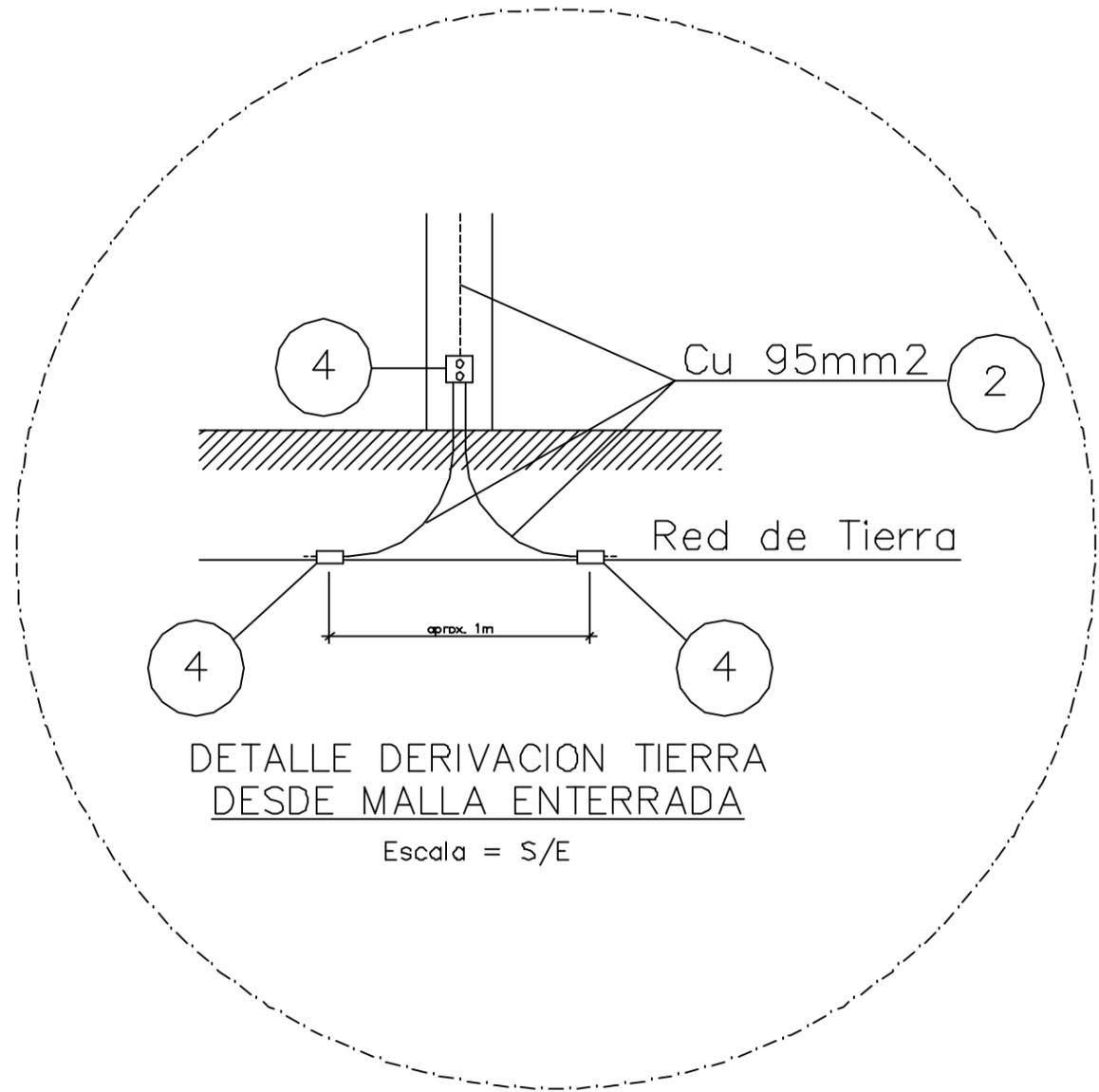
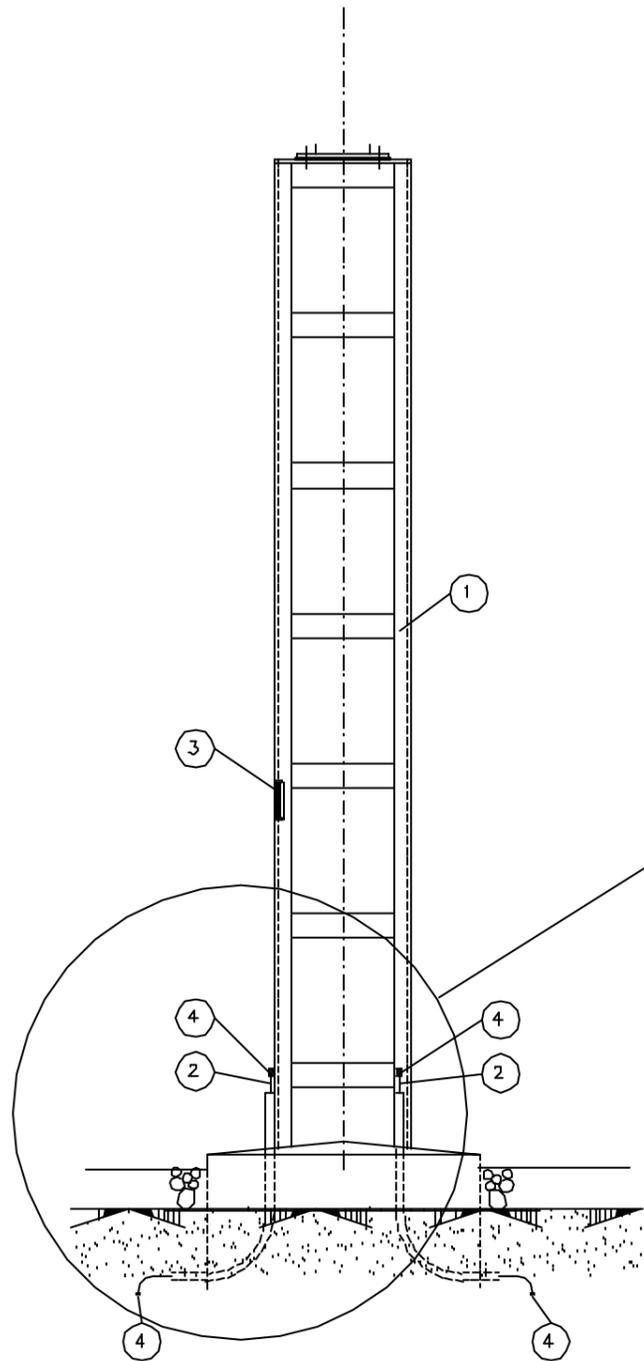
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	Joan francisc Moreno Molina N° Colegiado : 0987	<i>Diseño de Subestación Transformadora</i>
<i>Dibuixat</i>	07/06/04	J.F. Moreno		
<i>Comprovat</i>	07/06/04	J.J. Tena Tena		
<i>S.normes</i>				
<i>Escala</i>	ALZADO LONGITUDINAL (SECCIÓN B-B)			PLANO N°8
1/150				
				Sustitueix a
				Sustituit per



LEYENDA:

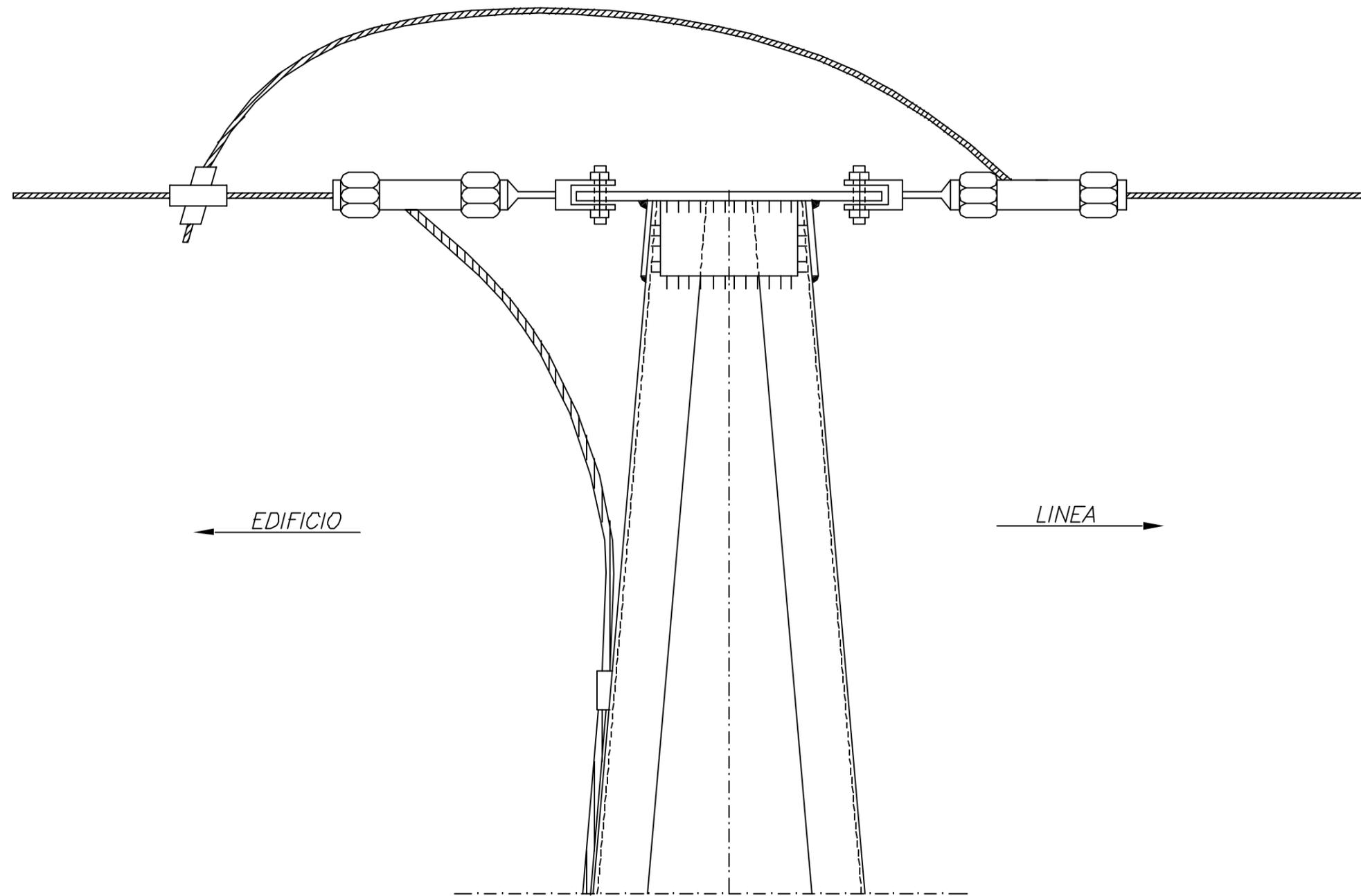
- CABLE DESNUDO DE COBRE DE 95 mm²
- ENTERRADO A 0,80 m DE PROFUNDIDAD
- SOLDADURA EXOTERMICA
- ◁ PICA DE TIERRA DE 2 m X 19 mm

	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	Joan francisc Moreno Molina N° Colegiado : 0987	<i>Diseño de Subestación Transformadora</i>
<i>Dibuixat</i>				
<i>Comprovat</i>				
<i>S.normes</i>				
<i>Escala</i>	RED DE TIERRAS			PLANO N°9
				Sustitueix a
				Sustituit per



APARTADO	DENOMINACION	REF.
SOPORTES	SOPORTE AISLADOR	1
CIMENTACION.	CIMENTACION SOPORTE AISL.	
TIERRAS	CABLE Cu 95 mm2 DESNUDO	2
	BORNE DE TOMA DE TIERRA	3
	SOLDADURA EXOTERMICA	4

	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	Juan francisc Moreno Molina N° Colegiado : 0987	<i>Diseño de Subestación Transformadora</i>
<i>Dibuixat</i>	07/06/04	J.F. Moreno		
<i>Comprovat</i>	07/06/04	J.J. Tena Tena		
<i>S.normes</i>				
<i>Escala</i>	S/E			PLANO N°10
	DETALLE PUESTA A TIERRA APARAMENTA			
	Sustitueix a			
	Sustituit per			



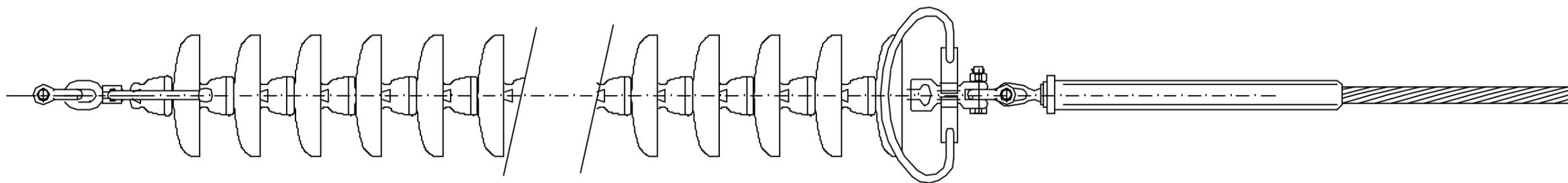
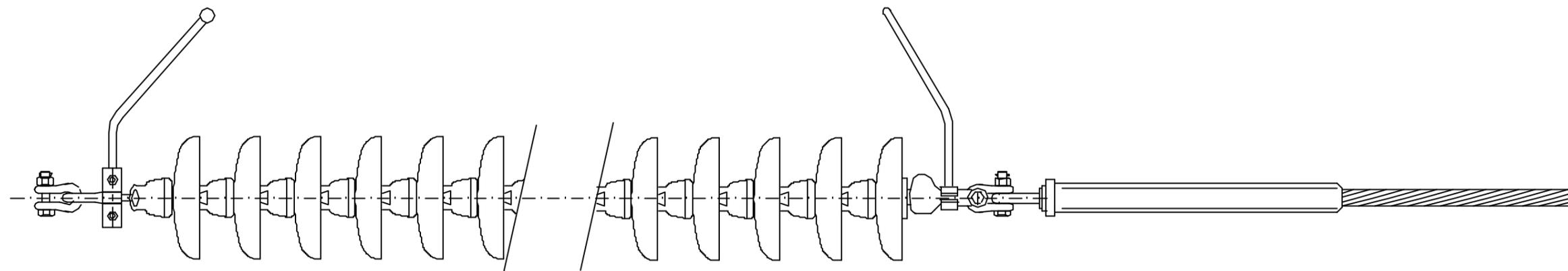
EDIFICIO

LINEA

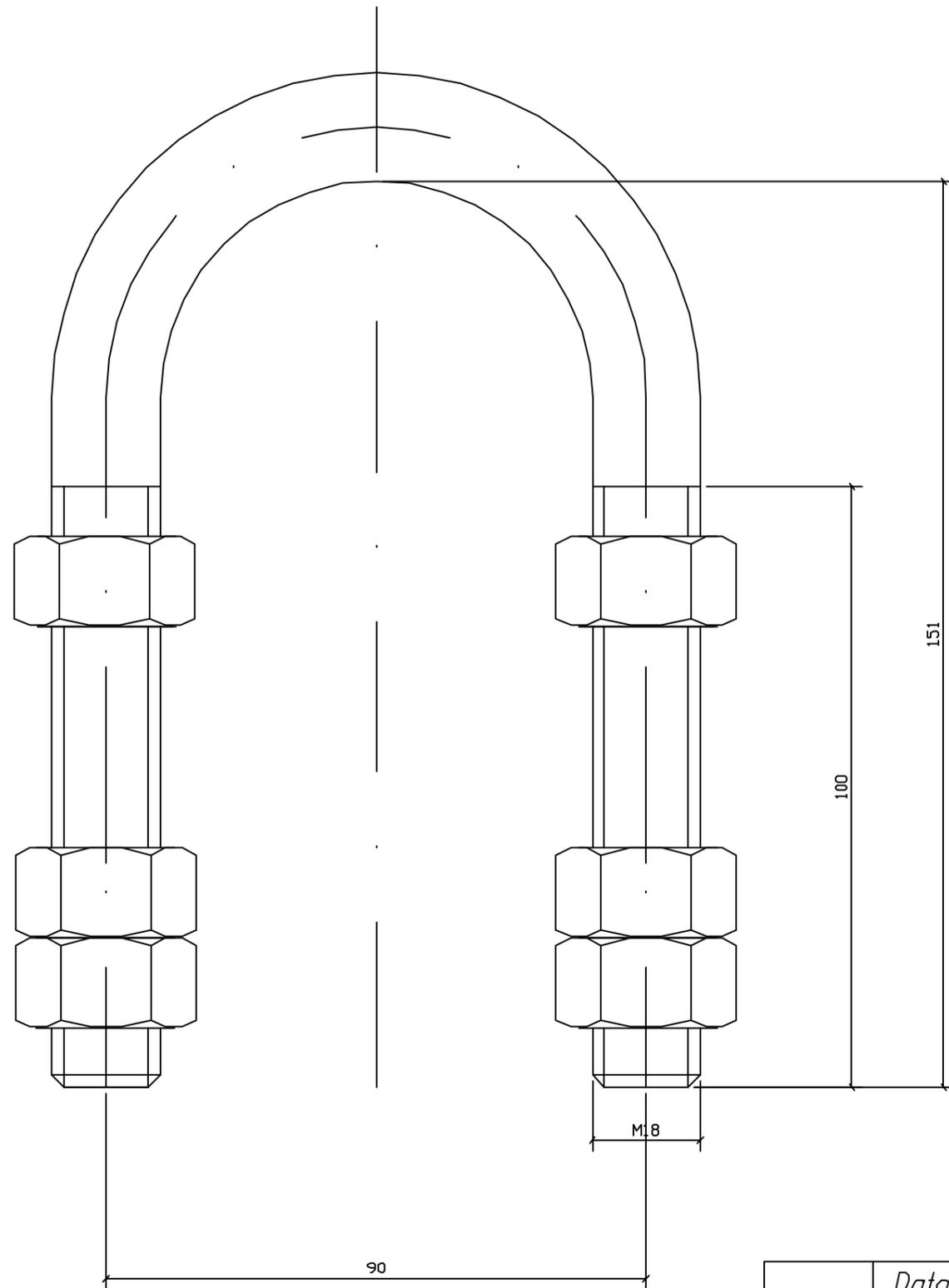
VISTA "A"

DETALLE COLUMNA PORTICO

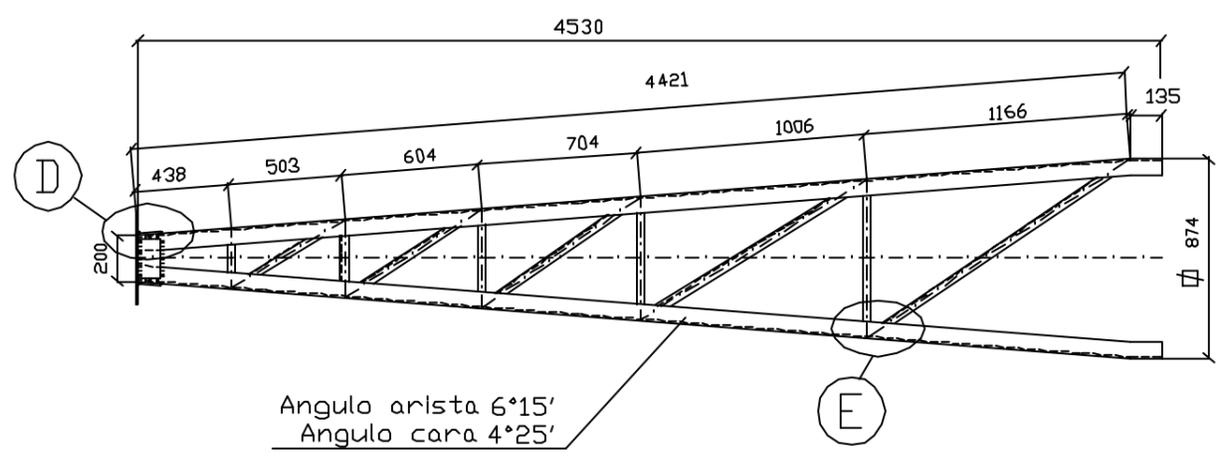
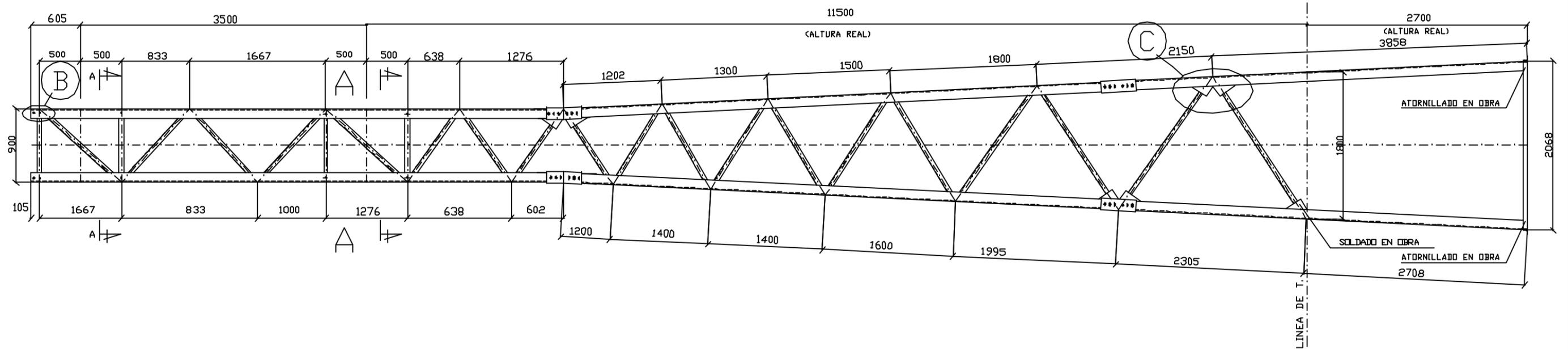
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	Juan francisc Moreno Molina Nº Colegiada : 0987	<i>Diseño de Subestación Transformadora</i>
<i>Dibuixat</i>	07/06/04	J.F. Moreno		
<i>Comprovat</i>	07/06/04	J.J. Tena Tena		
<i>S.normes</i>				
<i>Escala</i>	PUESTA A TIERRA AÉREA (DETALLE)			PLANO Nº11
S/E				
				<i>Sustitueix a</i>
				<i>Sustituit per</i>



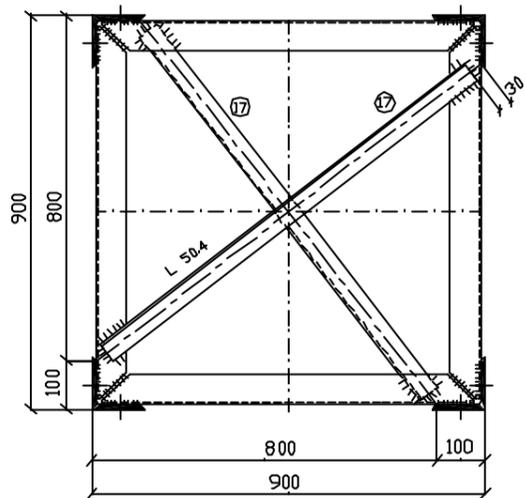
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	Juan francisc Moreno Molina N° Colegiado : 0987	<i>Diseño de Subestación Transformadora</i>
<i>Dibuixat</i>	07/06/04	J.F. Moreno		
<i>Comprovat</i>	07/06/04	J.J. Tena Tena		
<i>S.normes</i>				
<i>Escala</i>	<i>CADENA DE AMARRE</i>			<i>PLANO N°12</i>
S/E				<i>Sustitueix a</i>
				<i>Sustituit per</i>



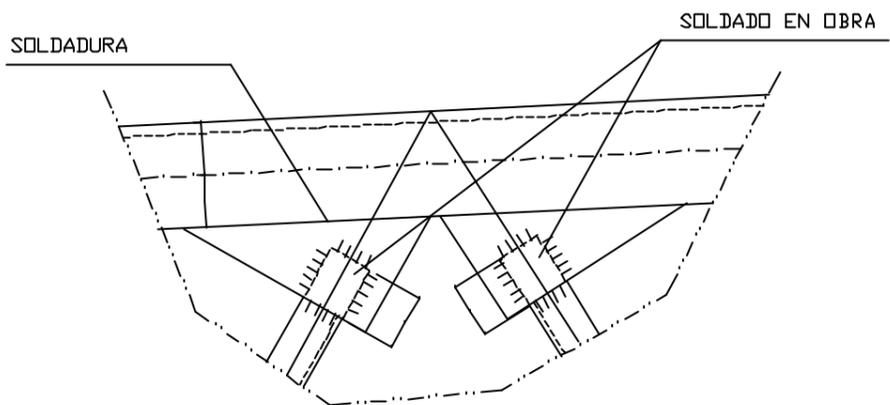
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	Juan francisc Moreno Molina N° Colegiado : 0987	<i>Diseño de Subestación Transformadora</i>
<i>Dibuixat</i>	07/06/04	J.F. Moreno		
<i>Comprovat</i>	07/06/04	J.J. Tena Tena		
<i>S.normes</i>				
<i>Escala</i>	<i>ESTRIBO DE AMARRE</i>			<i>PLANO N°13</i>
1/1				
				<i>Sustitueix a</i>
	<i>Sustituit per</i>			



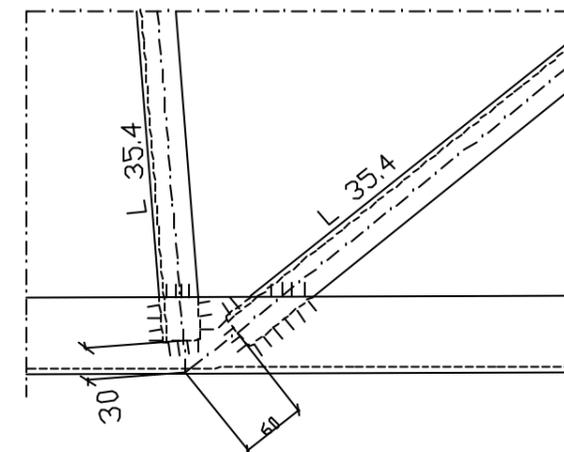
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	Juan francisc Moreno Molina N° Colegiado : 0987	<i>Diseño de Subestación Transformadora</i>
<i>Dibuixat</i>	07/06/04	J.F. Moreno		
<i>Comprovat</i>	07/06/04	J.J. Tena Tena		
<i>S.normes</i>				
<i>Escala</i>	ESTRUCTURA 220 kV			PLANO N°14
1/50				
				<i>Sustitueix a</i>
				<i>Sustituit per</i>



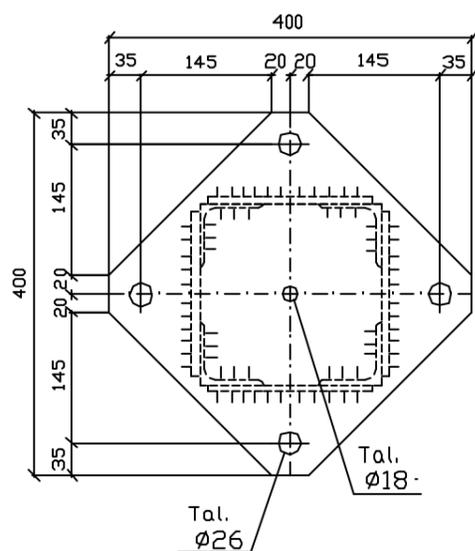
SECCIÓN A-A



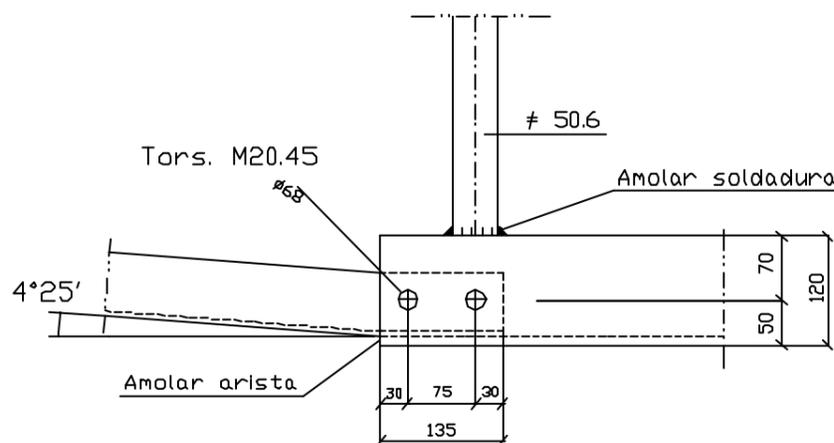
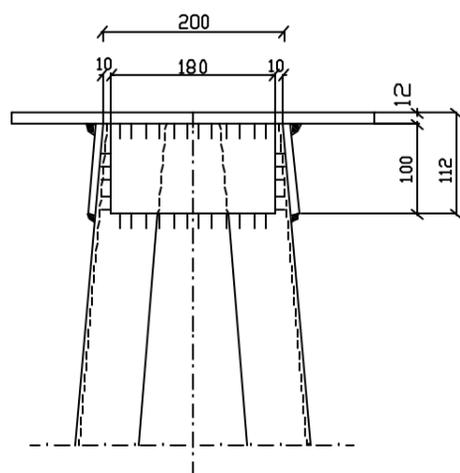
DETALLE C



DETALLE E

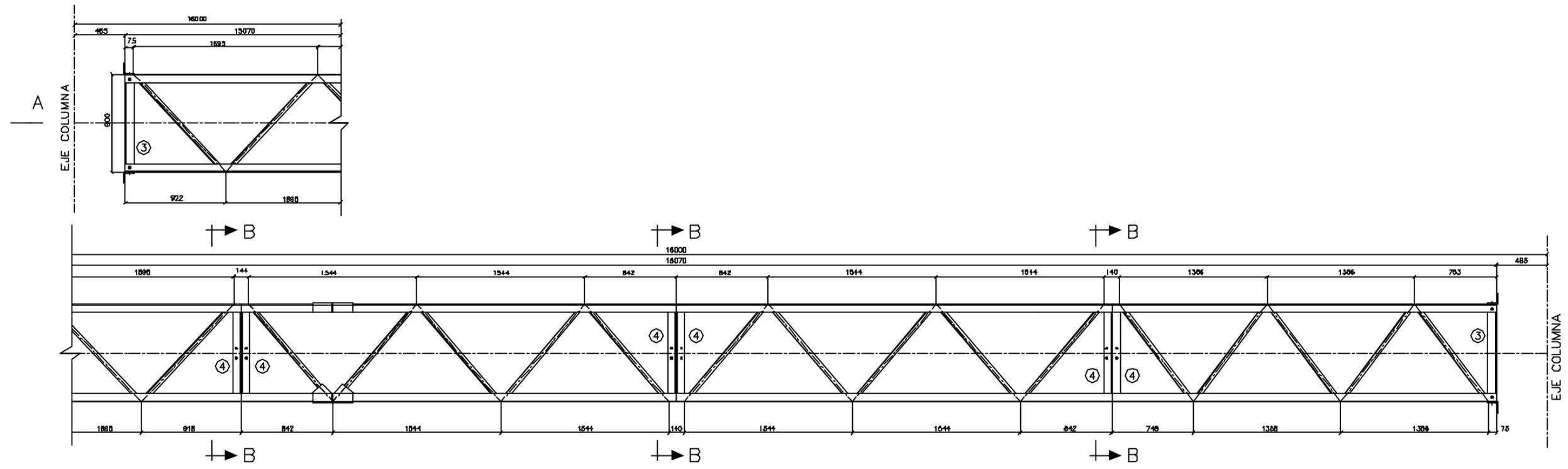


DETALLE D

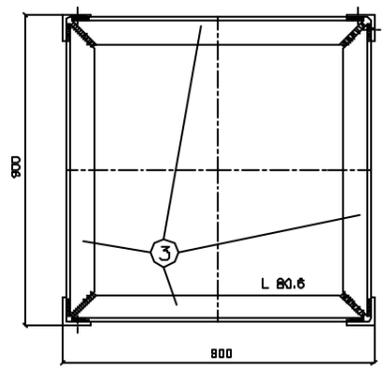


DETALLE B

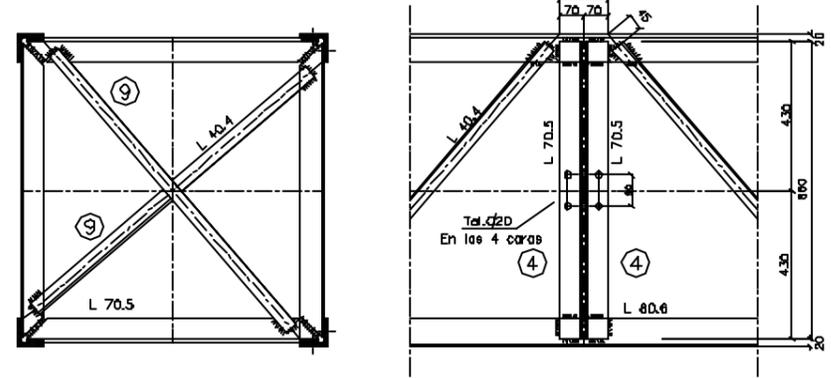
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	Juan francisc Moreno Molina N° Colegiado : 0987	<i>Diseño de Subestación Transformadora</i>
<i>Dibuixat</i>	07/06/04	J.F. Moreno		
<i>Comprovat</i>	07/06/04	J.J. Tena Tena		
<i>S.normes</i>				
<i>Escala</i>	ESTRUCTURA 220 kV (DETALLES I SECCIONES)			PLANO N°15
1/30				
				Sustitueix a
				Sustituit per



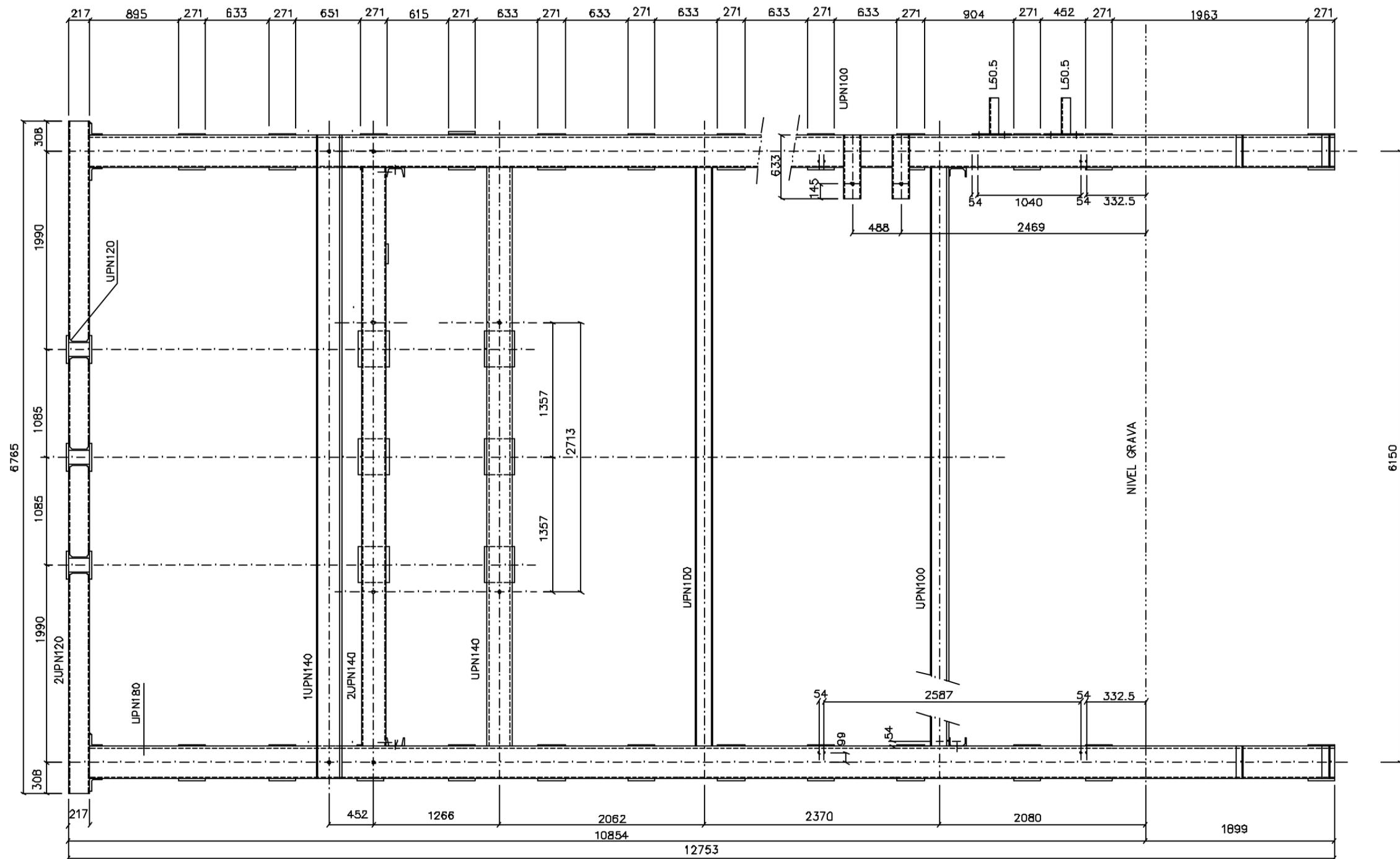
VISTA POR "A"



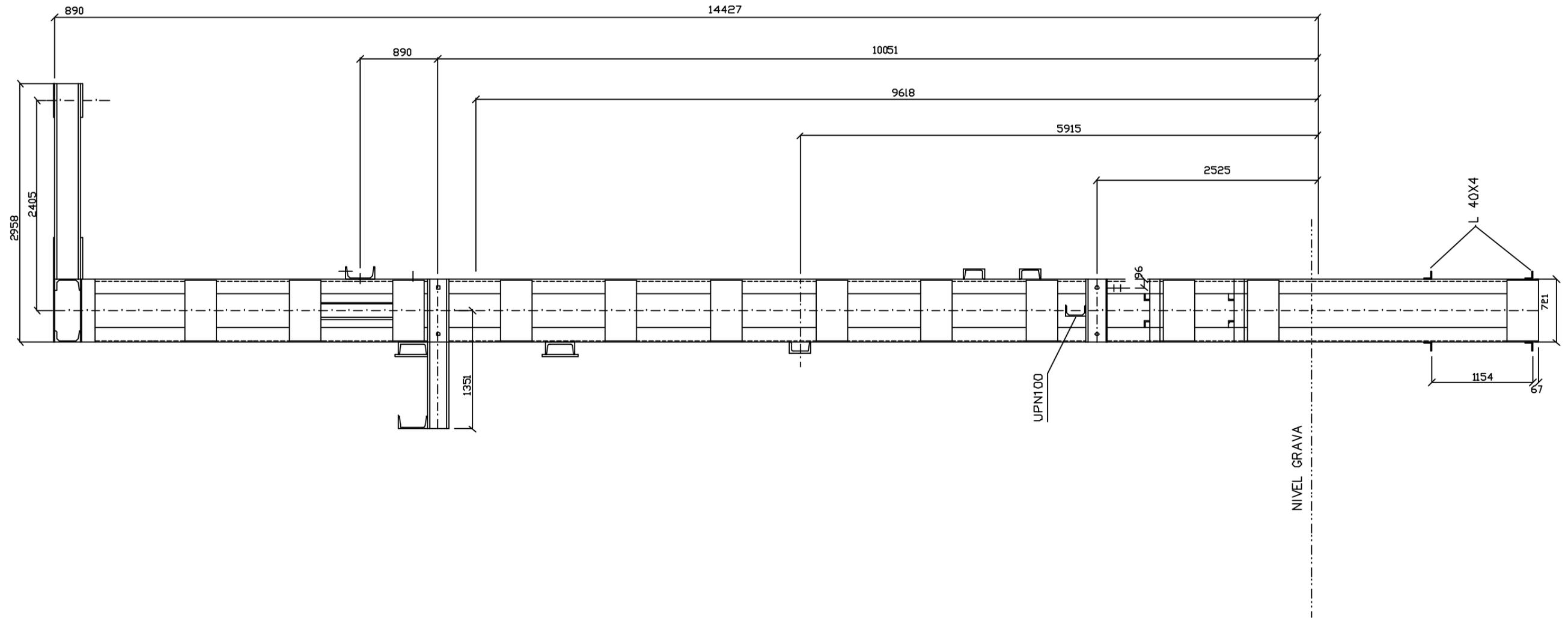
SECCION B-B



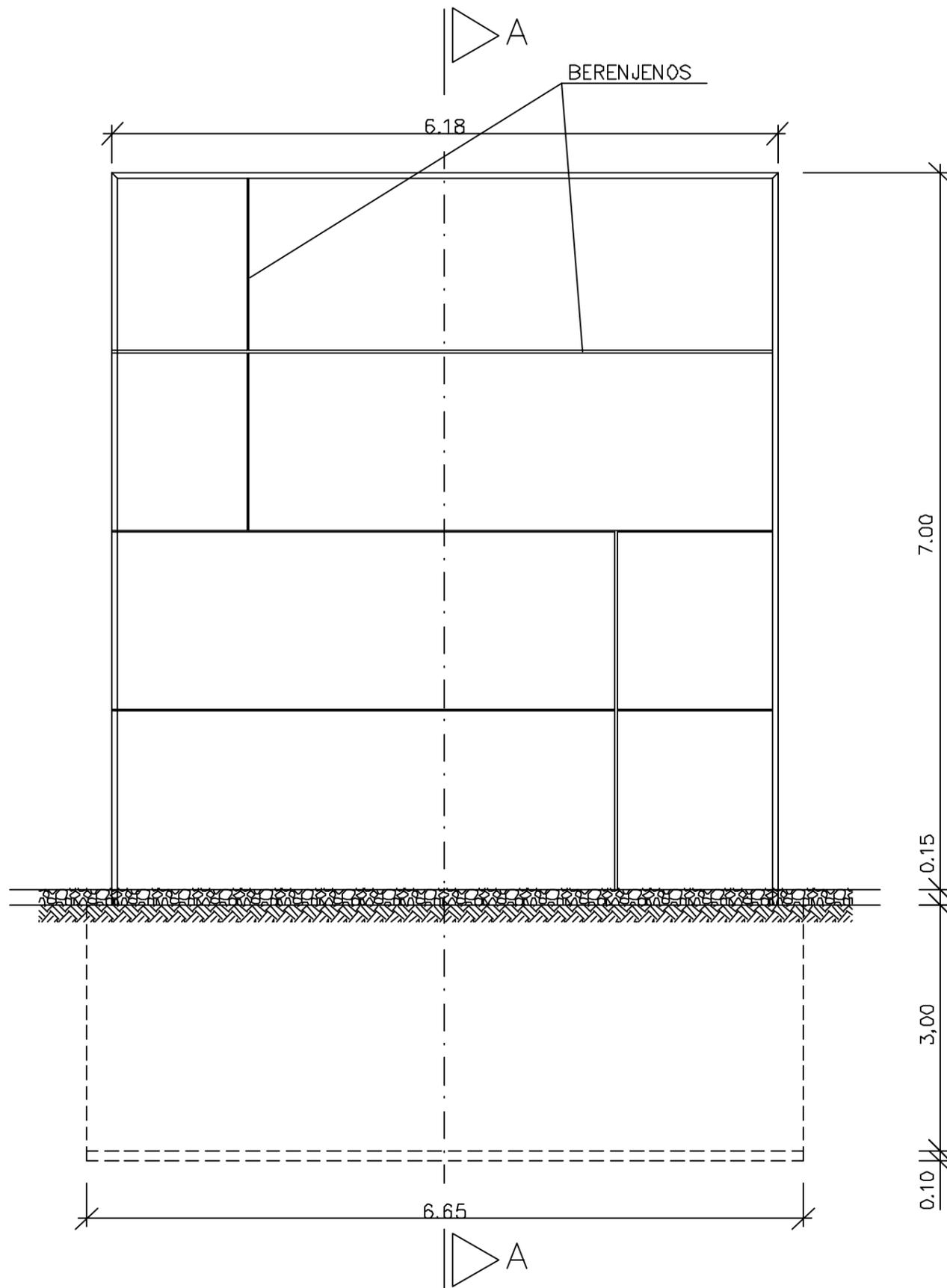
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	Juan francisc Moreno Molina Nº Colegiado : 0987	<i>Diseño de Subestación Transformadora</i>
<i>Dibuixat</i>	07/06/04	J.F. Moreno		
<i>Comprovat</i>	07/06/04	J.J. Tena Tena		
<i>S.normes</i>				
<i>Escala</i>	1/40			PLANO Nº16
	COLUMNA VIGA 220 kV			
				<i>Sustitueix a</i>
				<i>Sustituit per</i>



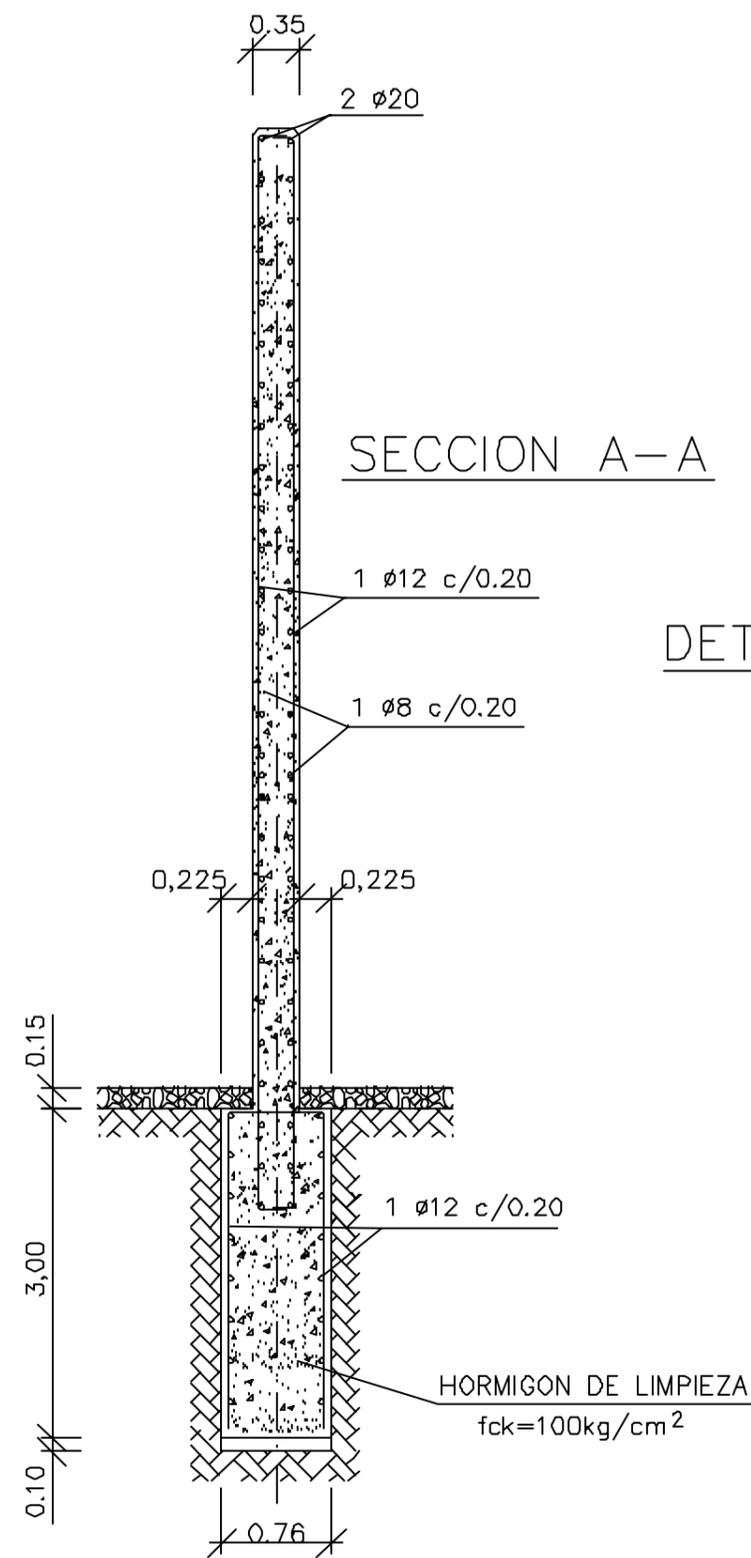
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	Juan francisc Moreno Molina N° Colegiado : 0987	<i>Diseño de Subestación Transformadora</i>
<i>Dibuixat</i>	07/06/04	J.F. Moreno		
<i>Comprovat</i>	07/06/04	J.J. Tena Tena		
<i>S.normes</i>				
<i>Escala</i>	PÓRTICO 25 kV ALZADO LONGITUDINAL			PLANO N°17
1/30				
				Sustitueix a
				Sustituit per



	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	Juan francisc Moreno Molina N° Colegiado : 0987	<i>Diseño de Subestación Transformadora</i>
<i>Dibuixat</i>	18/12/03	J.F. Moreno		
<i>Comprovat</i>	18/12/03	J.J. Tena Tena		
<i>S.normes</i>				
<i>Escala</i>	<i>PÓRTICO 25 kV</i> <i>ALZADO TRANSVERSAL</i>			<i>PLANO N°18</i>
1/30				
	<i>Sustituit per</i>			



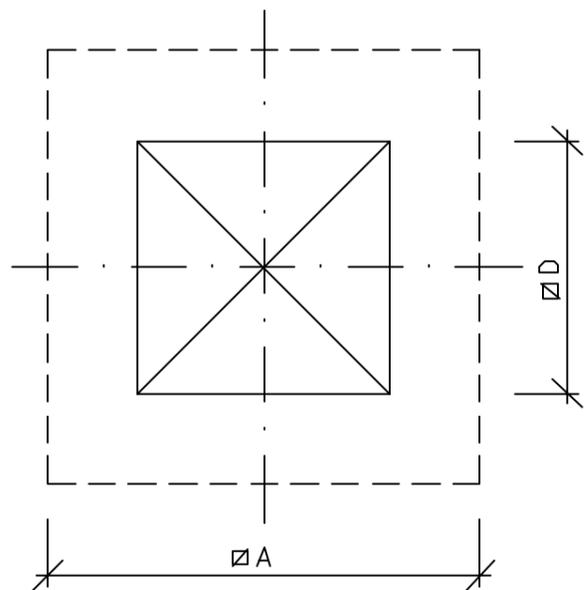
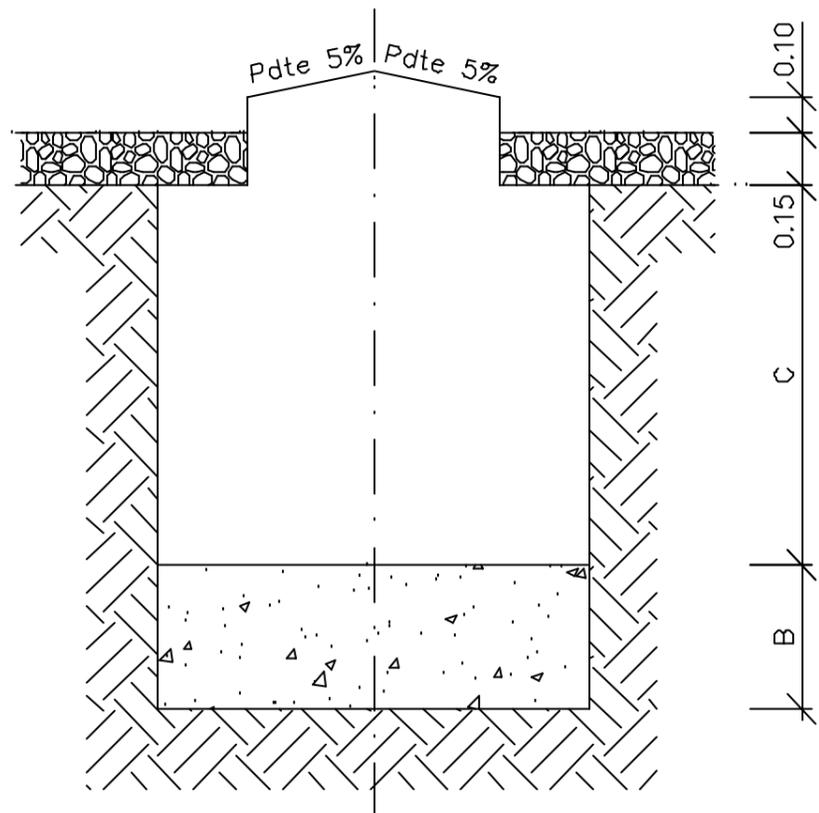
ALZADO



DETALLE BERENJENO

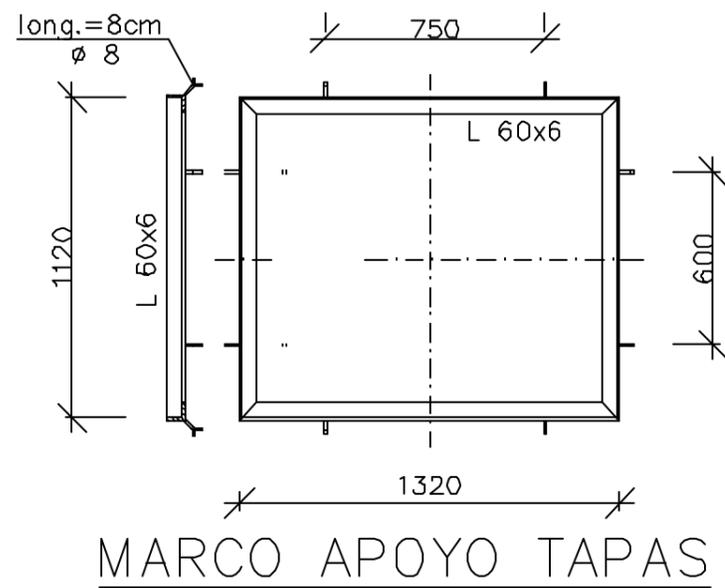
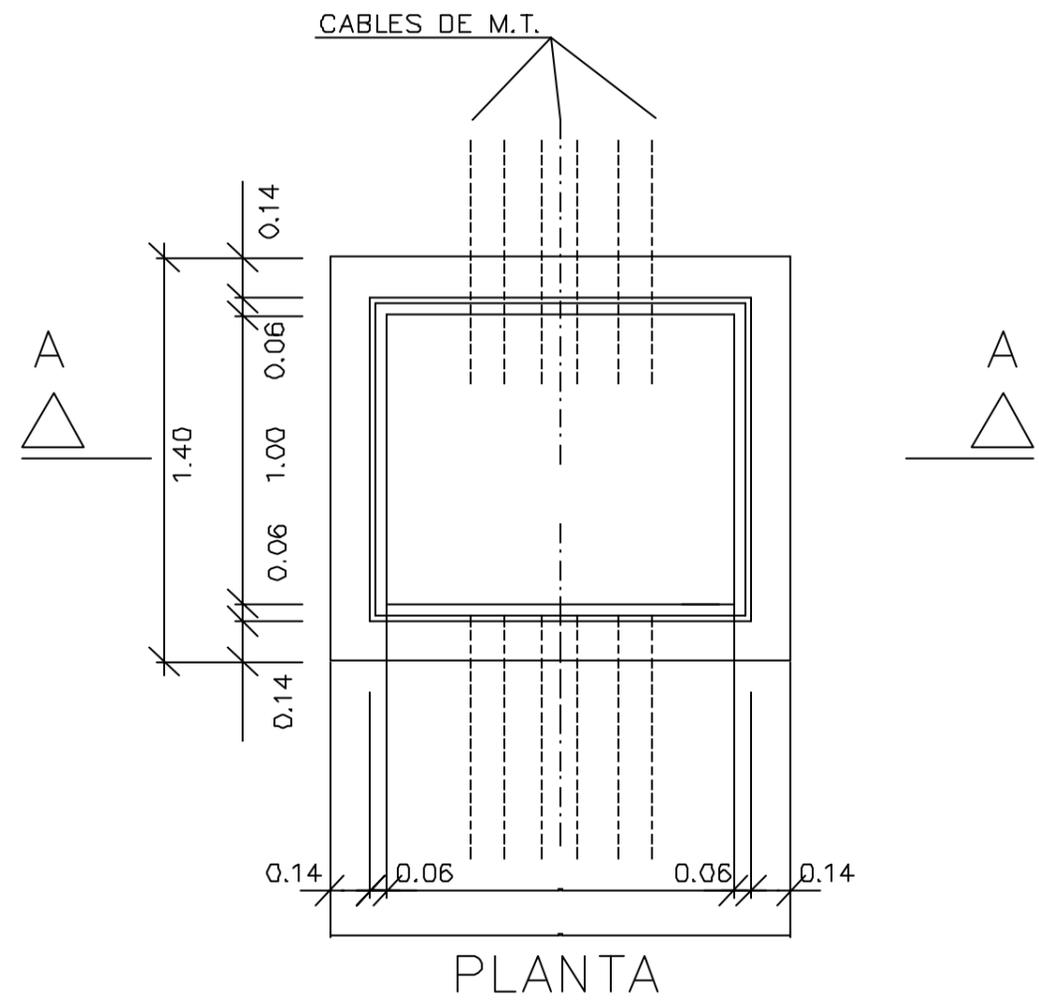
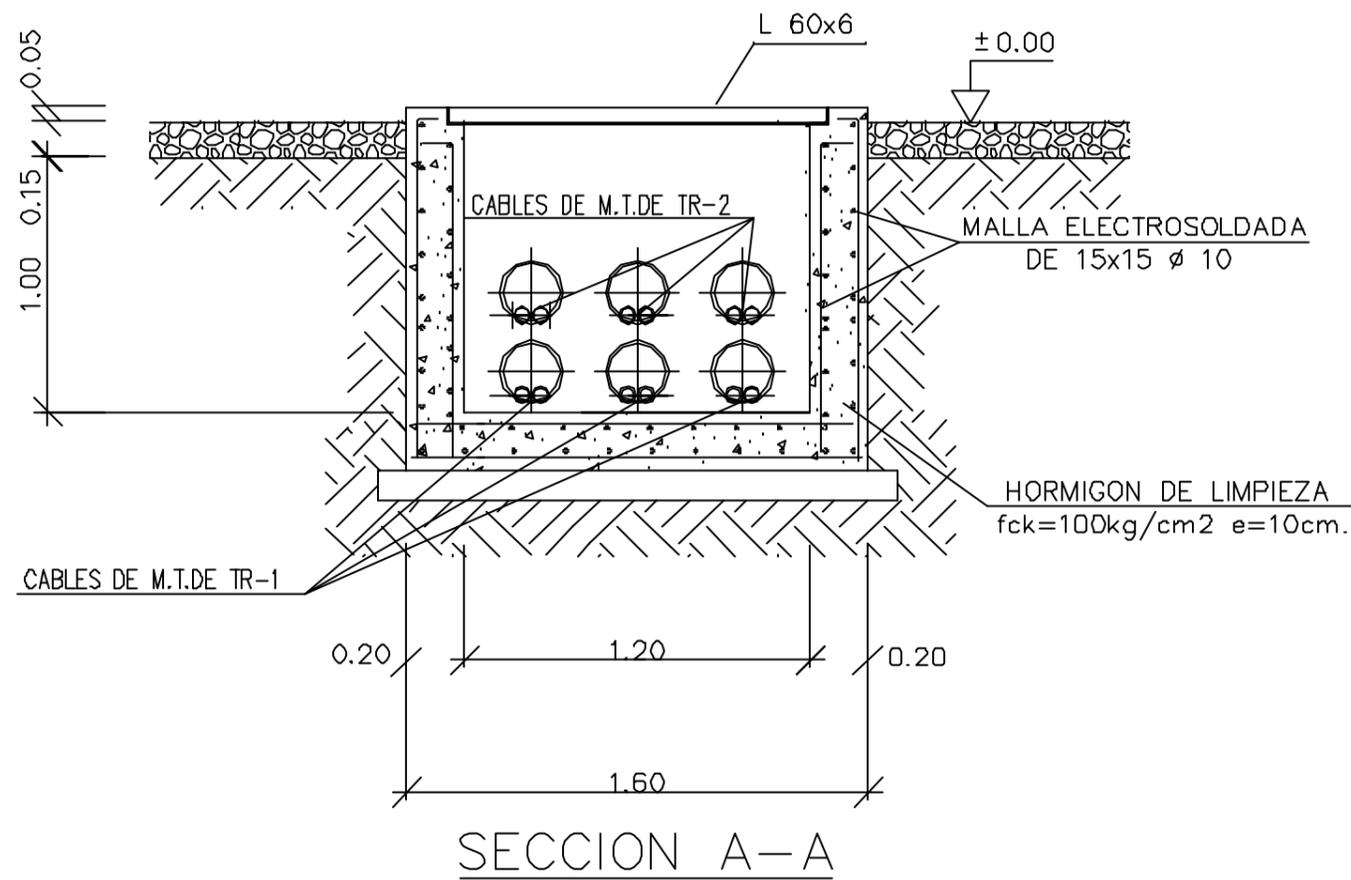
ESCALA: 1/2

	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	Juan francisc Moreno Molina N° Colegiado : 0987	<i>Diseño de Subestación Transformadora</i>
<i>Dibuixat</i>	07/06/04	J.F. Moreno		
<i>Comprovat</i>	07/06/04	J.J. Tena Tena		
<i>S.normes</i>				
<i>Escala</i>	1/50			PLANO N°19
	PANTALLA CONTRA FUEGOS			
				<i>Sustitueix a</i>
				<i>Sustituït per</i>



		A	B	C	D
2	PARARRAYOS 220kV	0.80	0.55	0.45	0.70
3	T. DE TENSIÓN CAPACITIVO	1.00	0.45	0.55	0.70
4	SECCIONADOR TRIPOLAR MESA	1.20	0.70	1.05	0.70
5	T. DE INTENSIDAD	0.80	0.35	0.65	0.70
6	INT. AUTOMÁTICO	1.20	0.80	0.95	0.70
8	T. DE TENSIÓN	0.80	0.35	0.65	0.70

	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	Juan francisc Moreno Molina Nº Colegiado : 0987	<i>Diseño de Subestación Transformadora</i>
<i>Dibuixat</i>	07/06/80	J.F. Moreno		
<i>Comprovat</i>	07/06/80	J.J. Tena Tena		
<i>S.normes</i>				
<i>Escala</i>	CIMENTACIÓN APARAMENTA			PLANO Nº20
S/E				<i>Sustitueix a</i>
				<i>Sustituit per</i>

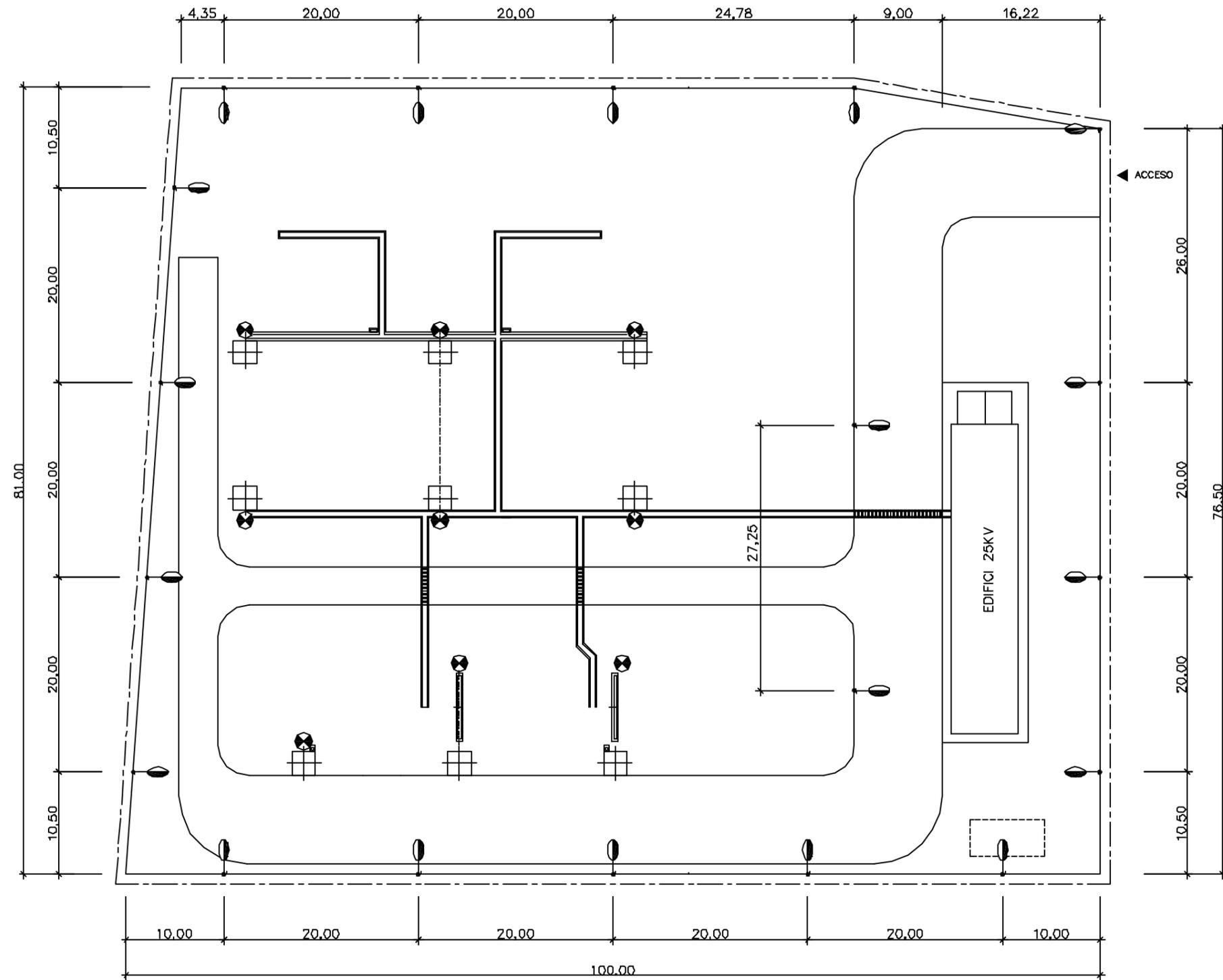


CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES:

LIMITE ELASTICO DEL ACERO $f_{yk}=500N/mm^2$

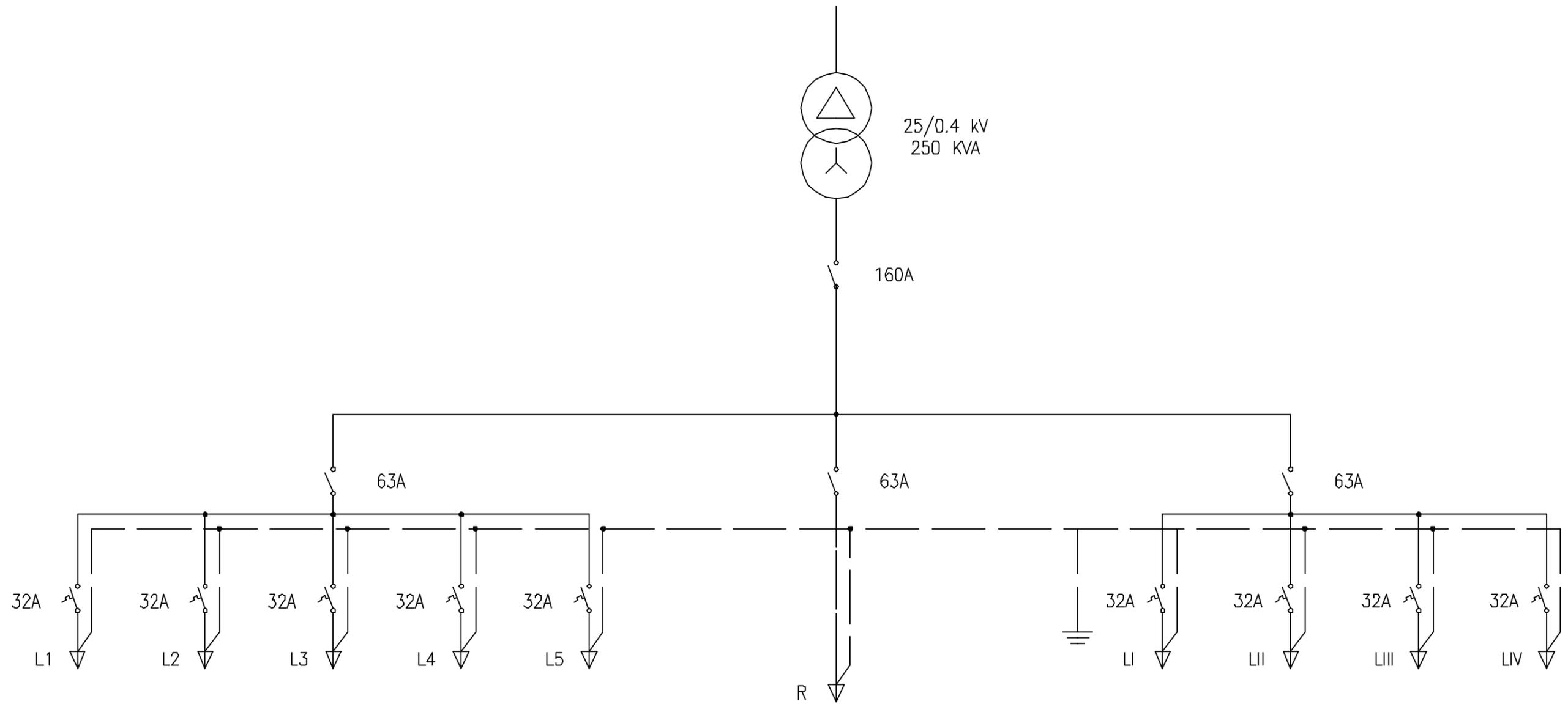
RESISTENCIA CARACTERISTICA DEL HORMIGON EN MASA $f_{ck}=20N/mm^2$

	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	Juan francisc Moreno Molina N° Colegiado : 0987	<i>Diseño de Subestación Transformadora</i>
<i>Dibuixat</i>	18/12/03	J.F. Moreno		
<i>Comprovat</i>	18/12/03	J.J. Tena Tena		
<i>S.normes</i>				
<i>Escala</i>	ZANJAS DE MEDIA TENSION			PLANO N°21
S/E				
				Sustitueix a
	Sustituit per			



LEYENDA	
SIMBOLO	DENOMINACION
	LUMINARIA E.T. 400
	LUMINARIA JCH-250

	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	Juan francisc Moreno Molina N° Col·legiat : 0987	<i>Diseño de Subestación Transformadora</i>
<i>Dibuixat</i>	07/06/04	J.F. Moreno		
<i>Comprovat</i>	07/06/04	J.J. Tena Tena		
<i>S.normes</i>				
<i>Escala</i>	1/400			PLANO N°22
	LUMINARIAS PARQUE 220 kV			
				<i>Sustitueix a</i>
				<i>Sustituit per</i>



ALUMBRADO

CIRCUITO CONTINUA:

RECTIFICADOR

FUERZA

	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	Joan francisc Moreno Molina N° Colegiado : 0987	<i>Diseño de Subestación Transformadora</i>
<i>Dibuixat</i>	07/06/04	J.F. Moreno		
<i>Comprovat</i>	07/06/04	J.J. Tena Tena		
<i>S.normes</i>				
<i>Escala</i>	<i>DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN</i>			<i>PLANO N°23</i>
S/E				
				<i>Sustitueix a</i>
	<i>Sustituit per</i>			

5. PLIEGO DE CONDICIONES

INDICE

5.1 GENERALIDADES.....	275
5.1.1 DESCRIPCIÓN.....	275
5.1.2 ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	275
5.2. CONDICIONES ADMINISTRATIVAS	275
5.2.1. CONTRATO	275
5.2.2 RESCISIÓN DEL CONTRATO	276
5.2.2.1 RESCISIÓN DEL CONTRATO DE ALGUNAS DE LAS PARTES	276
5.2.2.2 RESULOCIÓN UNILATERAL DEL CONTRATO	277
5.2.3 INDEMNIZACIONES-RECLAMACIONES	277
5.2.4 SEGUROS.....	278
5.2.4.1 SEGUROS DE CONSTRUCCIÓN.....	278
5.2.4.2 OTROS SEGUROS	278
5.2.5 JURISDICCIÓN Y FUERO DEL CONTRATO.....	280
5.2.6 FUERZA MAYOR.....	280
5.2.7 CONCURSO Y ADJUDICACIÓN	281
5.3.2.8 PLAZO DE ENTREGA Y EJECUCIÓN	283
5.3 CONDICIONES ECONÓMICAS	284
5.3.1 LIQUIDACIONES	284
5.3.2 LIQUIDACIÓN EN CASO DE RESCISIÓN DEL CONTRATO.....	284
5.3.3 PRECIOS Y CONDICIONES DE PAGO	284
5.3.2.4 CERTIFICACIONES	285
5.3.6 PLAZOS Y PENALIDADES	285
5.3.6.1 PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS	285
5.3.2.4 PLAZO DE EJECUCIÓN.....	286
5.3.6.3 PRORROGA DEL PLAZO DE EJECUCIÓN.....	286
5.3.7 PROGRESO DE LOS TRABAJOS.....	287
5.3.8 ATRASOS DEL CONTRATISTA.....	287
5.3.9 PENALIDADES POR RETRASO	287
5.3.10 FIANZA Y PLAZO DE GARANTIA	288
5.3.11 CLAUSULAS FINANCIERAS.....	288
5.4 CONDICIONES FACULTATIVAS	289
5.4.1 MANO DE OBRA	289
5.4.2 MATERIALES	289
5.4.2.1 ACOPIO DE MATERIALES	289
5.4.2.2 INSPECCIÓN Y MEDIDAS PREVIAS AL MONTAJE.....	290

5.4.2.3 VARIACIONES Y CAMBIO DE MATERIALES	290
5.4.2.4 PROTECCIÓN.....	291
5.4.2.5 CERTIFICACIONES DE MATERIALES	291
5.4.2.6 COMPROBACIÓN DE MATERIALES.....	291
5.4.3 HERRAMIENTAS	292
5.4.4 PLANOS	292
5.4.5 NORMATIVA.....	293
5.4.6 SEGURIDAD E HIGIENE	293
5.4.7 SUBCONTRATISTAS	294
5.4.8 RIESGOS	294
5.4.9 REALIZACIÓN Y CONTROL DEL DISEÑO	294
5.4.9.1 REALIZACIÓN	295
5.4.9.2 DEFINICIÓN DE LOS REQUISITOS DE PARTIDA	295
5.4.9.3 ASIGNACIÓN DE LAS RESPONSABILIDADES	295
5.4.9.4 ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO	295
5.4.9.5 INGENIERÍA BÁSICA.....	296
5.4.9.6 INGENIERÍA DE DETALLE.....	296
5.4.9.7 REVISIÓN DEL DISEÑO.....	296
5.4.9.8 DOSIER FINAL.....	296
5.4.10 INSPECCIONES DURANTE LA INSTALACIÓN	297
5.4.10.1 AUTOCONTROL	297
5.4.10.2 INSPECCIONES PROGRAMADAS	298
5.4.11 INSPECCIÓN FINAL.....	298
5.4.12 RECEPCIÓN DE SUMINISTROS	299
5.4.12.1 REALIZACIÓN	299
5.4.16 RECEPCIÓN DEL SISTEMA	300
5.4.16.1 RECEPCIÓN PROVISIONAL	300
5.4.16.2 RECEPCIÓN DEFINITIVA Y GARANTIA	301
5.5 CONDICIONES TÉCNICAS	301
5.5.1 OBJETO	301
5.5.2 ENSAYOS Y PRUEBAS.....	301

5.1 GENERALIDADES

5.1.1 DESCRIPCIÓN

Las condiciones y cláusulas a las que hace referencia el presente Pliego de Condiciones tratan de la contratación por parte de persona física o jurídica del Proyecto correspondiente a la Subestación Transformadora y todas sus memorias y cálculos derivados.

5.1.2 ÁMBITO DE APLICACIÓN

El ámbito de aplicación de este Pliego de Condiciones, se extiende a todos los sistemas eléctricos, de alta y media tensión, instrumentación y control que forman parte del presente Proyecto, el cual comprende además del Pliego de Condiciones, los siguientes documentos:

- Memoria.
- Anexos
- Mediciones
- Presupuesto
- Estudio con entidad propia

Lo indicado en el presente apartado será de aplicación a todos los trabajos que se deben realizar para la Subestación, bien sean las obras que se ejecuten en campo y en sala de control como los concernientes en el parque de intemperie (220 kV).

Como capítulo último del presente apartado, se incluyen las especificaciones técnicas relativas a las características constructivas y condiciones de servicio de los materiales a utilizar en el proyecto.

Este proyecto tiene carácter de obligado cumplimiento, una vez cumplimentado con los correspondientes sellos y legalizado.

5.2. CONDICIONES ADMINISTRATIVAS

5.2.1. CONTRATO

El contrato se formalizará mediante documento privado que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes, corriendo los gastos derivados de esta acción por parte del Contratista. Este contrato comprenderá la adquisición de materiales necesarios para realizar el conjunto de los trabajos descritos, programación, mano de obra, medios auxiliares para la ejecución de la obra en el plazo estipulado, así como la reposición de unidades defectuosas, la realización de obras complementarias y

las derivadas de las modificaciones que se produzcan durante la ejecución, estas últimas en los términos previstos.

La totalidad de los documentos que componen el proyecto técnico de la obra serán incorporados al contrato y tanto el Contratista como la Propiedad deberán firmarlos.

5.2.2 RESCISIÓN DEL CONTRATO

5.2.2.1 RESCISIÓN DEL CONTRATO DE ALGUNAS DE LAS PARTES

El contratista podrá rescindir el contrato, en los casos que se especifiquen en la Ley de Contrato de Trabajo, no siendo de abono, en caso alguno, cantidad superior al trabajo efectuado.

El incumplimiento sin causa justificada de alguna de las condiciones reflejadas en el contrato o en esta documentación, dará derecho a la propiedad a rescindir automáticamente el contrato.

Se consideran causas suficientes para la rescisión del contrato por parte de la propiedad las siguientes:

- La quiebra o suspensión de pagos del Contratista.
 - El que no se dé comienzo al trabajo en el plazo señalado en el Contrato.
 - El que se rehuya repetidamente el suministro de personal con el grado de especialización necesaria o de material de la calidad requerida.
 - El incumplimiento de la legislación vigente.
 - El incumplimiento reiterado de las obligaciones frente a terceros.
 - El incumplimiento reiterado de las instrucciones del Técnico de la propiedad que supervisa los trabajos realizados.
 - El abandono de la obra sin causa justificada.
 - La negligencia en la ejecución de los trabajos.
- Incumplimiento del Contrato en todo o en parte con perjuicio para los intereses de la obra.

La Propiedad comunicará por escrito al Contratista, los anteriores fallos y si el Contratista no tomase las medidas oportunas para remediarlos en el plazo máximo de diez días, el Propietario tendrá derecho a exigir la paralización del trabajo en el estado en que se encuentre, sin perjuicio de reclamar las responsabilidades consiguientes.

Una vez advertido el Contratista de la paralización del trabajo, éste procederá inmediatamente a:

- Detener cualquier actividad relacionada con el trabajo.

- Permitir al Propietario todos los derechos relacionados con el trabajo de que el Contratista fuera titular frente a terceros.

En los casos previstos en esta cláusula, el Contratista será indemnizado por todos los trabajos efectuados hasta el momento de la paralización del trabajo, en la medida en que éstos hayan sido efectuados de acuerdo con el Contrato.

Si debido a la rescisión del Contrato por las causas antes citadas se produjeran retrasos en el conjunto o las partes de la obra será de aplicación la cláusula de penalización acordada.

Con arreglo a los efectos que se establecen en el artículo 1594 del Código Civil, la Propiedad, por su sola voluntad, podrá rescindir el presente Contrato de ejecución, aunque los trabajos hubieran comenzado.

En caso de conflicto, en cuanto a la interpretación de esta cláusula se estará a lo dispuesto en los artículos 1088 a 1253 del Código de Comercio, en cuanto a la suspensión de pagos y quiebra.

5.2.2.2 RESULOCIÓN UNILATERAL DEL CONTRATO

En el caso en que la propiedad decidiera rescindir el Contrato unilateralmente, el Contratista tendrá derecho a solicitar la liquidación de todas sus obligaciones. La Propiedad abonará del trabajo realizado, las retenciones efectuadas y devolverá la fianza (si la hubiera).

5.2.3 INDEMNIZACIONES-RECLAMACIONES

El contratista eximirá al Propietario de toda responsabilidad por cualquier pérdida o daño en los bienes de su propiedad o encomendados al cuidado, custodia o control del Contratista, sus agentes o empleados.

El Contratista indemnizará y exonerará al Propietario de toda responsabilidad por cualquier reclamación presentada a terceros referentes a imposición de costes, tasas judiciales o minutas de Abogados y Procuradores por pleitos relacionados directa o indirectamente con el trabajo.

En todo caso, el Contratista acepta y asume la responsabilidad exclusiva por el exacto cumplimiento de todas las obligaciones establecidas por disposiciones Nacionales, Provinciales o Municipales, Reglamentaciones, Ordenanzas o Estatutos, relacionados con el Seguro de Desempleo, Seguro de Accidentes de Trabajo y, en general, por todas las normas que pueden implicar un cargo o responsabilidad del Propietario.

El Contratista se compromete a rembolsar al Propietario de las sumas que éste se vea obligado a pagar debido a negligencias por parte del Contratista en el cumplimiento de sus obligaciones.

El Contratista mantendrá al Propietario al margen de cualquier reclamación por parte de terceros, relacionados, directa o indirectamente con el trabajo. Si en cualquier momento se probara la existencia de algunas de estas reclamaciones, imputable al Contratista, y por la que el Propietario pudiera ser hecho responsable, el Propietario tendrá derecho a descontar de cualquier pago debido, según Contrato, la cantidad suficiente para afrontar los gastos de esta reclamación.

5.2.4 SEGUROS

5.2.4.1 SEGUROS DE CONSTRUCCIÓN

La necesidad de producir los Seguros de Construcción vendrá fijado en el Contrato. En el caso en que así se fije, deberán cumplirse las condiciones siguientes:

Previamente en el inicio de los trabajos contratados, el Contratista facilitará a la Propiedad una plataforma de las pólizas de seguro de construcción que pretenda suscribir, al solo efecto de que ésta quede informada sobre su alcance y efectos y sin que tal conocimiento implique conformidad con las mismas y exoneración de las responsabilidades que el Contratista acepta en orden a cubrir la totalidad de los riesgos que puedan derivarse como consecuencia de la ejecución de los trabajos a realizar.

Todas las pólizas de seguro serán ejecutadas de manera que el Asegurador se compromete a no cancelar la póliza durante su período de aplicación sin haber avisado a la Propiedad por escrito con treinta días de anticipación de la fecha de cancelación.

A petición de la Dirección de Ejecución, el Contratista entregará una copia de los recibos de pago de las citadas pólizas.

El Contratista avisará por escrito a la Propiedad si, a su juicio, se precisan seguros adicionales durante la ejecución de los trabajos. La aceptación de esta propuesta por parte de la Propiedad queda a elección de ella.

5.2.4.2 OTROS SEGUROS

En todo momento, durante la ejecución de los trabajos, el Contratista mantendrá a su costo los siguientes seguros:

- **Personal.** Seguros laborables hasta los límites legales establecidos.
- **Vehículos.** Seguros cubriendo como mínimo los daños a terceros. Se incluye en este apartado el transporte del personal si se realiza en vehículos del Contratista.
- **Transporte.** Seguros de transporte de materiales y equipos de la Propiedad transportados por terceros.
- **Seguro de Responsabilidad Civil.** El Contratista queda obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes preceptúen para evitar posibles accidentes, además de las que se indican en el Estudio de Seguridad y Pliego de Condiciones.

El contratista será responsable durante la obra, de todos los daños y perjuicios directos e indirectos, que se puedan ocasionar a cualquier persona, propiedad, empresa o servicio público o privado, como consecuencia de los actos, omisiones o negligencias del personal a su cargo y de la deficiente organización de la obra.

Las responsabilidades mencionadas alcanzarán directamente al Contratista que será considerado como único responsable, aún cuando el hecho que las produzca merezca la calificación de accidente o caso fortuito, por lo que desde el inicio de la obra deberá tener contratada una póliza de seguro de Responsabilidad Civil con una garantía mínima de 100.000.000 de Ptas. (cuando no se especifique alguna otra cantidad), incluyendo las Fianzas Civiles y Criminales.

El Contratista deberá presentar una fotocopia de la póliza en vigor, extendida por una compañía de suficiente solvencia, así como el último recibo pagado, comprometiéndose asimismo a presentar los sucesivos recibos que vayan durante la ejecución de los trabajos. La propiedad se reserva el derecho de solicitar la inclusión o modificación de las cláusulas que considere oportunas para que el seguro tenga su pleno efecto.

La póliza deberá considerar como “terceros” a las otras empresas y personas de las mismas que intervengan en la obra simultáneamente, incluyendo la cobertura por daños que puedan causar a bienes preexistentes, tanto ya entregados a la Propiedad como en curso de ejecución. Asimismo deberá incluirse la Responsabilidad Civil Cruzada y la Patronal, la derivada de Equipos y Maquinaria, la Subsidiaria de los Subcontratistas que puedan intervenir, la derivada del Mantenimiento con un mínimo de doce meses, la

Subsidiaria por utilización de Vehículos de Terceros, todo ello con cláusula de renuncia por parte de la entidad aseguradora (del Contratista) de los derechos de subrogación de recobro sobre la Propiedad o contra otra empresa concurrente en la obra.

Asimismo deberán presentar fotocopia de la póliza Acumulativa de Accidentes según el Convenio al que pertenece la empresa que ejecute los trabajos.

El Contratista será responsable único de los daños y perjuicios que se deriven del incumplimiento de la legislación vigente en esta materia, ya que se consideran incluidos en el precio de la Contrato todos los gastos precisos para cumplimentar dichas disposiciones, contenidas en el Estudio de Seguridad presentado y Plan de Seguridad elaborado en base al mismo.

Si por incumplimiento del Plan de Seguridad o negligencia en la exigencia de su cumplimiento se produjera algún accidente, que diera lugar a la paralización de los trabajos, el retraso que por esta circunstancia se produzca no podrá considerarse como causa de justificación del mismo.

El Contratista queda obligado al cumplimiento de lo dispuesto en la actual legislación de material laboral, seguros, vargas y demás disposiciones vigentes de carácter social, que en lo sucesivo pongan en vigor, no siendo responsable la Propiedad del incumplimiento de las mismas, ni de las que se dicten por las Autoridades competentes.

5.2.5 JURISDICCIÓN Y FUERO DEL CONTRATO

Cualquier duda o discrepancia que pudiera surgir entre las partes Contratantes durante la vigencia del Contrato, en orden a su interpretación, desarrollo y definitiva ejecución, será resuelta por medio del procedimiento especial de Arbitraje de Equidad, previsto y regulado por la Ley Española de 22 de Diciembre de 1953.

A menos que el Contrato se especifique de otra manera, ambas partes, con renuncia expresa de cualquier fuero especial que pudiera corresponderles, se someten al de los Juzgados y Tribunales de Barcelona, lugar en el que asimismo, se llevará a cabo el procedimiento arbitral al que este apartado se refiere.

5.2.6 FUERZA MAYOR

Las Partes acuerdan en definir como casos fortuitos o de fuerza mayor los hechos o acciones que afectando el progreso normal del trabajo a realizar, estén más allá del control razonable de las Partes y que no puedan ser previstos, siempre y cuando tales hechos o acciones no tengan lugar como consecuencia de la negligencia de la Parte que los invoque o de sus empleados. En consecuencia, se considerará como caso fortuito o de fuerza mayor a los que se enumeran a continuación, siempre y cuando estén comprendidos dentro de la definición antes señalada y en el entendimiento que tal enumeración no tiene carácter taxativo sino simplemente enunciativo: incendio, inundaciones, naufragios, terremotos, desastres, guerras, operaciones militares de cualquier índole, revoluciones, conmociones civiles, huelgas y epidemias.

- Ninguna de las partes será responsable por falta e incumplimiento de los términos del Contrato, si su ejecución y/o cumplimiento ha sido impedido, demorado u obstaculizado por caso fortuito o de fuerza mayor. En estos casos la fecha de terminación de los trabajos a realizar sería prorrogada por el plazo que establezcan las Partes de común acuerdo.

- Cuando ocurra un caso fortuito o de fuerza mayor que afecte el proceso normal de la Obra, la Parte afectada notificará el hecho por escrito a la otra Parte con la máxima brevedad posible. Las Partes realizarán los esfuerzos necesarios que les correspondan para superar la situación.

- Al cesar el evento o circunstancia de fuerza mayor y/o caso fortuito, las Partes consultarán sobre la situación y procederán de común acuerdo a efectuar todos los reajustes que resulten necesarios para la culminación de las actividades contratadas. A este efecto el Contratista presentará una revisión de la ruta crítica de la Obra y/o alternativa de acción que se formalizará de mutuo acuerdo según el procedimiento de Cambio de Orden.

- Si por circunstancia de fuerza mayor y/o caso fortuito una o ambas Partes resultasen impedidas durante un período mayor a cuatro meses, de cumplir las obligaciones estipuladas en el Contrato, las Partes se obligarán a consultarse mutuamente respecto a los planes y modalidades para la ejecución futura del Contrato. En caso de que tales consultas no diesen como resultado un acuerdo entre la Partes, cualquiera de ellas podrá, a su juicio, rescindir el Contrato.

5.2.7 CONCURSO Y ADJUDICACIÓN

El Contratista acepta, bajo demanda de la Propiedad, las condiciones que se redactan a continuación:

El concursante deberá ajustar su oferta según las condiciones preescritas por el Propietario. En particular, la oferta se ceñirá a los alcances que se fijan en las especificaciones técnicas que adjunte el Propietario. No obstante, si se desea sugerir cualquier cambio o modificación, que el ofertante considere pueda hacer técnica y económicamente más atractiva otra alternativa, ésta podrá ser remitida, en documento separado con respecto a la oferta principal, como variante a considerar y en la que se deberá indicar clara y detalladamente en qué consisten los cambios o variaciones y las razones que aconsejan al introducirlos.

El concursante, antes de presentar la oferta, deberá mantener impescindiblemente una entrevista con el director técnico de la Propiedad que ejecuta la obra.

El ofertante deberá aceptar expresamente las Bases del Concurso. Puede acordarse la descalificación del concursante por presentar excepciones a las presentes bases. No obstante, en caso de que el concursante no aceptara, en todo o en parte alguna de las condiciones, o quisiera hacer alguna reserva sobre las mismas, lo deberá hacer constar explícitamente en su oferta bajo el epígrafe “Excepciones a las condiciones de concurso”.

En todo momento anterior a la fecha límite para la presentación de la oferta, el Propietario puede modificar los documentos de la Petición de Oferta, ya sea por propia iniciativa o a consecuencia de una petición de aclaraciones.

Las ofertas no llevarán añadidos, enmiendas, raspaduras, etc. Las personas que firmen las ofertas serán, en cada caso, las siguientes:

-Si el ofertante es una única sociedad, lo harán la o las personas debidamente apoderadas por la empresa con documento notarial.

-Si el ofertante es una asociación, unión o grupo de empresas, lo harán los respectivos representantes de cada una de ellas, pudiendo ser éstos uno o varios en cada caso. Todos ellos se encontrarán así mismo debidamente apoderados notarialmente por sus empresas.

La oferta, firmada por las personas apoderadas, compromete legalmente a todos y cada uno de los miembros del grupo, con responsabilidad conjunta y solidaria.

El ofertante soportará todos los gastos, cualquiera que sea su motivo o causa, derivados de la preparación, elaboración o presentación de su oferta, no pudiendo en ningún caso, y sea cual fuere el resultado final del concurso, repercutírseles total o parcialmente al Propietario.

El Propietario dispondrá del plazo de vigencia de las ofertas para proceder a su enjuiciamiento y calificación. Durante este plazo se podrá requerir la presencia de

técnicos cualificados y con representación suficiente de los concursantes que se estimen preciso, al objeto de recabar la información que se considere necesaria.

Para enjuiciar las ofertas se tendrán en cuenta, entre otros, los siguientes criterios:

- Plazos y garantía de su cumplimiento.
- Calidad técnica de las ofertas.
- Idoneidad de los Organigramas de obra y especialmente de las personas que ocuparán los puestos más relevantes.
- Adecuación y contenido del Plan de Calidad.
- Precios.
- Currículum de los trabajadores.

El Propietario se reserva el derecho de rechazar las ofertas que estime que no son convenientes a sus intereses. Igualmente se reserva el derecho a admitir cualquier oferta que le convenga, aunque contuviese defectos de forma.

El Propietario se reserva el derecho de no adjudicar alguna o algunas de las partidas ofertadas por el concursante sin que por dicha causa éste, caso de resultar Adjudicatario, pueda formular reclamación alguna.

La admisión o no admisión de las ofertas, la adjudicación a determinado Contratista o la decisión de considerar desierta la adjudicación, es libre por parte del Propietario, sin que el mismo tenga que fundamentar esos actos y sin que contra ello quepa recurso o acción alguna por parte de los ofertantes.

Al concursante seleccionado se le comunicará por escrito la adjudicación, pasando a formalizarse el correspondiente contrato en un plazo máximo de 30 días a partir de la fecha de adjudicación.

La validez de la oferta será de tres meses a partir de la fecha de admisión de este documento.

En resumen, los documentos que deberá presentar el ofertante serán los siguientes:

- Copia autorizada, o testimonio notarial, del Poder del Firmante de la Oferta o fotocopia del mismo.
- Declaración expresa del ofertante de la aceptación plena del presente Pliego de Condiciones y restantes documentos de la petición de oferta.
- Plazo de validez de la oferta.
- Programación de todos los trabajos a realizar.

- Plan de Calidad de ejecución.
- Organigrama de la Obra y Currículum del personal de obra.
- Relación de proveedores que tenga previsto el ofertante para la ejecución de los trabajos y suministro de materiales y equipos.
- Documentación que acredite encontrarse al corriente de las obligaciones tributarias según la legislación vigente.
- Certificado de la Seguridad Social donde se indique estar al corriente de pago y no tener ningún descubierto en dicho organismo.
- Lista de referencia de los trabajos análogos realizados en los últimos 3 años.
- Excepciones a las condiciones del concurso.
- Cualquier alternativa técnica y/o económica que se desee realizar. La valoración de estas alternativas deberán incluirse en la oferta económica en documento aparte.
- Nombre, teléfono y fax de contacto de la persona a quien dirigirse en caso de ser necesarias consultas o aclaraciones relacionadas con la oferta.
- Ejemplar firmado de las Especificaciones Técnicas.

5.3.2.8 PLAZO DE ENTREGA Y EJECUCIÓN

El Contratista dará inicio a la obra en el plazo que figure en el contrato establecido con la Propiedad o, en su defecto, a los 15 días de la adjudicación definitiva o firma del contrato.

El Contratista estará obligado a notificar por escrito al Director Técnico de la Propiedad responsable del trabajo la fecha de inicio de los trabajos.

Para la ejecución, entrega y puesta en marcha de la instalación se establecerá un período de tres meses a partir de firma del contrato, incluyendo domingos y festivos.

Los casos de fuerza mayor debidos a los cuales el tiempo previsto para la finalización de la instalación pudiera alterarse, se darán por escrito y con justificación oficial a la Propiedad.

5.3 CONDICIONES ECONÓMICAS

5.3.1 LIQUIDACIONES

Acabada la obra se procederá a la liquidación final, que se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en el contrato.

La liquidación de la instalación ya terminada, será presentada por el Contratista para la comprobación por parte de la Dirección de Obra en el plazo de 2 semanas, contando desde la fecha de recepción.

Junto con la liquidación se enviarán cuantos documentos sean necesarios para la comprobación de las mismas.

De las facturas y solicitudes de pago a cuenta de la obra ejecutada se entregará un ejemplar por parte del Contratista a la Dirección de Obra.

5.3.2 LIQUIDACIÓN EN CASO DE RESCISIÓN DEL CONTRATO

Siempre que se rescinde el contrato por causas anteriormente citadas, o bien mediante mutuo acuerdo, se abonarán al Contratista las partes de obra ejecutadas así como los materiales utilizados en obra.

Cuando se rescinda el contrato, llevará implícita la retención de la fianza, para obtener los posibles gastos de conservación, el período de garantía y los derivados del mantenimiento, hasta la fecha de la nueva adjudicación.

5.3.3 PRECIOS Y CONDICIONES DE PAGO

Los suministros, trabajos y servicios del presente proyecto serán facturados a los precios estipulados en la sección de Presupuestos. Las tarifas allí establecidas incluyen estudios, desarrollo, instalación y puesta en marcha de todos los servicios ofertados.

La forma de pago será la siguiente:

- 20% al realizarse el Pedido
- 20% al suministro de los equipos
- 60% con certificaciones mensuales

El pago podría ser modificado por mutuo acuerdo entre ambas partes, apareciendo expresamente escrito en el Contrato de compra-venta.

Los pagos se efectuarán mediante Transferencia Bancaria con vencimiento a 60 días fecha de factura.

5.3.2.4 CERTIFICACIONES

Las certificaciones se presentarán mensualmente a la Dirección de Obra en el número de copias que se requiera.

Se certificarán por separado los trabajos incluidos en el Contrato y los trabajos Suplementarios de acuerdo con las siguientes normas:

- Certificaciones de los trabajos del Contrato.

Las certificaciones se realizarán utilizando como guía la Medición Valorada y el Avance Físico reflejando cada mes las unidades de obra acumuladas.

Las deducciones o aumentos en las unidades de obra que resultante de la Revisión de los Documentos Técnico, sobre las indicadas, se abonarán a los precios contractuales.

Las certificaciones se realizarán siempre a origen deduciendo la certificación del mes anterior y las retenciones contractuales.

- Certificaciones de trabajos suplementarios.

Se certificarán por Orden de Trabajo de una manera acumulativa.

En el caso de trabajos realizados en régimen de Administración, deberán adjuntarse a la misma, por Orden de Trabajo:

- Mano de Obra: Copia de los partes de trabajo diario aprobados, indicando el nombre y la categoría del personal que haya ejecutado el trabajo.
- Materiales: Ídem Mano de Obra, adjuntando además las facturas correspondientes en caso de no figurar sus precios en el Presupuesto.

Las certificaciones se entregarán a la Dirección de Obra como máximo el día cinco de cada mes.

5.3.6 PLAZOS Y PENALIDADES

5.3.6.1 PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS

Antes de comenzar los trabajos, el Contratista estará obligado a presentar un programa detallado de su ejecución, en el cual se deberá incluir perceptivamente lo siguiente:

- Ordenación en partes o clases de trabajos que componen el proyecto, indicando las unidades a realizar.
- Descripción de los medios necesarios, tanto de personal y materiales, como instalaciones y equipos, con expresión de sus rendimientos medios.
- Estimación de los plazos de ejecución de los distintos trabajos, instalaciones y operaciones preparatorias, transporte y puesta en servicio de los equipos y de la ejecución de las diversas partes de los trabajos contratados.
- Valoración mensual y acumulada de la obra programada, por partes o clases de obra y en conjunto, a precios unitarios.
- Gráficos, diagramas y organigramas de las diversas actividades o trabajos.
- Diagrama de barras del conjunto de la obra contratada y sus partes esenciales.

Este programa sólo podrá ser variado por el Contratista con objeto de acortar plazos de ejecución y previa aprobación de la Dirección de Obra.

Si de ello se derivan gastos suplementarios para la Propiedad será preceptiva la aprobación previa de ésta y que la modificación del programa no tenga como objeto recuperar el tiempo perdido por el Contratista.

5.3.2.4 PLAZO DE EJECUCIÓN

El Contratista ejecutará las obras de acuerdo con el programa de trabajo. Sin perjuicio de lo estipulado en las Especificaciones sobre la terminación prioritaria parcial de los trabajos, éstos se concluirán, totalmente dentro de los plazos establecidos en el Contrato, teniendo en cuenta eventualmente las prórrogas en virtud del punto siguiente.

5.3.6.3 PRORROGA DEL PLAZO DE EJECUCIÓN

Si la cantidad de trabajo extra o adicional de cualquier clase, o las circunstancias especiales de cualquier naturaleza que se produzcan pueden ser tales que hiciesen justo conceder al Contratista una prórroga en el plazo para la terminación de los trabajos, la Dirección de Obra deberá determinar la extensión de dicha prórroga del plazo, con objeto de que su solicitud pueda ser estudiada.

5.3.7 PROGRESO DE LOS TRABAJOS

La totalidad de los materiales, equipos y mano de obra que el Contratista tenga que aportar en virtud del Contrato, así como la forma, manera y rapidez de ejecución o mantenimiento de los trabajos, han de ser de calidad y han de llevarse a cabo de tal forma que satisfagan a la Dirección de Obra. Si al parecer de la Dirección de obra, el ritmo de los trabajos o de alguna de las partes, es demasiado lento para asegurar su terminación, se lo comunicará al Contratista, el cual inmediatamente, deberá adoptar las medidas que considere necesarias y que la Dirección de Obra apruebe para acelerar la ejecución de los trabajos, con el objeto de terminarlos dentro del plazo fijado.

Si el cumplimiento de los plazos parciales, cuando sea por causas imputables al Contratista, hiciera prever racionalmente un retraso en la recepción final de los trabajos, el Propietario puede adoptar indistintamente por la resolución del Contrato o por la imposición de las penalidades según Contrato. De igual manera se procederá si el plazo final ha quedado incumplido.

5.3.8 ATRASOS DEL CONTRATISTA

El Contratista trabajará en horas extras y festivas, sin cargo alguno a la Propiedad, hasta recuperar los retrasos ocasionados en la Obra y obtendrá a su costa los permisos necesarios para trabajar en horas extraordinarias, nocturnas o festivas, en cuyo caso dispondrá de todas las instalaciones complementarias que sean necesarias en especial, iluminación adecuada y medidas de seguridad.

En caso de que se produzca cualquier retraso del Propietario se concederá una prórroga de la fecha de terminación programada que cubra la duración de dicho retraso, y el Contratista, pero se acuerda que no se hará ningún pago al Contratista a causa de tal retraso, y el Contratista acepta no presentar, y desde este momento renuncia a ello, reclamación por daños causados por tal retraso.

El Contratista informará por escrito al Director de Obra de las causas que puedan suponer retrasos en la finalización de los trabajos.

El mal tiempo no podrá ser alegado como justificación de los retrasos en la realización de los trabajos, salvo en los pocos casos en que la Propiedad acepte la declaración de Fuerza Mayor.

5.3.9 PENALIDADES POR RETRASO

Si el Contratista no termina los trabajos dentro del plazo estipulado, con inclusión de prórrogas eventuales, el Contratista pagará al Propietario por ello el importe o importes establecidos en el Contrato como penalización, por cada día o fracción de día que transcurra por exceso, hasta la fecha en que quede terminada cada parte de los trabajos, según se describe en los documentos del Contrato. Estas penalidades no pueden exceder del 20% del presupuesto total de la obra, por lo que una vez alcanzado este límite máximo, el Propietario podrá resolver el Contrato, con aplicación de las

indemnizaciones que procedan a su favor. La obligación del Contratista de indemnizar al Propietario por retraso subsistirá, aún en el caso de que, por causas ajenas al objeto del Contrato, se retrase la puesta en servicio de la instalación construida por el Contratista. El Propietario podrá, sin perjuicio de cualquier otro medio de reembolso, deducir la cantidad correspondiente de las que estando en su poder sean, o vayan a ser, debidas al Contratista. El pago o la deducción de tales indemnizaciones no revelarán al Contratista de su obligación de terminar las obras ni de cualquiera de sus demás obligaciones y responsabilidades que emanen del Contrato.

Si el Propietario pudiese poner o hubiera puesto en servicio la instalación para el fin previsto, aunque no se hubiesen terminado la totalidad de los trabajos contratados, la indemnización por retraso será decidida para el período de retraso transcurrido después de la puesta en servicio en la proporción correspondiente al valor de las instalaciones puestas en servicio.

5.3.10 FIANZA Y PLAZO DE GARANTIA

En el contrato se establecerá la fianza, que el Contratista tendrá que depositar en garantía del cumplimiento del mismo, o se convendrá una retención sobre los pagos realizados a cuenta de la obra. De no estipularse la fianza en el contrato, se adoptará como garantía una retención del 5% sobre los pagos a cuenta.

En el caso de que el Contratista se negara a hacer por su cuenta, los trabajos para ultimar la obra en las condiciones establecidas en la garantía, la propiedad podrá ordenar el ejecutarlas a un tercero, abonando su importe con recargo a la retención o fianza.

La fianza retenida, se abonará al Contratista en un plazo no superior a 30 días, una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra.

5.3.11 CLAUSULAS FINANCIERAS

El técnico se hará cargo de todos los gastos de embalaje y transporte de los materiales necesarios para llevar a buen término el proyecto hasta el lugar donde se encuentra localizada la instalación. Si los materiales transportados sufrieran desperfectos será el Contratista el responsable.

Durante el período de garantía, la totalidad de los gastos originados por reparaciones habrá de atenderlos el Contratista, inclusive los gastos originados por transporte.

Las tarifas acordadas comprenderán salarios, beneficios, cargas sociales, dietas, seguros y amortización del utillaje personal en jornadas de trabajo de 8 horas diarias de lunes a viernes. A partir de las 8 horas diarias de lunes a viernes, el aumento será del 40% sobre la tarifa base. Si las jornadas de trabajo se extienden a las noches (de 22 a 6 horas), sábados, domingos y festivos el aumento será del 75%.

5.4 CONDICIONES FACULTATIVAS

Las condiciones facultativas señalan las medidas previas para asegurar una buena ejecución de toda la obra, por lo que se preverá además la forma de resolver posibles incidencias.

5.4.1 MANO DE OBRA

La mano de obra a emplear por el Contratista será siempre de la más alta calificación requerida para cada oficio. En determinadas especialidades, el Propietario podrá exigir al Contratista titulaciones adecuadas o experiencia documental probada en estas calificaciones profesionales.

Estas Condiciones Facultativas deben ser conocidas por todos los responsables del Contratista. Con este fin el Propietario proporcionará al Jefe de Obra del Contratista hasta cuatro copias de los planos sin cargo. Si son necesarias más copias serán facturadas al coste.

El Contratista deberá mantener en planta personal con experiencia en trabajos en ambiente explosivo. El Propietario suministrará planos e instrucciones de “Clasificación de Áreas Peligrosas” debiendo él mismo seleccionar el material a emplear en estas zonas de acuerdo con las normas sobre el particular y planos que se faciliten.

5.4.2 MATERIALES

Todos los materiales utilizados serán de primera calidad, cumplirán las especificaciones y tendrán las características indicadas en el proyecto y en las normativas técnicas generales.

En el caso de existir contradicción u omisión en los documentos del proyecto, el Contratista tendrá la obligación de ponerlo de manifiesto al Director Técnico de la Obra, que será el que decidirá sobre el particular. En ningún caso podrá suplir la falta directamente sin autorización expresa.

5.4.2.1 ACOPIO DE MATERIALES

De acuerdo con el plan de obra, el Contratista irá almacenando en lugar establecido de antemano, todos los materiales necesarios para ejecutar la obra, de forma escalonada según sus necesidades.

Los materiales de fábrica vendrán convenientemente embalados, al objeto de protegerlos contra los elementos climatológicos, golpes y malos tratos durante el transporte a obra, así como durante su permanencia en el lugar de almacenamiento.

Los embalajes de componentes pesados o voluminosos dispondrán de los convenientes refuerzos de protección y elementos de enganche que faciliten las operaciones de carga y descarga, con la debida seguridad y corrección.

Externamente en el embalaje y en lugar visible se colocarán etiquetas que indiquen inequívocamente el material contenido en su interior.

El Contratista será responsable de la vigilancia de sus materiales durante el almacenaje y el montaje y, también, una vez instalados en el lugar de emplazamiento definitivo, hasta la recepción provisional. La vigilancia incluye también las horas nocturnas y los días festivos, si en el Contrato no se estipula lo contrario.

La Dirección de Obra tendrá libre acceso a todos los puntos de trabajo y a los lugares de almacenamiento de los materiales para su reconocimiento previo, pudiendo ser aceptados o rechazados según su calidad y/o estado, siempre que la calidad no cumpla los requisitos marcados en este Pliego de Condiciones y/o el estado muestre claros signos de deterioro.

Cuando algún material ofrezca dudas respecto de su origen, calidad, estado y aptitud para la función, la Dirección de Obra tendrá derecho a recoger muestras y enviarlas a un laboratorio oficial, con el fin de realizar los ensayos pertinentes, con gastos a cargo del Contratista.

Si el certificado obtenido fuera negativo, todo el material se declarará no idóneo y será sustituido, a expensas del Contratista, por material de la calidad exigida.

Igualmente, la Dirección de Obra podrá ordenar la apertura de calas cuando sospeche la existencia de vicios ocultos de la instalación, siendo por cuenta del Contratista todos los gastos que se ocasionen.

5.4.2.2 INSPECCIÓN Y MEDIDAS PREVIAS AL MONTAJE

Antes de comenzar los trabajos de montaje, el Contratista deberá efectuar el replanteo de todos y cada uno de los elementos de la instalación, equipos, aparatos y conducciones.

En caso de discrepancias entre las mediciones realizadas en obra y las que aparecen en Planos u otros documentos, que impidan la correcta realización de los trabajos de acuerdo a la Normativa vigente y a las buenas reglas del arte, el Contratista deberá notificar las anomalías a la Dirección de Obra para realizar las oportunas rectificaciones.

5.4.2.3 VARIACIONES Y CAMBIO DE MATERIALES

La Empresa Instaladora podrá proponer cualquier variante sobre el presente Proyecto que afecte al sistema y/o a los materiales especificados siempre que está debidamente justificada, y busque la mejora de la instalación proyectada.

La aprobación de tales variantes queda a criterio de la Dirección de Obra, que las aprobará solamente si redundan en un beneficio económico de inversión y/o explotación para la Propiedad, sin merma para la calidad de la instalación.

La dirección de Obra evaluará para la aprobación de las variantes, todos los gastos adicionales producidos por ellas, debidos a la reconsideración de la totalidad o parte de los y, eventualmente, a la necesidad de mayores cantidades de materiales requeridas por cualquiera de las otras instalaciones.

Variaciones sobre el proyecto pedidas, por cualquier causa, por la Dirección de Obra durante el curso del montaje, que impliquen cambios de cantidades o calidades e,

incluso, el desmontaje de una parte de la obra realizada, deberán ser efectuadas por la Empresa Instaladora, después de haber pasado una oferta adicional, basada sobre los precios unitarios de la oferta principal y, en su caso, sobre nuevos precios a negociar.

5.4.2.4 PROTECCIÓN

La Empresa Instaladora deberá proteger todos los materiales y equipos de desperfectos y daños durante el almacenamiento en la obra y una vez instalados.

Las aperturas de conexión de todos los aparatos y máquinas deberán estar convenientemente protegidas durante el transporte, el almacenamiento y el montaje, hasta tanto no se proceda a su unión, por medio de elementos de taponamiento de forma y resistencia adecuada para evitar la entrada de cuerpos extraños y suciedad dentro del aparato.

Especial cuidado se tendrá con materiales frágiles y delicados, que deberán quedar debidamente protegidos.

La Empresa Instaladora será responsable de sus materiales y equipos hasta la Recepción Provisional de la Obra.

5.4.2.5 CERTIFICACIONES DE MATERIALES

Todos los materiales que lleguen a la obra deberán estar debidamente certificados por un Organismo Oficial del país de origen o por el mismo fabricante (autocertificación mediante Declaración de conformidad del Fabricante), de acuerdo a las directivas de la CEE.

La certificación deberá garantizar el cumplimiento de las normas, de la CE o del País de origen, sobre seguridad mecánica y eléctrica, seguridad en caso de incendio, higiene, salud y medio ambiente, protección contra el ruido, aptitud para la función y ahorro energético.

Los materiales procedentes de países terceros deberán cumplir con la normativa que, al respeto, emane de la CEE.

5.4.2.6 COMPROBACIÓN DE MATERIALES.

Cuando el material llegue a obra con certificado de homologación que acredite el cumplimiento de la normativa vigente, nacional o extranjera, o, en su defecto, con certificado de origen industrial emitido por el propio fabricante, su recepción se efectuará comprobando únicamente, sus características aparentes, dimensionales y funcionales y verificando que está completo con todos los accesorios.

Cuando el material esté instalado, se comprobará que el montaje cumple con las exigencias marcadas en la respectiva especificación técnica.

5.4.3 HERRAMIENTAS

La empresa Instaladora poseerá, para situar en obra según necesidades, todas las herramientas y utillajes necesarios para el montaje y pruebas requeridas, así como todo el material fungible para desarrollar el trabajo.

5.4.4 PLANOS

En general, y sin que esto constituya norma, la Propiedad suministrará al Contratista todos los planos que éste necesite para la ejecución de la obra.

Las modificaciones de campo que se realicen deberán ser reflejadas en los planos y serán entregados a la Propiedad al final de la obra.

Los planos del proyecto en ningún caso deben considerarse con carácter ejecutivo, sino solamente indicativos de la disposición general de los sistemas eléctricos, de control, y del alcance del trabajo incluido en el Contrato.

Para la exacta situación de los aparatos, equipos y conducciones, la Empresa Instaladora deberá examinar atentamente los planos y detalles del proyecto.

En caso de no disponer de planos de implantación para un determinado servicio incluido dentro del alcance de suministro, la Empresa Instaladora realizará el desarrollo de los mismos de acuerdo a la información contenida en otros documentos del proyecto, sometiendo los mismos a la aprobación de la Dirección de Obra.

La empresa Instaladora deberá someter a la Dirección de Obra, para su comprobación, dibujos detallados, a escala adecuada, de equipos, aparatos, etc. que indiquen claramente dimensiones, espacios libres, situación de conexiones, peso y cuanta otra información sea necesaria para la correcta evaluación.

Los planos de detalle pueden ser sustituidos por folletos o catálogos del fabricante del aparato, siempre que la información sea suficientemente clara.

Ningún equipo o aparato podrá ser entregado en obra sin obtener la aprobación por escrito de la Dirección de Obra.

A petición de la Dirección de Obra, la Empresa Instaladora deberá entregar una muestra del material que pretende instalar antes de obtener la correspondiente aprobación.

La empresa Instaladora deberá someter los planos de detalles, catálogos y muestras a la aprobación de la Dirección de Obra con suficiente antelación para que no se interrumpa el avance de los trabajos de la propia instalación o el de los contratistas.

La aprobación por parte de la Dirección de Obra de planos, catálogos y muestras no exime a la Empresa Instaladora de su responsabilidad en cuanto al correcto funcionamiento de la instalación se refiere.

5.4.5 NORMATIVA

El diseño de la instalación estará de acuerdo con las siguientes exigencias y recomendaciones expuestas en la última edición de los siguientes reglamentos:

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias RD 327/82 de 12/11 BOE N°288 de 1/12/82 OM de 67/84 BOE de 1/8/84
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía, aprobado por R.D. de 12 de marzo de 1954 con las correspondientes modificaciones hasta la fecha
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias, Decreto 2413/1973 de 20/9, BOE nº 242 de 9/10/73 y R.D. 2295/85 de 9/10 BOE nº 242
- Normas relativas a la Seguridad y Salud en el Trabajo, Construcción y Protección contra incendios en las instalaciones eléctricas de Alta y Baja Tensión
- Normas UNE que sean de aplicación
- Normas CEI que sean de aplicación
- Normas Tecnológicas de la Edificación que sean de aplicación
- Normas UNE aplicables del Instituto Nacional de Racionalización en el Trabajo
- Normas particulares de FECSA - ENHER
- Normas particulares del Grupo ENDESA

Aparte de Normativa de carácter obligatorio antes mencionadas, se utilizarán otras Normas, como las Normas UNE de AENOR, ISO, DIN, etc.

En ocasiones, a falta de Normativa española, podrán utilizarse Normas de organismos internacionales o extranjeras, como IEC, etc.

Se entiende que se considerará la edición más reciente de las Normas o Reglamentos y especificaciones, antes mencionadas, con las últimas modificaciones oficialmente aprobadas, aunque en este documento no queden referenciadas.

5.4.6 SEGURIDAD E HIGIENE

Todo el personal empleado por la Empresa Instaladora en la realización de la obra, propios o subcontratados, deberá, estar al corriente del pago de las cuotas de la Seguridad Social.

Además, la Empresa Instaladora estará obligada al cumplimiento de las leyes en materia de Seguridad e Higiene en el trabajo, Contrato de Trabajo o cualquier otra clase de normativa legal que, sobre la materia, se promulguen en lo sucesivo.

Para el visado en el Colegio Profesional y la obtención de la Licencia Municipal y demás autorizaciones y trámites por parte de las distintas Administraciones Públicas es necesario incluir como anexo al Proyecto de Ejecución de obra el Estudio de Seguridad e Higiene, de acuerdo al Real Decreto 555/1986 de 21 de Febrero (BOE número 60 de 21 de Marzo de 1986).

La redacción de este Estudio correrá a cargo de la Empresa Instaladora, y cuando esté incluido en el Proyecto la Empresa Instaladora deberá ajustarlo a las necesidades reales de la obra.

5.4.7 SUBCONTRATISTAS

La empresa Instaladora podrá subcontratar, previa autorización de la Dirección de Obra, parte de los trabajos que forman parte de la obra.

La Empresa Instaladora será responsable de la actuación de los Subcontratistas, sean ellos personas físicas o jurídicas. Los subcontratistas podrán ser recusados por la Dirección de Obra, a su juicio, no parezcan idóneos para ejecutar la parte de la obra para la cual fueron contratados.

5.4.8 RIESGOS

Las obras se ejecutarán, en cuanto a coste, plazo y regla del arte, a riesgo y ventura de la Empresa Instaladora, sin que ésta tenga, por tanto, derecho a indemnización alguna por causa de pérdidas, perjuicios o averías. A estos efectos, la Empresa Instaladora no podrá alegar desconocimiento de situación, comunicaciones, características de la obra, etc.

La empresa Instaladora será responsable de los daños causados a instalaciones y materiales en caso de incendio, robo, cualquier clase de catástrofe atmosférica, etc., debiendo cubrirse tales riesgos mediante seguro,

Asimismo, la Empresa Instaladora deberá disponer de seguro de responsabilidad civil frente a terceros, por los daños y perjuicios que, directa o indirectamente, por omisión o negligencia, se puedan ocasionar a personas, animales o bienes como consecuencia de los trabajos por ella efectuados o por la actuación del personal de su plantilla o subcontratado.

5.4.9 REALIZACIÓN Y CONTROL DEL DISEÑO

En este apartado se describe la metodología a seguir por el Contratista para la realización, revisión y control del diseño con el fin de asegurar el cumplimiento de los requisitos especificados por el Cliente.

5.4.9.1 REALIZACIÓN

Las principales actividades que se deberán seguir para el desarrollo y control del diseño se realizarán en las siguientes etapas:

- Definición de los requisitos de partida.
- Asignación de las Responsabilidades.

- Elaboración de las propuestas de especificación del diseño.

- Ingeniería básica.

- Ingeniería de detalle.

- Revisión del diseño.

- Dossier final.

5.4.9.2 DEFINICIÓN DE LOS REQUISITOS DE PARTIDA

Los requisitos de partida de la instalación los establecerá el Cliente en su solicitud de oferta.

5.4.9.3 ASIGNACIÓN DE LAS RESPONSABILIDADES

Una vez revisados los requisitos del Cliente, se definirá un equipo de proyecto formado por un número de técnicos cualificados en función de las características y magnitud del proyecto. Posteriormente se definirán sus funciones y responsabilidades.

5.4.9.4 ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO

Se procederá a hacer un análisis de los requisitos y se realizarán las propuestas de especificación, teniendo en cuenta:

- Reglas de diseño de la Empresa Instaladora.
- Requisitos del Cliente.
- Normativas.

Las especificaciones del Cliente, básicamente contendrán:

- Las características Intrínsecas de los materiales/componentes.

- Las características constructivas de la instalación.
- Las características funcionales de los productos-instalaciones.

Si es conveniente, se contactará previamente con algunos suministradores para solicitar información de las características de los materiales a adquirir.

5.4.9.5 INGENIERÍA BÁSICA

Se procederá a la realización de la ingeniería básica definiendo los criterios base del diseño y la necesidad de elaborar todos los documentos.

5.4.9.6 INGENIERÍA DE DETALLE

Tras la elaboración de la ingeniería básica, se realizará la ingeniería de detalle. Para poder ejecutar el proyecto se elaborarán los documentos (planos, listas de componentes y materiales con referencia a los códigos indicados en los planos, esquemas, etc.) que se requieran para definir el mismo con el grado de detalles necesario.

5.4.9.7 REVISIÓN DEL DISEÑO

Se deberá realizar una revisión del diseño en las fases de ingeniería básica y de detalle o en tantas ocasiones como se considere necesario. Dichas revisiones se llevarán a cabo antes del envío de la documentación al Cliente para su aprobación.

La revisión de la etapa de ingeniería básica consistirá principalmente en comprobar si se cumplen los requisitos de partida del Cliente, la normativa aplicable y si se han elaborado todos los documentos necesarios, si son completos y están revisados y aprobados.

La revisión en la etapa de ingeniería de detalle consiste principalmente en comprobar que cumplen los requisitos de la ingeniería básica, ya aprobada por el Cliente, y que se han elaborado y aprobado todos los documentos complementarios.

Después de la revisión de la ingeniería de detalle, los documentos se enviarán al Propietario para aprobación de éstos.

5.4.9.8 DOSIER FINAL

Tras las fases anteriores de desarrollo y corrección del diseño o tras la puesta en marcha del sistema, se emitirá la documentación final.

Dicha documentación contendrá básicamente lo siguiente:

- Ingeniería básica

- Ingeniería de detalle (planos “as built”).
- Catálogos, que en general contendrán:
 - Manuales de instrucciones de los equipos instalados.
 - Catálogos de elementos utilizados.
 - Resultado de los programas de puntos de inspección
 - Lista de materiales/componentes
 - Certificados de los materiales.
 - Etc.

El dossier final del proyecto se remitirá al Cliente.

5.4.10 INSPECCIONES DURANTE LA INSTALACIÓN

Este apartado define el método que se deberá establecer para la realización de las inspecciones durante la instalación

Los ensayos o inspecciones realizadas durante la instalación son una herramienta para asegurar que los defectos en los componentes durante el montaje son detectados de la forma más rápida, evitando que se manifiesten en el producto terminado.

El responsable del proyecto designará la/las personas que deberán realizar y verificar las inspecciones mediante el programa de puntos de inspección.

El programa de puntos de inspección deberá ser aprobado por el Cliente antes de ejecutarlos.

5.4.10.1 AUTOCONTROL

Durante el transcurso de las operaciones de fabricación/instalación se realizarán las comprobaciones de carácter general como:

- Verificaciones visuales.
- Verificaciones de las conexiones realizadas.
- Verificaciones de continuidad.
- Verificaciones de secuencias de montajes.
- - Etc.

En general, no quedarán registradas estas operaciones. Si cualquier persona durante estas verificaciones detectase alguna anomalía se lo comunicará a su inmediato superior para que éste aplique las medidas oportunas.

5.4.10.2 INSPECCIONES PROGRAMADAS

Las inspecciones programadas y aprobadas por la Dirección de Obra quedarán reflejadas en los programas de puntos de inspección.

Estas inspecciones programadas serán realizadas por las personas designadas en su momento.

Tras las inspecciones realizadas se identificarán como “conformes” o “no conformes” según aplique. En el caso de que las inspecciones realizadas evidencien anomalías se identificará la no conformidad y se informará al cliente si la importancia de las mismas lo considera necesario. De cualquier modo, la anomalía detectada deberá ser corregida lo antes posible.

5.4.11 INSPECCIÓN FINAL

Se realizará una inspección final del proyecto con el fin de comprobar que cumple los requisitos especificados.

La realización de ensayos sobre el producto terminado tiene por finalidad:

- Comprobar que satisfacen los requisitos especificados.
- Detectar los defectos para identificar las causas y eliminarlas mediante acciones correctoras.

El proyecto acabado será sometido a inspección final del proceso de instalación propiamente dicho, antes de se entrega al cliente.

Estas inspecciones suelen ser las pruebas funcionales que se realizan para determinar si cumplen con los requisitos solicitados por el Propietario.

Si se ha establecido contractualmente, se acordará con el Propietario la forma de llevar a cabo estas inspecciones.

Todas las pruebas funcionales deberán ser aprobadas con anterioridad por la Dirección de Obra.

Antes de realizar la inspección final se realizará una inspección previa. Posteriormente, se realizará la inspección final conforme a un programa en presencia de la Propiedad.

En el caso de que el resultado de las inspecciones sea incorrecto y el Propietario no acepte el trabajo, se identificará como “No conforme”, determinando las acciones correctoras a tomar para subsanar el problema.

5.4.4 RECEPCIÓN DE SUMINISTROS

Este apartado tiene por objeto describir el método para llevar a cabo la inspección de recepción de los materiales y componentes comprados, con el fin de asegurar que cumplen con los requisitos de compra y evitar el uso de los defectuosos.

Cada producto comprado deberá pasar la inspección de recepción antes de su almacenamiento o instalación.

Las inspecciones se realizarán conforme a los programas de puntos de inspección aprobados por la Propiedad.

5.4.12.1 REALIZACIÓN

A la recepción de todos los materiales, componentes o equipos se les realizará una inspección cuantitativa.

A la llegada de un material, la persona encargada de su recepción, cotejará el albarán de entrega del proveedor, la copia del pedido y el material recibido, para verificar que:

- La identidad del material es correcta (marca, modelo, etc.).
- La cantidad suministrada y el plazo de entrega son correctos.
- Los embalajes y el contenido no han sido dañados durante el transporte.
- Está acompañado de los documentos solicitados (certificados, instrucciones de uso, etc.)

Completado el proceso de verificación anterior, se procederá a realizar las inspecciones a los materiales, componentes o equipos que lo requieran.

En los casos en que los materiales, debido a su especial índole, no puedan ser ensayados y estén acompañados de un Certificado de Calidad, se verificará que los resultados y datos completados en dicho certificado cumplen los requisitos establecidos.

En el caso de encontrar alguna anomalía en todo lo anteriormente citado, se procederá a corregirla.

5.4.16 RECEPCIÓN DEL SISTEMA

5.4.16.1 RECEPCIÓN PROVISIONAL

Una vez realizadas las pruebas finales en presencia de la Dirección de Obra con resultados satisfactorios, se procederá a la redacción del Acta de Recepción Provisional de la Instalación, con lo que se dará por finalizado el montaje de la misma.

Antes de que empiece a transcurrir el período de garantía, la Empresa Instaladora deberá entregar a la Dirección de Obra la siguiente documentación:

- Una copia reproducible de los planos definitivos, debidamente puestos al día por la Empresa Instaladora, comprendiendo, como mínimo, los esquemas de principio de todas las instalaciones, los planos de planta donde se deberá indicar el recorrido de las conducciones y situación de las unidades terminales.
- Una memoria descriptiva de la instalación, en la que se incluyen las bases de proyecto y los criterios adoptados por el desarrollo, así como la justificación del cumplimiento de la normativa en vigor.
- Una relación de todos los materiales y equipos empleados, indicando fabricante, marca, modelo y características de funcionamiento.
- El Manual de instrucciones de funcionamiento.
- El certificado de la Instalación presentado ante la Consejería de Industria de la Comunidad Autónoma.
- El libro de Mantenimiento, incluyendo listas de repuestos recomendados y planos de despiece completo de cada unidad.
- Documentación de equipos, documentos de origen, documentos de garantía, contratos de mantenimiento, etc.
- Relación exhaustiva de todos y cada uno de los materiales con códigos de identificación individuales que requieran mantenimiento preventivo o correctivo.
- Procedimiento parametrizado de mantenimiento de los materiales citados anteriormente.
- Programa general de mantenimiento informatizado

Todos los conceptos y documentos indicados en los puntos anteriores serán facilitados igualmente en soporte informático, de acuerdo con los requerimientos específicos de la Dirección de Obra.

5.4.16.2 RECEPCIÓN DEFINITIVA Y GARANTIA

Transcurrido el plazo de garantía, que será de un año si en el Contrato no se estipula otro período, la Recepción Provisional se transformará en recepción Definitiva, salvo que por parte de la Propiedad haya sido cursado aviso en contra de finalizar el período de garantía.

Si durante el período de garantía se produjesen averías o defectos de funcionamiento, éstos deberán ser subsanados a la mayor brevedad posible por la Empresa Instaladora, sin que ésta tenga derecho a reclamar ninguna compensación económica a la Propiedad, a menos que demuestre que las averías han sido producidas por falta de mantenimiento o por un uso incorrecto de los equipos.

5.5 CONDICIONES TÉCNICAS

5.5.1 OBJETO

El objeto de este capítulo es detallar las características que se exigen a los elementos utilizados para realizar la instalación de la Subestación transformadora.

5.5.2 ENSAYOS Y PRUEBAS

El objeto de los ensayos de recepción es el de comprobar que la instalación está de acuerdo con los servicios contratados y que se ajusta, por separado cada uno de los elementos y globalmente, a lo especificado en este Pliego de condiciones.

Es condición previa para realizar los ensayos de recepción definitiva el que la instalación se encuentre totalmente terminada de acuerdo con el proyecto y con las modificaciones que por escrito hayan sido acordadas.

También es necesario que hayan sido previamente corregidas todas las anomalías denunciadas a lo largo de la ejecución de la obra y que la instalación haya sido equilibrada, puesta a punto, limpiada e, incluso, convenientemente rotulada por parte de la Empresa Instaladora.

La Empresa Instaladora deberá suministrar todo el equipo necesario para efectuar las pruebas, que se realizarán en presencia de un representante de la dirección de Obra.

Todas las modificaciones, reparaciones y sustituciones necesarias para que las pruebas resulten satisfactorias, a criterio de la Dirección de Obra, serán por cuenta de la Empresa Instaladora.

Las pruebas de la instalación serán, entre otras, las que seguidamente se detallan.

Electricidad

- Comprobación de que todos los equipos, accesorios, etc. Instalados llevan toda la tornillería necesaria y de que la orientación y localización de los mismos permiten una fácil inspección.
- Comprobación de la estanqueidad al agua de los elementos instalados a la intemperie.
- Verificación y comprobación de la correcta soportación y sujeción de tubos, conducciones, así como sus accesorios.
- Verificación de todas las líneas eléctricas en cuanto aislamiento, conexionado, polaridad, etc.

La Propiedad será informada, con anterioridad, de las pruebas que se vayan a realizar, para su conocimiento y correspondiente autorización.

Interruptores

- Ensayo de resistencia. Mil maniobras de enganche y desenganche a la cadencia convenida.
- Ensayo de rigidez dieléctrica en seco y bajo lluvia, entre piezas de baja tensión y tierra a 50 Hz.
- Ensayo de choque.
- Medida de la velocidad de apertura de los contactos.
- Ensayo de rigidez dieléctrica entre piezas de baja tensión y tierra a 50 Hz.
- Ensayo de choque.

Seccionadores

- Ensayo de calentamiento de contactos.
- Ensayo de rigidez dieléctrica entre piezas de baja tensión y tierra a 50 Hz.
- Ensayo de choque.
- Ensayo de calentamiento de contactos.

Transformadores de potencia

- Ensayo de choque.
- Ensayo de calentamiento de contactos.
- Medida de la resistencia de los bobinados.
- Medida de la relación de transformación y control del grupo de conexión.
- Medida de la tensión de impedancia, impedancia de corto circuito y pérdidas a la carga.
- Medida de pérdidas y de la corriente en vacío.

Pruebas dieléctricas:

- Ensayo de tensión aplicada a frecuencia industrial.
- Ensayo de tensión inducida a frecuencia elevada.
- Ensayo de calentamiento.
- Impulsos tipo rayo.

Pruebas dieléctricas:

- Impulsos tipo rayo.
- Prueba PD.
- Prueba de onda troncada.
- Medida de impedancia secuencia cero.
- Prueba de cortocircuito.
- Nivel de ruidos.
- Medición de armónicos.
- Pruebas de equipos auxiliares.
- Prueba de conmutación en carga.

- Comprobación de fugas.

Transformadores de tensión

- Ensayo de rigidez dieléctrica.
- Ensayo de precisión, con determinación de las curvas de relación de transformación y ángulo de desfases.
- Ensayo de resistencia a los cortocircuitos.
- Verificación de la polaridad y de la designación de bornes.
- Prueba de soporte de frecuencia industrial sobre el devanado primario (Prueba aplicada, 75 Hz durante un minuto).
- Medición de descarga parcial.
- Prueba de soporte de frecuencia industrial en devanados secundarios (Prueba aplicada: 4 kV, 50 Hz durante un minuto).

Transformadores de intensidad

- Verificación de la polaridad y de la designación de bornes.
- Prueba de soporte de frecuencia industrial sobre el devanado primario.
- Medición de descarga parcial.
- Prueba de soporte de frecuencia industrial sobre los devanados secundarios.
- Prueba de soporte de frecuencia industrial entre secciones de devanado.
- Prueba de sobretensión entre espiras en los devanados secundarios.
- Ensayo de rigidez dieléctrica.
- Ensayo de precisión, con determinación de las curvas de relación de transformación y ángulo de desfases.
- Ensayo de resistencia a los cortocircuitos

Aparatos indicadores

- Ensayo de resistencia a los cortocircuitos.
- Ensayo de precisión.
- Ensayo de amortiguamiento.
- Ensayo de robustez.
- Ensayo de aislamiento.

Contadores de energía

- Valor del par motor a carga.

El propietario podrá realizar los ensayos en los talleres de la casa suministradora sobre un aparato escogido como muestra al azar entre los que formen el lote, de acuerdo con las normas establecidas:

a) Si el resultado es satisfactorio, el material se expedirá a su lugar de destino.

b) Si el resultado en uno de los aparatos no fuese satisfactorio, la casa suministradora efectuará por su cuenta el ensayo de todos los aparatos que formen el lote correspondiente.

Todos los transformadores, tanto los de potencia como los de medida y protección, llevarán colocada su placa de características en un lugar visible y seguro.

En las placas figurarán el nombre del fabricante, modelo y número de serie, así como grupos de conexión, tensiones nominales, tensiones de aislamiento, frecuencia nominal, potencias de precisión, número de arrollamientos secundarios y cuantos datos sean necesarios y de interés.

En los interruptores automáticos se indicarán claramente las posiciones de "abierto" y "cerrado" mediante rótulos en el mecanismo de maniobra.

Cuando los seccionadores estén equipados con cuchillas de puesta a tierra, deberán estar dotados de un enclavamiento seguro entre las cuchillas principales y las de tierra.

El nivel de aislamiento de los materiales corresponderá con los valores que figuran en el reglamento para las tensiones nominales de 220 y 25 kV.

Los ensayos de tensión soportada por las instalaciones o por los distintos aparatos que la componen, estarán destinados a la comprobación de sus niveles de aislamiento.

Para los grandes transformadores de potencia y con el fin de evitar el deterioro de éstos por proyección de aceite o cascotes al averiarse otro próximo, se instalarán pantallas protectoras de hormigón entre éstos, con las dimensiones y resistencia mecánica apropiadas.

Los transformadores de potencia deben tener las ruedas bloqueadas durante su funcionamiento.

Todos los cables de fuerza, control y señalización instalados exteriormente al transformador, deberán resistir a la degradación de los líquidos aislantes y agentes meteorológicos y no propagar la llama.

Idéntico comportamiento se observará para los conductores de la instalación subterránea.

Deberán ponerse a tierra todas las partes metálicas de los transformadores de medida que no se encuentren sometidas a tensión, a fin de evitar posibles contactos.

Los cables de unión de las estructuras a la red de tierra que queden en la superficie, se pintarán de amarillo para su fácil detección. Estos cables atravesarán las cimentaciones para su conexión a la malla.

Las uniones de los cables que forman las mallas de tierra y las conexiones de las distintas líneas de tierra a éstas, se realizarán con soldadura exotérmica.

Después de construida la instalación de tierras, se harán las comprobaciones y verificaciones previstas "in situ" y se efectuarán los cambios necesarios para cumplir las prescripciones generales de seguridad.

Las conducciones y depósitos de almacenamiento de agua, se instalarán suficientemente alejados de los elementos en tensión, de tal forma que su rotura no pueda provocar averías en las instalaciones eléctricas. A tales efectos las canalizaciones principales de agua se dispondrán en un plano inferior respecto de todas las conducciones eléctricas.

El terreno de la instalación deberá ser explanado teniendo en cuenta las disposiciones de drenaje en el caso de utilizar fosas de recogida de aceite, así como para los canales todos los conductores eléctricos.

6. MEDICIONES

Código	Descripción	Uts	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad
	CAPITULO 01 OBRA CIVIL.....						308
	CAPITULO 02 CONDUCTORES.....						313
	CAPITULO 03 ESTRUCTURAS, SOPORTES Y ACCESORIOS						315
	CAPITULO 04 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS						318
	CAPITULO 05 TRANSFORMADORES DE POTENCIA.....						319
	CAPITULO 06 TRANSFORMADORES DE TENSIÓN.....						320
	CAPITULO 07 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD						321
	CAPITULO 08 SECCIONADORES						323
	CAPITULO 09 AUTOVÁLVULAS.....						324
	CAPITULO 10 EQUIPOS AUXILIARES						325
	CAPITULO 11 RELÉS DE PROTECCIÓN						326
	CAPITULO 12 EQUIPOS DE MEDIDA						328
	CAPITULO 13 ALUMBRADO						330
	CAPITULO 14 VARIOS.....						331

Código	Descripción	Uts	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad
CAPITULO C01 OBRA CIVIL							
1	ml Demoliciones y movimiento de tierras						
	Excavación de zanjas y pozos hasta 1,5m de profundidad, en terreno, com medios y carga mecánica sobre camión						
		450.00				450.00	
							<u>450.00</u>
2	m³ Demoliciones y movimiento de tierras						
	Relleno y compactación en zanjas y pozos con tierras adecuadas						
		300.00				300.00	
							<u>300.00</u>
3	m³ Cimentaciones						
	Hormigón para zanjas y pozos de cimentación, Ha-25/P20, de consistencia plástica y tamaño máximo del arido 20mm						
		130.00				130.00	
							<u>130.00</u>
4	m³ Cimentaciones						
	Acero en barras corrugadas B 500 de limite elástico, para la armadura de zanjas y pozos						
		235.00				235.00	
							<u>235.00</u>
5	m² Cimentaciones						
	Encofrado con plafones metálicos para zanjas y pozos de cimentación						
		12.00				12.00	
							<u>12.00</u>

Código	Descripción	Uts	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad
6	m³ Cimentaciones						
	Hormigón para losas de cimentación, de consistencia plástica						
		126.00				126.00	
							<u>126.00</u>
7	kg Cimentaciones						
	Acero en barras corrugadas B500 de límite elástico 500 N/mm ² , para las armaduras de losas						
		2860.00				2860.00	
							<u>2860.00</u>
8	m³ Cimentaciones						
	Capa de limpieza y nivelación de hormigón, de consistencia plástica y tamaño máximo del arido 40mm						
		4023.00				4023.00	
							<u>4023.00</u>
9	m³ Cimentaciones						
	Hormigón para muros de 3 m de altura, de consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm						
		2823.00				2823.00	
							<u>2823.00</u>

Código	Descripción	Uts	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad
10	kg Cimentaciones						
	Acero en barras corrugadas B 500, de límite elástico 500 N/mm, para la armadura de muros de contención, de una altura máxima de 3 metros						
		2460.00				2460.00	
							<u>2460.00</u>
11	m² Cimentaciones						
	Encofrado con plafones metálicos, de 250*50 cm a dos caras, para muros de contención de base rectilínea						
		214.00				214.00	
							<u>214.00</u>
12	ml Estructuras metálicas						
	Suministro y colocación de vigas de carril metálico, incluyendo pletina metálica de anclaje y pernos metálicos						
		126.00				126.00	
							<u>126.00</u>
13	m³ Estructuras metálicas de hormigón						
	Hormigón para muros, de consistencia plástica y tamaño máximo del arido 20 mm, vertido con cubilote						
		3450.00				34.50	
							<u>34.50</u>
14	kg Estructuras metálicas de hormigón						
	Acero en barras corrugadas, de límite elástico 500 N/mm, para la armadura de los muros						
		1980.00				1980.00	
							<u>1980.00</u>

Código	Descripción	Uts	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad
15	m³ Estructuras metálicas de hormigón						
	Hormigón para vigas, de consistencia plástica y tamaño máximo del arido 20 mm						
		98.00				98.00	
							98.00
16	kg Estructuras metálicas de hormigón						
	Acero en barras corrugadas B500 de límite elástico 500 N/mm ² en barras, para la armadura de vigas.						
		6690.00				6690.00	
							6690.00
17	m² Estructuras metálicas de hormigón						
	Montaje de encofrado con plafón metálico, para vigas planas de directriz recta, a una altura de 3 metros.						
		240.60				240.60	
							240.60
18	m³ Pavimentos						
	Recrecido para protección de viga carril con hormigón en masa						
		10.56				10.56	
							10.56
19	m² Pavimentos						
	Suministro y extendido de grava de tamaño máximo de 50 a 70 mm						
		107.70				107.70	
							107.70

Código	Descripción	Uts	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad
20	ml Pavimentos						
	Canalización para la recogida de aceite, de acero galvanizado, de 50 cm de ancho, formada por marco de perfil metálico						
		30.00				30.00	<hr/> 30.00
21	u Instalaciones de evacuación						
	Conexión con conducción de evacuación de aceite del transformador. Se incluye p.p. de conducto de evacuación de aceite, movimiento de tierras, carga y transporte de escombros al vertedero						
		1.00				1.00	<hr/> 1.00
22	ml Instalación eléctrica						
	Canalización prefabricada de hormigón para cables subterráneos, en zona peatonal, con tapa de hormigón, se incluye p.p. de conexión con canalizaciones y todos los elementos necesarios, tanto como trabajos necesarios para su perfecta ejecución						
		80.80				80.80	<hr/> 80.80
23	ml Instalación eléctrica						
	Canalización prefabricada de hormigón para cables en zona de vial, con tapa metálica formada por perfiles metálicos UPN120 de acero						
		9.95				9.95	<hr/> 9.95

Código	Descripción	Uts	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad
CAPITULO C02 CONDUCTORES							
24	ml AL-Ac (54+7)*381,55 mm²*1.2768 kg/m						
	Conductor de Aluminio-Acero (54+7), sección del cable 381,55 mm ² , peso de 1.2768 kg/m						
	Línea 1	6	20.00			120.00	
	Línea 2	6	25.35			152.00	
	Línea 3	8	9.00			72.00	
	Línea 4	5	3.00			15.00	
							359.10
25	ml Conductor de cobre Tubular 60/50mm						
	Conductor de cobre tubular de relación diámetro exterior/interior de 60/50 mm						
		6	5.00			30.00	
							30.00
26	ml Subterráneo Cu*2*500 mm²*9.8kg/m						
	Conductor subterráneo de cobre bifilar de sección 2*500 mm ² , peso de 9.8 kp/m						
	Línea 1	3	65.00			195.00	
	Línea 2	3	75.00			225.00	
							420.00
27	ml Subterránea Cu240 mm²*2.5kg/m						
	Conductor subterráneo de cobre unifilar de sección 240 mm ² , peso de 2.5 kg/m						
		1000.00				1000.00	
							1000.00

Código	Descripción	Uts	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad
28	ml Pirepoll. 10 mm²						
	Cable de cobre de denominación Pirepoll de sección 10 mm ²						
		1000.00				1000.00	
							<u>1000.00</u>
29	ml Pirepoll. 6 mm²						
	Cable de cobre de denominación Pirepoll de sección 6mm ²						
		750.00				750.00	
							<u>750.00</u>
30	ml Pirepoll. 4 mm²						
	Cable de cobre de denominación Pirepoll de sección 4mm ²						
		300.00				300.00	
							<u>300.00</u>
31	ml Cable guarda de Acero. 50 mm²						
	Cable de acero denominación Guarda de 50 mm ² de sección						
	Línea 1	4	20.00			80.00	
	Línea 2	3	15.00			45.00	
	Línea 3	3	25.35			76.00	
							<u>201.00</u>
32	ml Conductor de Cobre 95mm²						
	Cable de acero designación Guarda de 50 mm ²						
	Línea 1	25	81.00			2025.00	
	Línea 2	20	100.00			2000.00	
							<u>4025.00</u>

Código	Descripción	Uts	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad
CAPITULO C03 AISLADORES, SOPORTES ESTRUCTURAS Y ACCESORIOS							
33	u Aislador amarre, E 160/146						
	Aislador de amarre para intemperie de vidrio, de la casa la SAINT-GOBAIN, denominación E 160/146						
		450.00				450.00	450.00
34	u Racor de conexión						
	Racor de conexión recto para cable de sección 381,55 mm ²						
		42.00				42.00	42.00
35	u Racor de conexión						
	Racor de conexión bimetálico para borna de diámetro de transformador de potencia						
		12.00				12.00	12.00
36	u Racor de conexión						
	Racor de conexión en T para cable de sección de 381,55 mm ²						
		48.00				48.00	48.00

Código	Descripción	Uts	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad
37	u Estructura pórtico de 220 kV						
	Estructura del pórtico de 220 kV, incluyendo perfiles L50.5 y L35.4						
			9.00			9.00	
							9.00
38	u Columna Viga de 220 kV						
	Estructura columna Viga de 220 kV, incluyendo perfiles L80.6, L70.5 y L70.4						
			9.00			9.00	
							9.00
39	u Apoyo Interruptor						
	Apoyo para interruptores automáticos						
			12.00			12.00	
							12.00
40	u Apoyo Seccionador						
	Apoyo para seccionadores						
			18.00			18.00	
							18.00
41	u Apoyo Trafo Tensión						
	Apoyos para transformadores de tensión						
			6.00			6.00	
							6.00

Código	Descripción	Uts	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad
42	u Apoyo Trafo Intensidad						
	Apoyos para transformadores de intensidad						
		12.00				12.00	
							<u>12.00</u>
43	u Apoyo zig-zag						
	Apoyos para los bobinados zig-zag						
		2.00				2.00	
							<u>2.00</u>

Código	Descripción	Uts	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad
CAPITULO C04 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS							
44	u HP 514/4F. VATECH						
	Interruptor tripolar de alto voltaje para 245 kV con aislamiento en SF6, constituido por tres polos. Para su instalación a la intempérie. De la casa VATECH						
		4.00				4.00	<hr/> 4.00
45	u Int. Aut. SIEMENS						
	Interruptor automático, para 36 kV para su instalación interior, con aislamiento en SF6. De la casa SIEMENS						
		13.00				13.00	<hr/> 13.00

Código	Descripción	Uts	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad
46	ud ABB Trafosur 220±10%/25 kV. Ynd11. 60 MVA Transformador de potencia de la casa ABB fabricado en Trafosur con características de 220±10%/25 kV. Ynd11. 60 MVA, con refrigeración en aceite y para instalación en intemperie. Con accesorios.					1.00	1.00
		1.00					1.00
47	ud ABB Trafosur 220±10%/25 kV. Ynd11. 40 MVA Transformador de potencia de la casa ABB fabricado en Trafosur con características de 220±10% 25 kV. Ynd11. 40 MVA, con refrigeración en aceite y para instalación en intemperie. Con accesorios.					1.00	1.00
		1.00					1.00
48	ud ABB 25/0.4 kV. Dyn11. 250 kVA Transformador de potencia de la casa ABB con características de 25/0.4 kV. Dyn11. 250 kVA, con refrigeración en resina epoxi e instalación interior. Con accesorios.					2.00	2.00
		2.00					2.00

Código	Descripción	Uts	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad
49	ud CPDE 245-N-C.1 núcleo. ABB						
	Transformador de tensión de la casa ABB para una tensión de 245 kV, de instalación a la intemperie insertdos en cápsula de porcelana. De un núcleo						
		6.00				6.00	<hr/> 6.00
50	ud UCP-36. 2 núcleos. ARTECHE						
	Transformador de tensión de la casa ARTECHE para una tensión de 24-36 kV, de instalación a la intemperie, refrigeración al aire. De 2 núcleos						
		6.00				6.00	<hr/> 6.00
51	ud UCP-36. 2 núcleos. ARTECHE						
	Transformador de tensión de la casa ARTECHE para una tensión de 24-36 kV, de instalación interior. De 1 núcleos						
		6.00				6.00	<hr/> 6.00

Código	Descripción	Uts	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad
52	ud IMBD-245. 2 núcleos. 400/5-5 A. ABB Transformador de intensidad de la casa ABB para una tensión de 245 kV, de instalación a la intemperie en instalación vertical, con tenisión máxima de 1050 kV. De dos núcleos, incluidos accesorios. Corriente primario 400, 2º de 5	6.00				6.00	6.00
53	ud IMBD-245. 3 núcleo. 200/5-5-5 A. ABB Transformador de intensidad de la casa ABB para una tensión de 245 kV, de instalación a la intemperie en instalación vertical, con tenisión máxima de 1050 kV. De tres núcleos, incluidos accesorios. Corriente primario 200, 2º de 5	6.00				6.00	6.00
54	ud ACH-36. 3 núcleo. 200/5-5-5 A. ARTECHE Transformador de intensidad de la casa ARTECHE para una tensión de 36 kV, de instalación en interior, con tenisión máxima de 36 kV. De tres núcleos, incluidos accesorios.	6.00				6.00	6.00
55	ud ACH-36. 2 núcleo. 400/5-5 A. ARTECHE Transformador de intensidad de la casa ARTECHE para una tensión de 36 kV, de instalación en interior, con tenisión máxima de 36 kV. Modelo Soporte. De dos núcleos, incluidos accesorios. Corriente primario 400, 2º de 5. Ventilación resina sintética colada y tratada bajo vacío.	60.00				60.00	60.00
56	ud AVD-36. 1 núcleo. 1500/5 A. ARTECHE Transformador de intensidad de la casa ARTECHE para una tensión de 36 kV, De un núcleo, incluidos accesorios. Corriente primario 1500, 2º de 5 A. Ventilación resina sintética colada y tratada bajo vacío.	2.00				2.00	2.00

Código	Descripción	Uts	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad
57	ud AVD-36. 1 núcleo. 400/5 A. ARTECHE						
	Transformador de intensidad de la casa ARTECHE para una tensión de 36 kV, De un núcleo, incluidos accesorios. Corriente primario 400, 2° de 5 A. Ventilación resina sintética colada y tratada bajo vacío.						
		4.00				4.00	
							<hr/> 4.00
58	ud B.P. 1 núcleo. 5/3,38 A						
	Bajo pedido. 1 núcleo. de 5/3,38, una tensión de 36 kV, de instalación en interior, con tensión máxima de 36 kV. De un núcleo, incluidos accesorios. Ventilación resina sintética colada y tratada bajo vacío.						
		2.00				2.00	
							<hr/> 2.00

Código	Descripción	Uts	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad
CAPITULO C08 SECCIONADORES							
59	u SG3C 245-3 polos. MESA						
	Seccionador tripolar de 245 kV, de intalación a la intemperie, giratorio. De la casa MESA.						
		6.00				6.00	6.00
60	u SG3C 245-2 polos. MESA						
	Seccionador de dos polos de 245 kV, de intalación a la intemperie, giratorio. De la casa MESA.						
		1.00				1.00	1.00
61	u A-03d. SIEMENS						
	Seccionador de 36 kV, para montaje interior y todas las posiciones. De la casa SIEMENS. Con enclavamiento.						
		26.00				26.00	26.00

Código	Descripción	Uts	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad
CAPITULO C09 AUTOVÁLVULAS							
62	u EXLIM-R-198-AM-245. ABB						
	Autoválvula tipo EXLIM-R-198-AM-245, de tensión nominal 245 kV, alta corriente de descarga 100 kA, y baja corriente de 550 A. Instalación intemperie, vertical. De la casa ABB						
			6.00			6.00	
							6.00
63	u EXLIM-R-30-AV-036. ABB						
	Autoválvula tipo EXLIM-R-30-AV-036, de tensión nominal 30 kV, alta corriente de descarga 100 kA, y baja corriente de 550 A. Instalación intemperie, vertical. De la casa ABB						
			45.00			45.00	
							45.00

Código	Descripción	Uts	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad
CAPITULO C10 EQUIPOS AUXILIARES							
64	u Bateria de 25 kV y 6 MVAr						
	Bateria de condensadores de 25 kV y 6 MVAr de potencia						
		1.00				1.00	<hr/> 1.00
65	u Bateria y rectificador TUDOR						
	Equipo de baterías y rectificador de 250 Ah. Y 125 Vcc. De la casa TUDOR						
		1.00				1.00	<hr/> 1.00

Código	Descripción	Uts	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad
66	u Relé RD3T Ref. 022/01. MAYVASA Relé diferencial de protección de transformadores RD3T de la casa MAYVASA. Trifásico de Ref. 022/01, de instalación interior, con caja de metálica para correcta ubicación. De 3 tarjetas y regulación. Con bornas cortocircuitables en los circuitos de intensidad.					2.00	<hr/> 2.00
67	u Relé RV-UT. ARTECHE Relé trifásico denominación RV-UT, de la casa ARTECHE, incluye protección de máxima y mínima tensión y máxima y mínima frecuencia					2.00	<hr/> 2.00
68	u Relé DISTANCIA. ABB Relé de distancia, de la casa ABB. Trifásico modelo REL 511, de instalación interior, con caja enchufable metálica tipo B para correcta ubicación. Dispone de elemento señalizador.					2.00	<hr/> 2.00
69	u Relé RV-ITN. ARTECHE Relé de sobreintensidad, denominación RV-ITN, de la casa ARTECHE, con señal temporizada y disparos, para su instalación interior					21.00	<hr/> 21.00
70	u Relé RSD3 Ref. 011/3. MAYVASA Rele direccional de sobreintensidad, necesaria alimentación de continua, con señal temporizada y disparos de instalación interior, con caja enchufable metálica tipo B para correcta ubicación. Dispone de elemento señalizador.					2.00	<hr/> 2.00

Código	Descripción	Uts	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad
71	u Relé M.I.A.-1 Ref. 007/4. MAYVASA Relé electrónico de sobreintensidad monofásico a tiempo independiente, tipo M.I.A.-1 de ref. 007/4, necesaria alimentación de continua, sistema de medida estanco, con caja enchufable metálica tipo A para correcta ubicación. Dispone de elemento señalizador.	4.00				4.00	<hr/> 4.00
72	u Relé RRA-3F Ref. 008/2. MAYVASA Relé electrónico para reconexión automática de interruptores, tipo R.R.A.-3F de ref. 008/2, necesaria alimentación de continua, 5 ciclos de funcionamiento, con caja enchufable metálica tipo B para correcta ubicación. Dispone de elemento señalizador.	15.00				15.00	<hr/> 15.00

Código	Descripción	Uts	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad
73	u Contador de Activa. L200						
	Contador trifásico de potencia activa modelo L200. Clase 1. lαg						
		6.00				6.00	6.00
74	u Contador de reactiva. FG/MG330j 1						
	Contador trifásico de potencia reactiva modelo FG/MG330φ1. lαg						
		6.00				6.00	6.00
75	u Voltímetro SACI (110V) 0-250kV						
	Voltímetro analógico de la casa SACI, con tensión de alimentación 110V, escala de 0-250 kV. Clase 0,5						
		2.00				2.00	2.00
76	u Voltímetro. SACI (110V) 0-30kV						
	voltímetro analógico de la casa saci, con tensión de alimentación 110V, escala de 0-30 kV. clase 0.5						
		2.00				2.00	2.00
77	u Frecuencímetro. SACI 50 Hz. CLASE 0.5						
	Frecuencímetro analógico de la casa SACI, para frecuencia 50 Hz. clase 0.5						
		2.00				2.00	2.00

Código	Descripción	Uts	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad
78	u Sincronoscopio SACI Sincronoscopio de la casa saci, de 3 luces para visualizar sincronismo	1.00				1.00	1.00
79	u Amperímetro SACI (0-5 A) 0-150 A. CLASE 0.5 Amperímetro de la casa SACI con entrada de 0-5 a y visualización de 0-150 A. con clase de precisión 0.5	6.00				6.00	6.00
80	u Vatímetro 110V-5 A TRIF. 0-60 MW SACI Vatímetro analógico de la casa SACI con tensión de alimentación 110 V-5 A, trifásico. con escala 0-60 MW	2.00				2.00	2.00
81	u Varímetro 110V-5 A TRIF. 0-60 MVAR SACI Varímetro analógico de la casa SACI con tensión de alimentación 110 V-5 A, trifásico. con escala 0-60 MVAR	2.00				2.00	2.00

Código	Descripción	Uts	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad
CAPITULO C13 ALUMBRADO							
82	u Lum. ET-400 Carandini						
	Luminaria de vapor de sodio de alta presión de 250 W y 220 Vca. Denominación ET-400 tipo farola de la casa Carandini						
		19.00				19.00	19.00
83	u Lum. JCH-250 Carandini						
	Luminaria de vapor de sodio de alta presión de 250 W y 220 Vca. Denominación JCH 250de la casa Carandini						
		8.00				8.00	8.00
84	u Lum. Emerg. Mod. 53063. 20 W. SIMON						
	Alumbrado de emergencia modelo 530063 de potencia 20 W de la casa SIMON, autonomía superior a 1 h						
		20.00				20.00	20.00
85	u Lum. TPS 498/1.236. 2*36 W PHILIPS						
	Luminaria de tubo fluorescente de 36 W, denominación FBS 2*36 de la casa Philips						
		29.00				29.00	29.00
86	u Lum. FBS 105/136 PHILIPS						
	Luminaria de tubo fluorescente de 36 W, denominación FBS 105/136 de la casa Philips						
		8.00				8.00	8.00

Código	Descripción	Uts	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad
87	u Bobinados zig-zag. DIESTRE						
	Bobinados en zig-zag para una tensión de 26,4 kV a una frecuencia de servicio de 50 Hz, y una intensidad de defecto a tierra de 600 A						
			2.00			2.00	<hr/> 2.00
88	u Celdas Prefabricadas en SF6. SIEMENS						
	Conjunto de Celdas prefabricadas, aislamiento en SF6 de la casa SIEMENS						
			13.00			13.00	<hr/> 13.00
89	u Báculo de Acero						
	Columna de acero galvanizado de espesor normal y 35 cm de empotramiento, de una altura de 7,5 m						
			19.00			19.00	<hr/> 19.00
90	ml Valla protectora. 3,5 m de altura						
	Valla metálica protectora de 3,5 m de altura, con todos accesorios						
			460.00			460.00	<hr/> 460.00
91	ml Guía del Transformador						
	Perfil metálico guía de los transformadores de potencia						
			150.00			150.00	<hr/> 150.00

Código	Descripción	Uts	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad
92	u Int. Magnetotérmico ABB						
	Interruptor magnetotérmico de 160 A de corriente nominal, de fabricación ABB						
		1.00				1.00	<hr/> 1.00
93	u Int. Magnetotérmico ABB						
	Interruptor magnetotérmico de 63 A de corriente nominal, de fabricación ABB						
		3.00				3.00	<hr/> 3.00
94	u Int. Magnetotérmico ABB						
	Interruptor magnetotérmico de 32 A, de la casa ABB						
		9.00				9.00	<hr/> 9.00
95	u Int. Magnetotérmico (cc) ABB						
	Interruptor magnetotérmico de 10 A, para circuito de corriente continua, de la casa ABB						
		30.00				30.00	<hr/> 30.00
96	u Piquetas de tierra						
	Piquetas para la puesta a tierra de la Estación, de 2*19 mm						
		33.00				33.00	<hr/> 33.00

Código	Descripción	Uts	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad
97	u Grillete recto (P.A.T Aérea)						
	Grillete recto para la puesta a tierra aérea						
		48.00				48.00	
							<hr/> 48.00
98	u Grapa en cruz (P.A.T Aérea)						
	Grapa en cruz para la puesta a tierra, para unión de cables						
		24.00				24.00	
							<hr/> 24.00
99	u Grapa de compresión (P.A.T Aérea)						
	Grapa de compresión para la puesta a tierra aérea						
		24.00				24.00	
							<hr/> 24.00
100	u Grapa de fijación (P.A.T Aérea)						
	Grapa para fijación para la perfecta fijación a estructura con tornillo de acero inoxidable						
		12.00				12.00	
							<hr/> 12.00
101	u Empalme de compresión (P.A.T Aérea)						
	Empalme de compresión para la puesta a tierra aérea para cables						
		24.00				24.00	
							<hr/> 24.00

7. PRESUPUESTO

Código	Descripción	Total
7.1 PRECIOS UNITARIOS		
	CAPITULO 01 OBRA CIVIL.....	335
	CAPITULO 02 CONDUCTORES.....	339
	CAPITULO 03 ESTRUCTURAS, SOPORTES Y ACCESORIOS	341
	CAPITULO 04 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS	343
	CAPITULO 05 TRANSFORMADORES DE POTENCIA.....	344
	CAPITULO 06 TRANSFORMADORES DE TENSIÓN.....	345
	CAPITULO 07 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD	346
	CAPITULO 08 SECCIONADORES	348
	CAPITULO 09 AUTOVÁLVULAS.....	349
	CAPITULO 10 EQUIPOS AUXILIARES	350
	CAPITULO 11 RELÉS DE PROTECCIÓN	351
	CAPITULO 12 EQUIPOS DE MEDIDA	353
	CAPITULO 13 ALUMBRADO	355
	CAPITULO 14 VARIOS.....	356
7.2 PRESUPUESTO		
	CAPITULO 01 OBRA CIVIL.....	359
	CAPITULO 02 CONDUCTORES.....	364
	CAPITULO 03 ESTRUCTURAS, SOPORTES Y ACCESORIOS	366
	CAPITULO 04 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS	369
	CAPITULO 05 TRANSFORMADORES DE POTENCIA.....	370
	CAPITULO 06 TRANSFORMADORES DE TENSIÓN.....	371
	CAPITULO 07 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD	372
	CAPITULO 08 SECCIONADORES	374
	CAPITULO 09 AUTOVÁLVULAS.....	375
	CAPITULO 10 EQUIPOS AUXILIARES	376
	CAPITULO 11 RELÉS DE PROTECCIÓN	377
	CAPITULO 12 EQUIPOS DE MEDIDA	379
	CAPITULO 13 ALUMBRADO	381
	CAPITULO 14 VARIOS.....	382
	7.3 RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	383

Código	Descripción	Total
<u>7.1 PRECIOS UNITARIOS</u>		
CAPITULO C01 OBRA CIVIL		
1	ml Demoliciones y movimiento de tierras	
	Excavación de zanjas y pozos hasta 1,5m de profundidad, en terreno, con medios y carga mecánica sobre camión	
		25,00 €
		VEINTI CINCO EUROS
2	m³ Demoliciones y movimiento de tierras	
	Relleno y compactación en zanjas y pozos con tierras adecuadas	
		45,00 €
		CUARENTA Y CINCO EUROS
3	m³ Cimentaciones	
	Hormigón para zanjas y pozos de cimentación, Ha-25/P20, de consistencia plástica y tamaño máximo del arido 20mm	
		25,50 €
		VEINTI CINCO EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS
4	m³ Cimentaciones	
	Acero en barras corrugadas B 500 de limite elástico, para la armadura de zanjas y pozos	
		0,60 €
		SESENTA CÉNTIMOS
5	m² Cimentaciones	
	Encofrado con plafones metálicos para zanjas y pozos de cimentación	
		20,00 €
		VEINTE EUROS

Código	Descripción	Total
6	m³ Cimentaciones Hormigón para losas de cimentación, de consistencia plástica	25,50 €
	VEINTI CINCO EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS	
7	kg Cimentaciones Acero en barras corrugadas B500 de límite elástico 500 N/mm ² , para las armaduras de losas	0,60 €
	SESENTA CÉNTIMOS	
8	m³ Cimentaciones Capa de limpieza y nivelación de hormigón, de consistencia plástica y tamaño máximo del arido 40mm	39,65 €
	TREINTA Y NUEVE EUROS CON SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS	
9	m³ Cimentaciones Hormigón para muros de 3 m de altura, de consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm	49,28 €
	CUARENTA Y NUEVE EUROS CON VEINTI OCHO CÉNTIMOS	
10	kg Cimentaciones Acero en barras corrugadas B 500, de límite elástico 500 N/mm, para la armadura de muros de contención, de una altura máxima de 3 metros	0,60 €
	SESENTA CÉNTIMOS	
11	m² Cimentaciones Encofrado con plafones metálicos, de 250*50 cm a dos caras, para muros de contención de base rectilínea	20,00 €
	VEINTE EUROS	

Código	Descripción	Total
12	ml Estructuras metálicas	
	Suministro y colocación de vigas de carril metálico, incluyendo pletina metálica de anclaje y pernos metálicos	
		35,00 €
		TREINTA Y CINCO EUROS
13	m³ Estructuras metálicas de hormigón	
	Hormigón para muros, de consistencia plástica y tamaño máximo del arido 20 mm, vertido con cubilote	
		49,28 €
		CUARENTA Y NUEVE EUROS CON VEINTI OCHO CÉNTIMOS
14	kg Estructuras metálicas de hormigón	
	Acero en barras corrugadas, de límite elástico 500 N/mm, para la armadura de los muros	
		0,60 €
		SESENTA CÉNTIMOS
15	m³ Estructuras metálicas de hormigón	
	Hormigón para vigas, de consistencia plástica y tamaño máximo del arido 20 mm	
		25,50 €
		VEINTI CINCO EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS
16	kg Estructuras metálicas de hormigón	
	Acero en barras corrugadas B500 de límite elástico 500 N/mm ² en barras, para la armadura de vigas.	
		0,60 €
		SESENTA CÉNTIMOS
17	m² Estructuras metálicas de hormigón	
	Montaje de encofrado con plafón metálico, para vigas planas de directriz recta, a una altura de 3 metros.	
		20,00 €
		VEINTE EUROS

Código	Descripción	Total
18	m³ Pavimentos	
	Recrecio para protección de viga carril con hormigón en masa	
		33,50 €
		TREINTA Y TRES EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS
19	m² Pavimentos	
	Suministro y extendido de grava de tamaño máximo de 50 a 70 mm	
		10,80 €
		DIEZ EUROS CON OCHENTA CÉNTIMOS
20	ml Pavimentos	
	Canalización para la recogida de aceite, de acero galvanizado, de 50 cm de ancho, formada por marco de perfil metálico	
		72,20 €
		SETENTA Y DOS EUROS CON VEINTE CÉNTIMOS
21	u Instalaciones de evacuación	
	Conexión con conducción de evacuación de aceite del transformador. Se incluye p.p. de conducto de evacuación de aceite, movimiento de tierras, carga y transporte de escombros al vertedero	
		400,60 €
		CUATRO CIENTOS EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS
22	ml Instalación eléctrica	
	Canalización prefabricada de hormigón para cables subterráneos, en zona peatonal, con tapa de hormigón, se incluye p.p. de conexión con canalizaciones y todos los elementos necesarios, tanto como trabajos necesarios para su perfecta ejecución	
		10,80 €
		DIEZ EUROS CON OCHENTA CÉNTIMOS
23	ml Instalación eléctrica	
	Canalización prefabricada de hormigón para cables en zona de vial, con tapa metálica formada por perfiles metálicos UPN120 de acero	
		100,50 €
		CIEN EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS

Código	Descripción	Total
CAPITULO C02 CONDUCTORES		
24	ml AL-Ac (54+7)*381,55 mm ² *1.2768 kg/m Conductor de Aluminio-Acero (54+7), sección del cable 381,55 mm ² , peso de 1.2768 kg/m	1,29 €
UN EURO CON VEINTI NUEVE CÉNTIMOS		
25	ml Conductor de cobre Tubular 60/50mm Conductor de cobre tubular de relación diámetro exterior/interior de 60/50 mm	5,50 €
CINCO EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS		
26	ml Subterráneo Cu*2*500 mm ² *9.8kg/m Conductor subterráneo de cobre bifilar de sección 2*500 mm ² , peso de 9.8 kp/m	14,66 €
CATORZE EUROS CON SESENTA Y SEIS CÉNTIMOS		
27	ml Subterránea Cu240 mm ² *2.5kg/m Conductor subterráneo de cobre unifilar de sección 240 mm ² , peso de 2.5 kg/m	20,43 €
VEINTE EUROS CON CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS		
28	ml Pirepoll. 10 mm ² Cable de cobre de denominación Pirepoll de sección 10 mm ²	0,96 €
NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS		
29	ml Pirepoll. 6 mm ² Cable de cobre de denominación Pirepoll de sección 6mm ²	0,60 €
SESENTA CÉNTIMOS		

Código	Descripción	Total
30	ml Pirepoll. 4 mm² Cable de cobre de denominación Pirepoll de sección 4mm ²	<hr/> 0,50 € CINCUENTA CÉNTIMOS
31	ml Cable guarda de Acero. 50 mm² Cable de acero denominación Guarda de 50 mm ² de sección	<hr/> 1,05 € UN EURO CON CINCO CÉNTIMOS
32	ml Conductor de Cobre 95mm² Cable de acero denominación Pirepoll de 50 mm ²	<hr/> 1,35 € UN EURO CON TREINTA Y CINCO EUROS

Código	Descripción	Total
CAPITULO C03 AISLADORES, SOPORTES ESTRUCTURAS Y ACCESORIOS		
33	u Aislador amarre, E 160/146	
	Aislador de amarre para intemperie de vidrio, de la casa la SAINT-GOBAIN, denominación E 160/146	
		9,01 €
		NUEVE EUROS CON UN CÉNTIMO
34	u Racor de conexión	
	Racor de conexión recto para cable de sección 381,55 mm ²	
		3,10 €
		TRES EUROS CON DIEZ CÉNTIMOS
35	u Racor de conexión	
	Racor de conexión bimetálico para borna de diámetro de transformador de potencia	
		3,70 €
		TRES EUROS CON SETENTA CÉNTIMOS
36	u Racor de conexión	
	Racor de conexión en T para cable de sección de 381,55 mm ²	
		3,50 €
		TRES EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS
37	u Estructura pórtico de 220 kV	
	Estructura del pórtico de 220 kV, incluyendo perfiles L50.5 y L35.4	
		1.900,00 €
		MIL NOVECIENTOS EUROS

Código	Descripción	Total
38	u Columna Viga de 220 kV	
	Estructura columna Viga de 220 kV, incluyendo perfiles L80.6, L70.5 y L70.4	
		1.050,00 €
		MIL EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS
39	u Apoyo Interruptor	
	Apoyo para interruptores automáticos	
		184,00 €
		CIENTO OCHENTA Y CUATRO EUROS
40	u Apoyo Seccionador	
	Apoyo para seccionadores	
		165,40 €
		CIENTO SESENTA Y CINCO EUROS CON CUARENTA CÉNTIMOS
41	u Apoyo Trafo Tensión	
	Apoyos para transformadores de tensión	
		160,00 €
		CIENTO SESENTA EUROS
42	u Apoyo Trafo Intensidad	
	Apoyos para transformadores de intensidad	
		160,00 €
		CIENTO SESENTA EUROS
43	u Apoyo zig-zag	
	Apoyos para los bobinados zig-zag	
		215,00 €
		DOS CIENTOS QUINCE EUROS

Código	Descripción	Total
--------	-------------	-------

CAPITULO C04 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS

44 u HP 514/4F. VATECH

Interruptor tripolar de alto voltaje para 245 kV con aislamiento en SF6, constituido por tres polos. Para su instalación a la intempérie. De la casa VATECH

22.740,00 €

45 u Int. Aut. SIEMENS

Interruptor automático, para 36 kV para su instalación interior, con aislamiento en SF6. De la casa SIEMENS

9.400,00 €

NUEVE MIL CUATRO CIENTOS EUROS

Código	Descripción	Total
CAPITULO C05 TRANSFORMADORES DE POTENCIA		
46	u ABB Trafosur 220±10%/25 kV. Ynd11. 60 MVA Transformador de potencia de la casa ABB fabricado en Trafosur con características de 220±10%/25 kV. Ynd11. 60 MVA, con refrigeración en aceite y para instalación en intemperie. Con accesorios.	<hr/> 421.950,85 €
CUATROCIENTOS VEINTI UN MIL NOVECIENTOS CINCUENTA EUROS CON OCHENTA Y CINCO CÉNTIMOS		
47	u ABB Trafosur 220±10%/25 kV. Ynd11. 40 MVA Transformador de potencia de la casa ABB fabricado en Trafosur con características de 220±10% 25 kV. Ynd11. 40 MVA, con refrigeración en aceite y para instalación en intemperie. Con accesorios.	<hr/> 376.984,85 €
TRES CIENTOS SETENTA Y SEIS MIL NOVECIENTOS OCHENTA Y CUATRO EUROS CON OCHENTA Y CINCO CÉNTIMOS		
48	u ABB 25/0.4 kV. Dyn11. 250 kVA Transformador de potencia de la casa ABB con características de 25/0.4 kV. Dyn11. 250 kVA, con refrigeración en resina epoxi e instalación interior. Con accesorios.	<hr/> 5.332 €
CINCO MIL TRES CIENTOS TREINTA Y DOS EUROS		

Código	Descripción	Total
CAPITULO C06 TRANSFORMADORES DE TENSIÓN		
49	u CPDE 245-N-C.1 núcleo. ABB	
	Transformador de tensión de la casa ABB para una tensión de 245 kV, de instalación a la intemperie insertdos en cápsula de porcelana. De un núcleo	
		2.829,56 €
		DOS MIL OCHO CIENTOS VEINTI NUEVE EUROS CON CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS
50	u UCP-36. 2 núcleos. ARTECHE	
	Transformador de tensión de la casa ARTECHE para una tensión de 24-36 kV, de instalación a la intemperie, refrigeración al aire. De 2 núcleos	
		691,00 €
		SEIS CIENTOS NOVENTA Y UN EUROS
51	u UCP-36. 2 núcleos. ARTECHE	
	Transformador de tensión de la casa ARTECHE para una tensión de 24-36 kV, de instalación interior. De 1 núcleo	
		546,92 €
		QUINIENTOS CUARENTA Y SEIS EUROS CON NOVENTA Y DOS CÉNTIMOS

Código	Descripción	Total
CAPITULO C07 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD		
52	u IMBD-245. 3 núcleos. 400/5-5-5 A. ABB	
	Transformador de intensidad de la casa ABB para una tensión de 245 kV, de instalación a la intemperie en instalación vertical, con tensión máxima de 1050 kV. De dos núcleos, incluidos accesorios. Corriente primario 400, 2º de 5	
		2.824,00 €
	DOS MIL OCHO CIENTOS VEINTI CUATRO EUROS	
53	u IMBD-245. 3 núcleo. 200/5-5-5 A. ABB	
	Transformador de intensidad de la casa ABB para una tensión de 245 kV, de instalación a la intemperie en instalación vertical, con tensión máxima de 1050 kV. De tres núcleos, incluidos accesorios. Corriente primario 200, 2º de 5	
		3.155,00 €
	TRES MIL CIENTO CINCUENTA Y CINCO EUROS	
54	u ACH-36. 3 núcleo. 1500/5-5-5 A. ARTECHE	
	Transformador de intensidad de la casa ARTECHE para una tensión de 36 kV, con tensión máxima de 36 kV. De tres núcleos, incluidos accesorios.	
		390,66 €
	TRES CIENTOS NOVENTA EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS	
55	u ACH-36. 2 núcleo. 400/5-5 A. ARTECHE	
	Transformador de intensidad de la casa ARTECHE para una tensión de 36 kV, de instalación en interior, con tensión máxima de 36 kV. Modelo Soporte. De dos núcleos, incluidos accesorios. Corriente primario 400, 2º de 5. Ventilación resina sintética colada y tratada bajo vacío.	
		450,00 €
	CUATRO CIENTOS CINCUENTA EUROS	
56	u AVD-36. 1 núcleo. 1500/5 A. ARTECHE	
	Transformador de intensidad de la casa ARTECHE para una tensión de 36 kV, De un núcleo, incluidos accesorios. Corriente primario 1500, 2º de 5 A. Ventilación resina sintética colada y tratada bajo vacío.	
		425,00 €
	CUATRO CIENTOS VEINTI CINCO EUROS	

Código	Descripción	Total
57	u AVD-36. 1 núcleo. 400/5 A. ARTECHE Transformador de intensidad de la casa ARTECHE para una tensión de 36 kV, De un núcleo, incluidos accesorios. Corriente primario 400, 2º de 5 A. Ventilación resina sintética colada y tratada bajo vacío.	<hr/> 295,00 € DOS CIENTOS NOVENTA Y CINCO EUROS
58	u B.P. 1 núcleo. 5/3,867 A Bajo pedido. 1 núcleo, de 5/3,867 una tensión de 36 kV, de instalación en interior, con tensión máxima de 36 kV. De un núcleo, incluidos accesorios. Ventilación resina sintética colada y tratada bajo vacío.	<hr/> 69,00 € SESENTA Y NUEVE EUROS

Código	Descripción	Total
CAPITULO C08 SECCIONADORES		
59	u SG3C 245-3 polos. MESA	
	Seccionador tripolar de 245 kV, de intalación a la intemperie, giratorio. De la casa MESA.	
		1.150,00 €
		MIL CIENTO CINCUENTA EUROS
60	u SG3C 245-2 polos. MESA	
	Seccionador de dos polos de 245 kV, de intalación a la intemperie, giratorio. De la casa MESA.	
		789,00 €
		SETECIENTOS OCHENTA Y NUEVE EUROS
61	u A-03d. SIEMENS	
	Seccionador de 36 kV, para montaje interior y todas las posiciones. De la casa SIEMENS. Con enclavamiento.	
		165,00 €
		CIENTO SESENTA Y CINCO EUROS

Código	Descripción	Total
--------	-------------	-------

CAPITULO C09 AUTOVÁLVULAS

62 u EXLIM-R-198-AM-245. ABB

Autoválvula tipo EXLIM-R-198-AM-245, de tensión nominal 245 kV, alta corriente de descarga 100 kA, y baja corriente de 550 A. Instalación intemperie, vertical. De la casa ABB

1.586,67 €

63 u EXLIM-R-30-AV-036. ABB

Autoválvula tipo EXLIM-R-30-AV-036, de tensión nominal 30 kV, alta corriente de descarga 100 kA, y baja corriente de 550 A. Instalación intemperie, vertical. De la casa ABB

123,81 €

CIENTO VEINTI TRES EUROS CON OCHENTA Y UN CÉNTIMOS

Código	Descripción	Total
--------	-------------	-------

CAPITULO C10 EQUIPOS AUXILIARES

64 u Bateria de 25 kV y 6 MVar

Bateria de condensadores de 25 kV y 6 MVar de potencia

1.845,75 €

MIL OCHO CIENTOS CUARENTA Y CINCO EUROS CON SETENTA Y CINCO
CÉNTIMOS

65 u Bateria y rectificador TUDOR

Equipo de baterías y rectificador de 250 Ah. Y 125 Vcc.
De la casa TUDOR

8.356,00 €

OCHO MIL TRES CIENTOS CINCUENTA Y SEIS EUROS

Código	Descripción	Total
CAPITULO C11 RELÉS DE PROTECCIÓN		
66	u Relé RD3T Ref. 022/01. MAYVASA	
	Relé diferencial de protección de transformadores RD3T de la casa MAYVASA. Trifásico de Ref. 022/01, de instalación interior, con caja de metálica para correcta ubicación. De 3 tarjetas y regulación. Con bornas cortocircuitables en los circuitos de intensidad.	
		420,00 €
		CUATRO CIENTOS VEINTE EUROS
67	u Relé RV-UT. ARTECHE	
	Relé trifásico denominación RV-UT, de la casa ARTECHE, incluye protección de máxima y mínima tensión y máxima y mínima frecuencia	
		459,00 €
		CUATRO CIENTOS CINCUENTA Y NUEVE EUROS
68	u Relé RSD3 Ref. 011/3. MAYVASA	
	Relé direccional de sobreintensidad, necesaria alimentación de continua, con señal temporizada y disparos de instalación interior, con caja enchufable metálica tipo B para correcta ubicación. Dispone de elemento señalizador.	
		462,00 €
		CUATRO CIENTOS SESENTA Y DOS EUROS
69	u Relé DISTANCIA. ABB	
	Relé de distancia, de la casa ABB. Trifásico modelo REL 511, de instalación interior, con caja enchufable metálica tipo B para correcta ubicación. Dispone de elemento señalizador.	
		867,00 €
		OCHO CIENTOS SESENTA Y SIETE EUROS
70	u Relé RV-ITN. ARTECHE	
	Relé de sobreintensidad, denominación RV-ITN, de la casa ARTECHE, con señal temporizada y disparos, para su instalación interior	
		210,00 €
		DOS CIENTOS DIEZ EUROS

Código	Descripción	Total
71	u Relé M.I.A.-1 Ref. 007/4. MAYVASA Relé electrónico de sobreintensidad monofásico a tiempo independiente, tipo M.I.A.-1 de ref. 007/4, necesaria alimentación de continua, sistema de medida estanco, con caja enchufable metálica tipo A para correcta ubicación. Dispone de elemento señalizador.	<hr/> 59,50 €
	CINCUENTA Y NUEVE EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS	
72	u Relé RRA-3F Ref. 008/2. MAYVASA Relé electrónico para reconexión automática de disyuntores, tipo R.R.A.-3F de ref. 008/2, necesaria alimentación de continua, 5 ciclos de funcionamiento, con caja enchufable metálica tipo B para correcta ubicación. Dispone de elemento señalizador.	<hr/> 248,22 €
	DOS CIENTOS CUARENTA Y OCHO EUROS CON VEINTI DOS CÉNTIMOS	

Código	Descripción	Total
CAPITULO C12 EQUIPOS DE MEDIDA		
73	<p>u Contador de Activa. L200</p> <p>Contador trifásico de potencia activa modelo L200. Clase 1. lαg</p>	158,67 €
74	<p>u Contador de reactiva. FG/MG330j 1</p> <p>CIENTO CINCUENTA Y OCHO EUROS CON SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS</p> <p>Contador trifásico de potencia reactiva modelo FG/MG330φ1. lαg</p>	150,25 €
75	<p>u Voltímetro SACI (110V) 0-250kV</p> <p>CIENTO CINCUENTA EUROS CON VEINTI CINCO CÉNTIMOS</p> <p>Voltímetro analógico de la casa SACI, con tensión de alimentación 110V, escala de 0-250 kV. Clase 0,5</p>	38,46 €
76	<p>u Voltímetro. SACI (110V) 0-30kV</p> <p>TREINTA Y OCHO EUROS CON CUARENTA Y SEIS CÉNTIMOS</p> <p>Voltímetro analógico de la casa saci, con tensión de alimentación 110V, escala de 0-30 kV. clase 0.5</p>	20,40 €
77	<p>u Frecuencímetro. SACI 50 Hz. CLASE 0.5</p> <p>VEINTE EUROS CON CUARENTA CÉNTIMOS</p> <p>Frecuencímetro analógico de la casa SACI, para frecuencia 50 Hz. clase 0.5</p>	54,70 €
78	<p>u Sincronoscopio SACI</p> <p>CINCuenta Y CUATRO EUROS CON SETENTA CÉNTIMOS</p> <p>Sincronoscopio de la casa saci, de 3 luces para visualizar sincronismo</p>	64,91 €
	SESENTA Y CUATRO EUROS CON NOVENTA Y UN CÉNTIMOS	

Código	Descripción	Total
79	u Amperímetro SACI (0-5 A) 0-150 A. CLASE 0.5	
	Amperímetro de la casa SACI con entrada de 0-5 a y visualización de 0-150 A. con clase de precisión 0.5	
		22,54 €
	VEINTI DOS EUROS CON CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS	
80	u Vatímetro 110V-5 A TRIF. 0-60 MW SACI	
	Vatímetro analógico de la casa SACI con tensión de alimentación 110 V-5 A, trifásico. con escala 0-60 MW	
		129,82 €
	CIENTO VEINTI NUEVE EUROS CON OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS	
81	u Varímetro 110V-5 A TRIF. 0-60 MVar SACI	
	Varímetro analógico de la casa SACI con tensión de alimentación 110 V-5 A, trifásico. con escala 0-60 MVar	
		127,41 €
	CIENTO VEINTI SIETE EUROS CON CUARENTA Y UN CÉNTIMOS	

Código	Descripción	Total
CAPITULO C13 ALUMBRADO		
82	u Lum. ET-400 Carandini	
	Luminaria de vapor de sodio de alta presión de 250 W y 220 Vca. Denominación ET-400 tipo farola de la casa Carandini	
		154,00 €
		CIENTO CINCUENTA Y CUATRO EUROS
83	u Lum. JCH-250 Carandini	
	Luminaria de vapor de sodio de alta presión de 250 W y 220 Vca. Denominación JCH 250de la casa Carandini	
		128,00 €
		CIENTO VEINTI OCHO EUROS
84	u Lum. Emerg. Mod. 53063. 20 W. SIMON	
	Alumbrado de emergencia modelo 530063 de potencia 20 W de la casa SIMON, autonomía superior a 1 h	
		180,00 €
		CIENTO OCHENTA EUROS
85	u Lum. TPS 498/1.236. 2*36 W PHILIPS	
	Lámpara de tubo fluorescente de 36 W, denominación FBS 2*36 de la casa Philips	
		12,54 €
		DOCE EUROS CON CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
86	u Lum. FBS 105/136 PHILIPS	
	Lámpara de tubo fluorescente de 36 W, denominación FBS 105/136 de la casa Philips	
		8,50 €
		OCHO EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS

Código	Descripción	Total
CAPITULO C14 VARIOS		
87	u Bobinados zig-zag. DIESTRE Bobinados en zig-zag para una tensión de 26,4 kV a una frecuencia de servicio de 50 Hz, y una intensidad de defecto a tierra de 600 A	<hr/> 2.055,00 €
DOS MIL CINCUENTA Y CINCO EUROS		
88	u Celdas Prefabricadas en SF6. SIEMENS Conjunto de Celdas prefabricadas, aislamiento en SF6 de la casa SIEMENS	<hr/> 580,00 €
QUINIENTOS OCHENTA EUROS		
89	u Báculo de Acero Columna de acero galvanizado de espesor normal y 35 cm de empotramiento, de una altura de 7,5 m	<hr/> 224,00 €
DOS CIENTOS VEINTI CUATRO EUROS		
90	ml Valla protectora. 3,5 m de altura Valla metálica protectora de 3,5 m de altura, con todos accesorios	<hr/> 8,50 €
OCHO EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS		
91	ml Guía del Transformador Perfil metálico guía de los transformadores de potencia	<hr/> 24,04 €
VEINTI CUATRO EUROS CON CUATRO CÉNTIMOS		
92	u Int. Magnetotérmico ABB Interruptor magnetotérmico de 160 A de corriente nominal, de fabricación ABB	<hr/> 384,00 €
TRES CIENTOS OCHENTA Y CUATRO EUROS		

Código	Descripción	Total
93	u Int. Magnetotérmico ABB	
	Interrupor magnetotérmico de 63 A de corriente nominal, de fabricación ABB	
		135,40 €
		CIENTO TREINTA Y CINCO EUROS CON CUARENTA CÉNTIMOS
94	u Int. Magnetotérmico ABB	
	Interrupor magnetotérmico de 32 A, de la casa ABB	
		98,60 €
		NOVENTA Y OCHO EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS
95	u Int. Magnetotérmico (cc) ABB	
	Interrupor magnetotérmico de 10 A, para circuito de corriente continua, de la casa ABB	
		36,06 €
		TREINTA Y SEIS EUROS CON SEIS CÉNTIMOS
96	u Piquetas de tierra	
	Piquetas para la puesta a tierra de la Estación, de 2*19 mm	
		33,00 €
		TREINTA Y TRES EUROS
97	u Grillete recto (P.A.T Aérea)	
	Grillete recto para la puesta a tierra aérea	
		7,21 €
		SIETE EUROS CON VEINTI UN CÉNTIMOS
98	u Grapa en cruz (P.A.T Aérea)	
	Grapa en cruz para la puesta a tierra, para unión de cables	
		12,62 €
		DOCE EUROS CON SESENTA Y DOS CÉNTIMOS

Código	Descripción	Total
99	u Grapa de compresión (P.A.T Aérea)	
	Grapa de compresión para la puesta a tierra aérea	
		28,50 €
		VEINTI OCHO EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS
100	u Grapa de fijación (P.A.T Aérea)	
	Grapa para fijación para la perfecta fijación a estructura con tornillo de acero inoxidable	
		16,70 €
		DIECISEIS EUROS CON SETENTA CÉNTIMOS
101	u Empalme de compresión (P.A.T Aérea)	
	Empalme de compresión para la puesta a tierra aérea para cables	
		6,40 €
		SEIS EUROS CON CUARENTA CÉNTIMOS

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
--------	-------------	----------	--------	---------

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
<u>7.2 PRESUPUESTO</u>				
CAPITULO C01 OBRA CIVIL				
1	ml Demoliciones y movimiento de tierras			
	Excavación de zanjas y pozos hasta 1,5m de profundidad, en terreno, con medios y carga mecánica sobre camión			
		450	25,00 €	<u>11.250,00 €</u>
2	m³ Demoliciones y movimiento de tierras			
	Relleno y compactación en zanjas y pozos con tierras adecuadas			
		300	45,00 €	<u>13.500,00 €</u>
3	m³ Cimentaciones			
	Hormigón para zanjas y pozos de cimentación, Ha-25/P20, de consistencia plástica y tamaño máximo del arido 20mm			
		130	25,50 €	<u>3.315,00 €</u>
4	m³ Cimentaciones			
	Acero en barras corrugadas B 500 de limite elástico, para la armadura de zanjas y pozos			
		235	0,60 €	<u>141,00 €</u>

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
5	m² Cimentaciones			
	Encofrado con plafones metálicos para zanjas y pozos de cimentación			
		12	20,00 €	
				<u>240,00 €</u>
6	m³ Cimentaciones			
	Hormigón para losas de cimentación, de consistencia plástica			
		126	25,50 €	
				<u>3.213 €</u>
7	kg Cimentaciones			
	Acero en barras corrugadas B500 de límite elástico 500 N/mm ² , para las armaduras de losas			
		2.860	0,60 €	
				<u>1.716,00 €</u>
8	m³ Cimentaciones			
	Capa de limpieza y nivelación de hormigón, de consistencia plástica y tamaño máximo del arido 40mm			
		40,23	39,65 €	
				<u>1.982,53 €</u>
9	m³ Cimentaciones			
	Hormigón para muros de 3 m de altura, de consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm			
		28,23	49,28 €	
				<u>1.391,17 €</u>

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
10	kg Cimentaciones			
	Acero en barras corrugadas B 500, de límite elástico 500 N/mm, para la armadura de muros de contención, de una altura máxima de 3 metros			
		2.460	0,60 €	<u>1.476,00 €</u>
11	m² Cimentaciones			
	Encofrado con plafones metálicos, de 250*50 cm a dos caras, para muros de contención de base rectilínea			
		214	20,00 €	<u>4.280,00 €</u>
12	ml Estructuras metálicas			
	Suministro y colocación de vigas de carril metálico, incluyendo pletina metálica de anclaje y pernos metálicos			
		126	35,00 €	<u>4.410 €</u>
13	m³ Estructuras metálicas de hormigón			
	Hormigón para muros, de consistencia plástica y tamaño máximo del arido 20 mm, vertido con cubilote			
		34,50	49,28 €	<u>1.700,16 €</u>
14	kg Estructuras metálicas de hormigón			
	Acero en barras corrugadas, de límite elástico 500 N/mm, para la armadura de los muros			
		1.980	0,60 €	<u>1.188,00 €</u>
15	m³ Estructuras metálicas de hormigón			

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
	Hormigón para vigas, de consistencia plástica y tamaño máximo del arido 20 mm	98	25,50 €	<u>2.499 €</u>
16	kg Estructuras metálicas de hormigón			
	Acero en barras corrugadas B500 de límite elástico 500 N/mm2 en barras, para la armadura de vigas.	6.690	0,60 €	<u>4.014,00 €</u>
17	m² Estructuras metálicas de hormigón			
	Montaje de encofrado con plafón metálico, para vigas planas de directriz recta, a una altura de 3 metros.	240,60	20,00 €	<u>4.812 €</u>
18	m³ Pavimentos			
	Recrecido para protección de viga carril con hormigón en masa	10,56	33,50 €	<u>353,76 €</u>
19	m² Pavimentos			
	Suministro y extendido de grava de tamaño máximo de 50 a 70 mm	107,7	10,80 €	<u>1.163,16 €</u>

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
20	ml Pavimentos			
	Canalización para la recogida de aceite, de acero galvanizado, de 50 cm de ancho, formada por marco de perfil metálico			
		30	72,20 €	
				<u>2.166,00 €</u>
21	u Instalaciones de evacuación			
	Conexión con conducción de evacuación de aceite del transformador. Se incluye p.p. de conducto de evacuación de aceite, movimiento de tierras, carga y transporte de escombros al vertedero			
		1	400,60 €	
				<u>400,60 €</u>
22	ml Instalación eléctrica			
	Canalización prefabricada de hormigón para cables subterráneos, en zona peatonal, con tapa de hormigón, se incluye p.p. de conexión con canalizaciones y todos los elementos necesarios, tanto como trabajos necesarios para su perfecta ejecución			
		80,80	10,80 €	
				<u>872,64 €</u>
23	ml Instalación eléctrica			
	Canalización prefabricada de hormigón para cables en zona de vial, con tapa metálica formada por perfiles metálicos UPN120 de acero			
		9,95	100,50 €	
				<u>999,97 €</u>
TOTAL CAPÍTULO C1 OBRA CIVIL				<u>67083,96 €</u>

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
CAPITULO C02 CONDUCTORES				
24	ml AL-Ac (54+7)*381,55 mm²*1.2768 kg/m			
	Conductor de Aluminio-Acero (54+7), sección del cable 381,55 mm ² , peso de 1.2768 kg/m			
		359,10	1,29 €	463,23 €
25	ml Conductor de cobre Tubular 60/50mm			
	Conductor de cobre tubular de relación diámetro exterior/interior de 60/50 mm			
		30	5,50 €	165,00 €
26	ml Subterráneo Cu*2*500 mm²*9.8kg/m			
	Conductor subterráneo de cobre bifilar de sección 2*500 mm ² , peso de 9.8 kp/m			
		420	14,66 €	6.157,20 €
27	ml Subterránea Cu240 mm²*2.5kg/m			
	Conductor subterráneo de cobre unifilar de sección 240 mm ² , peso de 2.5 kg/m			
		1.000	20,43 €	20.430,00 €
28	ml Pirepoll. 10 mm²			
	Cable de cobre de denominación Pirepoll de sección 10 mm ²			
		1.000	0,96 €	960,00 €

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
29	ml Pirepoll. 6 mm²			
	Cable de cobre de denominación Pirepoll de sección 6mm ²			
		750	0,60 €	<u>450,00 €</u>
30	ml Pirepoll. 4 mm²			
	Cable de cobre de denominación Pirepoll de sección 4mm ²			
		300	0,50 €	<u>150 €</u>
31	ml Cable guarda de Acero. 50 mm²			
	Cable de acero denominación Guarda de 50 mm ² de sección			
		201	1,05 €	<u>211,05 €</u>
32	ml Conductor de Cobre 95mm²			
	Cable de acero designación Guarda de 50 mm ²			
		4.025	1,35 €	<u>5.433,73 €</u>
TOTAL CAPÍTULO C2 CONDUCTORES				<u>34.420,00 €</u>

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
CAPITULO C03 AISLADORES, SOPORTES ESTRUCTURAS Y ACCESORIOS				
33	u Aislador amarre, E 160/146			
	Aislador de amarre para intemperie de vidrio, de la casa la SAINT-GOBAIN, denominación E 160/146			
		450	9,01 €	<u>4.054,50 €</u>
34	u Racor de conexión			
	Racor de conexión recto para cable de sección 381,55 mm ²			
		42	3,10 €	<u>37,20 €</u>
35	u Racor de conexión			
	Racor de conexión bimetálico para borna de diámetro de transformador de potencia			
		12	3,70 €	<u>44,4 €</u>
36	u Racor de conexión			
	Racor de conexión en T para cable de sección de 381,55 mm ²			
		48	3,50 €	<u>168,00 €</u>

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
37	u Estructura pórtico de 220 kV			
	Estructura del pórtico de 220 kV, incluyendo perfiles L50.5 y L35.4			
		9	1.900 €	
				<u>17.100,00 €</u>
38	u Columna Viga de 220 kV			
	Estructura columna Viga de 220 kV, incluyendo perfiles L80.6, L70.5 y L70.4			
		9	1.050 €	
				<u>9.450,00 €</u>
39	u Apoyo Interruptor			
	Apoyo para interruptores automáticos			
		12	184 €	
				<u>2.208,00 €</u>
40	u Apoyo Seccionador			
	Apoyo para seccionadores			
		18	165,40 €	
				<u>2.977,20 €</u>
41	u Apoyo Trafo Tensión			
	Apoyos para transformadores de tensión			
		6	160,00 €	
				<u>960,00 €</u>

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
42	u Apoyo Trafo Intensidad			
	Apoyos para transformadores de intensidad			
		12	160,00 €	
				<u>1.920 €</u>
43	u Apoyo zig-zag			
	Apoyos para los bobinados zig-zag			
		2	215,00 €	
				430,00 €
TOTAL CAPÍTULO C3 AISLADORES, SOPORTES ESTRUCTURAS Y ACCESORIOS				<u>39.349,30 €</u>

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
CAPITULO C04 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS				
44	u HP 514/4F. VATECH			
	Interruptor tripolar de alto voltaje para 245 kV con aislamiento en SF6, constituido por tres polos. Para su instalación a la intempérie. De la casa VATECH			
		4	22.740 €	
				90.960,00 €
45	u Int. Aut. SIEMENS			
	Interruptor automático, para 36 kV para su instalación interior, con aislamiento en SF6. De la casa SIEMENS			
		13	9.400 €	
				122.200,00 €
TOTAL CAPÍTULO C4 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS				213.160,00 €

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
CAPITULO C05 TRANSFORMADORES DE POTENCIA				
46	u ABB Trafosur 220±10%/25 kV. Ynd11. 60 MVA			
	Transformador de potencia de la casa ABB fabricado en Trafosur con características de 220±10%/25 kV. Ynd11. 60 MVA, con refrigeración en aceite y para instalación en intemperie. Con accesorios.			
		1	421.950,85 €	
				<u>421.950,85 €</u>
47	u ABB Trafosur 220±10%/25 kV. Ynd11. 40 MVA			
	Transformador de potencia de la casa ABB fabricado en Trafosur con características de 220±10% 25 kV. Ynd11. 40 MVA, con refrigeración en aceite y para instalación en intemperie. Con accesorios.			
		1	376.984,85 €	
				<u>376.984,85 €</u>
48	u ABB 25/0.4 kV. Dyn11. 250 kVA			
	Transformador de potencia de la casa ABB con características de 25/0.4 kV. Dyn11. 250 kVA, con refrigeración en resina epoxi e instalación interior. Con accesorios.			
		2	5.332,00 €	
				<u>10.664,00 €</u>
TOTAL CAPÍTULO C5 TRANSFORMADORES DE POTENCIA			809.599,70 €	

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
CAPITULO C06 TRANSFORMADORES DE TENSIÓN				
49	u CPDE 245-N-C.1 núcleo. ABB			
	Transformador de tensión de la casa ABB para una tensión de 245 kV, de instalación a la intemperie insertdos en cápsula de porcelana. De un núcleo			
		6	2.829,00 €	
				<u>16.914,00 €</u>
50	u UCP-36. 2 núcleos. ARTECHE			
	Transformador de tensión de la casa ARTECHE para una tensión de 24-36 kV, de instalación a la intemperie, refrigeración al aire. De 2 núcleos			
		6	691,00 €	
				<u>4.146 €</u>
51	u UCP-36. 2 núcleos. ARTECHE			
	Transformador de tensión de la casa ARTECHE para una tensión de 24-36 kV, de instalación interior. De 1 núcleos			
		6	546,92 €	
				<u>3.281,52 €</u>
TOTAL CAPÍTULO C4 TRANSFORMADORES DE TENSIÓN				<u>24.341,52 €</u>

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
CAPITULO C07 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD				
52	u IMBD-245. 3 núcleos. 400/5-5-5 A. ABB			
	Transformador de intensidad de la casa ABB para una tensión de 245 kV, de instalación a la intemperie en instalación vertical, con tenisión máxima de 1050 kV. De dos núcleos, incluidos accesorios. Corriente primario 400, 2º de 5			
		6	2.824,00 €	
				<u>16.944,00 €</u>
53	u IMBD-245. 3 núcleo. 200/5-5-5 A. ABB			
	Transformador de intensidad de la casa ABB para una tensión de 245 kV, de instalación a la intemperie en instalación vertical, con tenisión máxima de 1050 kV. De tres núcleos, incluidos accesorios. Corriente primario 200, 2º de 5			
		6	3.155,00 €	
				<u>18.930,00 €</u>
54	u ACH-36. 3 núcleo. 1500/5-5-5 A. ARTECHE			
	Transformador de intensidad de la casa ARTECHE para una tensión de 36 kV, con tenisión máxima de 36 kV. De tres núcleos, incluidos accesorios.			
		6	390,66 €	
				<u>2.342,96 €</u>
55	u ACH-36. 2 núcleo. 400/5-5 A. ARTECHE			
	Transformador de intensidad de la casa ARTECHE para una tensión de 36 kV, de instalación en interior, con tenisión máxima de 36 kV. Modelo Soporte. De dos núcleos, incluidos accesorios. Corriente primario 400, 2º de 5. Ventilación resina sintética colada y tratada bajo vacío.			
		60	450,00 €	
				<u>27.000,00 €</u>
56	u AVD-36. 1 núcleo. 1500/5 A. ARTECHE			
	Transformador de intensidad de la casa ARTECHE para una tensión de 36 kV, De un núcleo, incluidos accesorios. Corriente primario 1500, 2º de 5 A. Ventilación resina sintética colada y tratada bajo vacío.			
		2	425,00 €	
				<u>850,00 €</u>

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
57	u AVD-36. 1 núcleo. 400/5 A. ARTECHE			
	Transformador de intensidad de la casa ARTECHE para una tensión de 36 kV, De un núcleo, incluidos accesorios. Corriente primario 400, 2º de 5 A. Ventilación resina sintética colada y tratada bajo vacío.			
		4	295,00 €	
				<u>1.180,00 €</u>
58	u B.T. 1 núcleo. 5/3,867 A			
	Bajo pedido. 1 núcleo, de 5/3,867 una tensión de 36 kV, de instalación en interior, con tensión máxima de 36 kV. De un núcleo, incluidos accesorios. Ventilación resina sintética colada y tratada bajo vacío.			
		2	69,00 €	
				138,00 €
TOTAL CAPÍTULO C7 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD				<u>67.384,96 €</u>

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
CAPITULO C08 SECCIONADORES				
59	u SG3C 245-3 polos. MESA			
	Seccionador tripolar de 245 kV, de intalación a la intemperie, giratório. De la casa MESA.			
		6	1.150 €	<hr/>
				6.900,00 €
60	u SG3C 245-2 polos. MESA			
	Seccionador de dos polos de 245 kV, de intalación a la intemperie, giratório. De la casa MESA.			
		1	789,00 €	<hr/>
				789,00 €
61	u A-03d. SIEMENS			
	Seccionador de 36 kV, para montaje interior y todas las posiciones. De la casa SIEMENS. Con enclavamiento.			
		26	165,00 €	
				4.290,00 €
TOTAL CAPÍTULO C8 SECCIONADORES				<hr/> 11.979,00 €

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
CAPITULO C09 AUTOVÁLVULAS				
62	u EXLIM-R-198-AM-245. ABB			
	Autoválvula tipo EXLIM-R-198-AM-245, de tensión nominal 245 kV, alta corriente de descarga 100 kA, y baja corriente de 550 A. Instalación intemperie, vertical. De la casa ABB			
		6	1.586,67 €	
				9.520,02 €
63	u EXLIM-R-30-AV-036. ABB			
	Autoválvula tipo EXLIM-R-30-AV-036, de tensión nominal 30 kV, alta corriente de descarga 100 kA, y baja corriente de 550 A. Instalación intemperie, vertical. De la casa ABB			
		45	123,81 €	
				5.571,45 €
TOTAL CAPÍTULO C8 AUTOVÁLVULAS				57.120,12 €

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
CAPITULO C10 EQUIPOS AUXILIARES				
64	u Bateria de 25 kV y 6 MVAR			
	Bateria de condensadores de 25 kV y 6 MVAR de potencia			
		1	1.845,75 €	
				<u>1.845,75 €</u>
65	u Bateria y rectificador TUDOR			
	Equipo de baterías y rectificador de 250 Ah. Y 125 Vcc. De la casa TUDOR			
		1	8.356,00 €	
				<u>8.356,00 €</u>
TOTAL CAPÍTULO C10 EQUIPOS AUXILIARES				<u>10.201,75 €</u>

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
CAPITULO C11 RELÉS DE PROTECCIÓN				
66	u Relé RD3T Ref. 022/01. MAYVASA			
	Relé diferencial de protección de transformadores RD3T de la casa MAYVASA. Trifásico de Ref. 022/01, de instalación interior, con caja de metálica para correcta ubicación. De 3 tarjetas y regulación. Con bornas cortocircuitables en los circuitos de intensidad.			
		2	420,00 €	
				840,00 €
67	u Relé RV-UT. ARTECHE			
	Relé trifásico denominación RV-UT, de la casa ARTECHE, incluye protección de máxima y mínima tensión y máxima y mínima frecuencia			
		2	459,00 €	
				918,00 €
68	u Relé DISTANCIA. ABB			
	Relé de distancia, de la casa ABB. Trifásico modelo REL 511, de instalación interior, con caja enchufable metálica tipo B para correcta ubicación. Dispone de elemento señalizador.			
		2	462,00 €	
				924,00 €
69	u Relé RV-ITN. ARTECHE			
	Relé de sobreintensidad, denominación RV-ITN, de la casa ARTECHE, con señal temporizada y disparos, para su instalación interior			
		21	867,00 €	
				18.207,00 €
70	u Relé RSD3 Ref. 011/3. MAYVASA			
	Rele direccional de sobreintensidad, necesaria alimentación de contnua, con señal temporizada y disparos de instalación interior, con caja enchufable metálica tipo B para correcta ubicación. Dispone de elemento señalizador.			
		2	210,00 €	
				420,00 €

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
71	u Relé M.I.A.-1 Ref. 007/4. MAYVASA Relé electrónico de sobreintensidad monofásico a tiempo independiente, tipo M.I.A.-1 de ref. 007/4, necesaria alimentación de continua, sistema de medida estanco, con caja enchufable metálica tipo A para correcta ubicación. Dispone de elemento señalizador.	4	59,50 €	<hr/> 238,00 €
72	u Relé RRA-3F Ref. 008/2. MAYVASA Relé electrónico para reconexión automática de interruptores, tipo R.R.A.-3F de ref. 008/2, necesaria alimentación de continua, 5 ciclos de funcionamiento, con caja enchufable metálica tipo B para correcta ubicación. Dispone de elemento señalizador.	15	248,22	<hr/> 3.723,30 €
TOTAL CAPÍTULO C12 RELÉS DE PROTECCIÓN				<hr/> 25.032,30 €

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
CAPITULO C12 EQUIPOS DE MEDIDA				
73	u Contador de Activa. L200			
	Contador trifásico de potencia activa modelo L200. Clase 1. lαg			
		6	158,67 €	
				952,02 €
74	u Contador de reactiva. FG/MG330j 1			
	Contador trifásico de potencia reactiva modelo FG/MG330φ1. lαg			
		6	150,25 €	
				901,50 €
75	u Voltímetro SACI (110V) 0-250kV			
	Voltímetro analógico de la casa SACI, con tensión de alimentación 110V, escala de 0-250 kV. Clase 0,5			
		2	38,46 €	
				76,92 €
76	u Voltímetro. SACI (110V) 0-30kV			
	voltímetro analógico de la casa saci, con tensión de alimentación 110V, escala de 0-30 kV. clase 0.5			
		2	20,40 €	
				40,80 €
77	u Frecuencímetro. SACI 50 Hz. CLASE 0.5			
	Frecuencímetro analógico de la casa SACI, para frecuencia 50 Hz. clase 0.5			
		2	54,70 €	
				109,40 €

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
78	u Sincronoscopio SACI			
	Sincronoscopio de la casa SACI, de 3 luces para visualizar sincronismo			
		1	64,91 €	
				<u>64,91 €</u>
79	u Amperímetro SACI (0-5 A) 0-150 A. CLASE 0.5			
	Amperímetro de la casa SACI con entrada de 0-5 a y visualización de 0-150 A. con clase de precisión 0.5			
		6	22,54 €	
				<u>135,24 €</u>
80	u Vatímetro 110V-5 A TRIF. 0-60 MW SACI			
	Vatímetro analógico de la casa SACI con tensión de alimentación 110 V-5 A, trifásico. con escala 0-60 MW			
		2	129,82 €	
				<u>259,64 €</u>
81	u Varímetro 110V-5 A TRIF. 0-60 MVar SACI			
	Varímetro analógico de la casa SACI con tensión de alimentación 110 V-5 A, trifásico. con escala 0-60 MVar			
		2	127,41 €	
				<u>254,82 €</u>
TOTAL CAPÍTULO C12 EQUIPOS DE MEDIDA				<u>2.795,25 €</u>

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
CAPITULO C13 ALUMBRADO				
82	u Lum. ET-400 Carandini			
	Luminaria de vapor de sodio de alta presión de 250 W y 220 Vca. Denominación ET-400 tipo farola de la casa Carandini			
		19	154,00 €	
				<u>2.926,00 €</u>
83	u Lum. JCH-250 Carandini			
	Luminaria de vapor de sodio de alta presión de 250 W y 220 Vca. Denominación JCH 250de la casa Carandini			
		8	128,00 €	
				<u>1.024,00 €</u>
84	u Lum. Emerg. Mod. 53063. 20 W. SIMON			
	Alumbrado de emergencia modelo 530063 de potencia 20 W de la casa SIMON, autonomía superior a 1 h			
		20	180,00 €	
				<u>3.600 €</u>
85	u Lum. TPS 498/1.236. 2*36 W PHILIPS			
	Luminaria de tubo fluorescente de 36 W, denominación FBS 2*36 de la casa Philips			
		29	12,54 €	
				<u>363,66 €</u>
86	u Lum. FBS 105/136 PHILIPS			
	Luminaria de tubo fluorescente de 36 W, denominación FBS 105/136 de la casa Philips			
		8	8,50 €	
				<u>68,00 €</u>
TOTAL CAPÍTULO C13 ALUMBRADO				<u>7.981,66 €</u>

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
CAPITULO C14 VARIOS				
87	u Bobinados zig-zag. DIESTRE			
	Bobinados en zig-zag para una tensión de 26,4 kV a una frecuencia de servicio de 50 Hz, y una intensidad de defecto a tierra de 600 A			
		2	2.055 €	
				4.110,00 €
88	u Celdas Prefabricadas en SF6. SIEMENS			
	Conjunto de Celdas prefabricadas, aislamiento en SF6 de la casa SIEMENS			
		13	580,00 €	
				7.540 €
89	u Báculo de Acero			
	Columna de acero galvanizado de espesor normal y 35 cm de empotramiento, de una altura de 7,5 m			
		19	224,00 €	
				4256,00 €
90	ml Valla protectora. 3,5 m de altura			
	Valla metálica protectora de 3,5 m de altura, con todos accesorios			
		460	8,50 €	
				3.910,00 €
91	ml Guía del Transformador			
	Perfil metálico guía de los transformadores de potencia			
		150	24,04 €	
				3.606,00 €

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
92	u Int. Magnetotérmico ABB			
	Interruptor magnetotérmico de 160 A de corriente nominal, de fabricación ABB			
		1	384,00 €	
				<u>384,00 €</u>
93	u Int. Magnetotérmico ABB			
	Interruptor magnetotérmico de 63 A de corriente nominal, de fabricación ABB			
		3	135,40 €	
				<u>406,20 €</u>
94	u Int. Magnetotérmico ABB			
	Interruptor magnetotérmico de 32 A, de la casa ABB			
		9	98,60 €	
				<u>887,40 €</u>
95	u Int. Magnetotérmico (cc) ABB			
	Interruptor magnetotérmico de 10 A, para circuito de corriente continua, de la casa ABB			
		30	36,06 €	
				<u>1.081,8 €</u>
96	u Piquetas de tierra			
	Piquetas para la puesta a tierra de la Estación, de 2*19 mm			
		33	33,00 €	
				<u>1.089,00 €</u>

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
97	u Grillete recto (P.A.T Aérea)			
	Grillete recto para la puesta a tierra aérea			
		48	7,21 €	<u>346,08 €</u>
98	u Grapa en cruz (P.A.T Aérea)			
	Grapa en cruz para la puesta a tierra, para unión de cables			
		24	12,62 €	<u>302,88 €</u>
99	u Grapa de compresión (P.A.T Aérea)			
	Grapa de compresión para la puesta a tierra aérea			
		24	28,50 €	<u>684,00 €</u>
100	u Grapa de fijación (P.A.T Aérea)			
	Grapa para fijación para la perfecta fijación a estructura con tornillo de acero inoxidable			
		12	16,70 €	<u>200,40 €</u>
101	U Empalme de compresión (P.A.T Aérea)			
	Empalme de compresión para la puesta a tierra aérea para cables			
		24	6,40 €	153,60 €
TOTAL CAPÍTULO C14 VARIOS				<u>28.957,36 €</u>

Capítulo	Descripción	Importe
7.3.- RESUMEN DEL PRESUPUESTO		
C01	OBRA CIVIL.....	67.083,96
C02	CONDUCTORES.....	34.420,00
C03	AISLADORES, SOPORTES, ESTRUCTURA Y ACCESORIOS.....	39.349,30
C04	INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS.....	213.160,00
C05	TRANSFORMADORES DE POTENCIA.....	809.599,70
C06	TRANSFORMADORES DE TENSIÓN.....	24.341,52
C07	TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD.....	67.384,96
C08	SECCIONADORES.....	11.979,00
C09	AUTOVÁLVULAS.....	57.120,12
C10	EQUIPOS AUXILIARES.....	10.201,75
C11	RELÉS DE PROTECCIÓN.....	25.032,30
C12	EQUIPOS DE MEDIDA.....	2.795,25
C13	ALUMBRADO.....	7.981,66
C14	VARIOS.....	28.957,36
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		1.384.632,58
	13,00% Gastos generales.....	180.002,23
	6,00% Beneficio industrial.....	83.077,95
SUMA DE G.G. y B.I.		263.080,18
	16% I.V.A.....	221.541,21
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA		1.869.253,97
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		1.869.253,97

Asciende el presupuesto general a una cantidad de UN MILLON OCHOCIENTOS SESENTA Y NUEVE MIL DOS CIENTOS CINCUENTA Y TRES EUROS CON NOVENTA Y SIETE CÉNTIMOS.

Signatura:

Joan Francesc Moreno Molina
Enginyer Tècnic Industrial en Electricitat
Nº colegiado: 0987

8. ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA

INDICE

8.1 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	387
8.1.1 MEMORIA.....	387
8.1.1.1 OBJETO DE LA MEMORIA	387
8.1.1.1.1 INTERFERENCIAS CON SERVICIOS.....	387
8.1.1.2 ACTIVIDADES	388
8.1.1.3 EQUIPOS DE TRABAJO	388
8.1.1.3.1 MAQUINARIA	388
8.1.1.3.2 ELEMENTOS.....	389
8.1.1.4 RIESGOS LABORALES Y MEDIDAS PREVENTIVAS	389
8.1.1.4.1 ACTIVIDADES	389
8.1.1.4.2 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS, MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES PARA MAQUINARIA	400
8.1.1.4.3 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS, MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES PARA ELEMENTOS AUXILIARES.....	406
8.1.1.5 SERVICIOS SANITARIOS Y COMUNES	408
8.1.1.5.1 PRIMEROS AUXILIOS	408
8.1.1.5.2 MEDICINA PREVENTIVA	408
8.1.1.5.3 EVACUACIÓN DE ACCIDENTADOS	408
8.1.1.5.3 SERVICIOS COMUNES	409
8.1.1.6 FORMACIÓN.....	409
8.1.2 PLIEGO DE CONDICIONES.....	409
8.1.2.1 GENERALIDADES	409
8.1.2.2 NORMAS LEGALES Y REGLAMENTOS	411
8.1.2.2 UBICACIÓN Y CONSERVACIÓN DE MAQUINARIA, ÚTILES Y HERRAMIENTAS	414
8.1.2.3 UTILIZACIÓN Y CONSERVACIÓN DE SISTEMAS Y EQUIPOS DE SEGURIDAD	415
8.1.2.4 EQUIPOS DE PROTECCIÓN A UTILIZAR EN LA OBRA.....	415
8.1.2.4.1 PROTECCIÓN COLECTIVA.....	415
8.1.2.4.2 PROTECCIÓN INDIVIDUAL.....	416
8.1.2.4.3 SEÑALIZACIÓN DE LOS RIESGOS DEL TRABAJO.....	417

8.1 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

8.1.1 MEMORIA

8.1.1.1 OBJETO DE LA MEMORIA

El presente Estudio de Seguridad y Salud tiene por objeto definir y coordinar las medidas mínimas de seguridad y salud a tomar, durante la construcción de la Subestación Transformadora, con el fin de conseguir el mantenimiento de un clima de trabajo confortable que elimine o minimice los accidentes e incidentes laborales.

Siguiendo las instrucciones del Real Decreto 1627/1997, antes del inicio de la obra el contratista adjudicatario, elaborará el Plan de Seguridad y Salud, en base a lo indicado en este Estudio de Seguridad.

El Estudio y el posterior Plan de Seguridad son válidos para todas las Empresas que actúen en la obra ya sea como contratista, subcontratista o personal autónomo, debiendo el contratista cumplir y hacer cumplir, a todo el personal de obra, lo establecido en ellos así como en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, Decretos que la desarrollan y la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

El contratante deberá tener constancia de que cada trabajador ha sido informado de los riesgos específicos que afecten a su puesto de trabajo o función que desempeña y de las medidas de protección y prevención aplicables a dichos riesgos.

El Jefe de Obra, Técnico de Montaje y Coordinador de Seguridad admitirá y tendrá en cuenta cualquier propuesta por parte del trabajador que vaya dirigida a mejorar los niveles de protección en lo relacionado a la seguridad y salud en el trabajo.

Cuando el trabajador esté o pueda estar en una situación de riesgo grave o inminente, el superior deberá actuar de inmediato para eliminar tal situación, en caso de que el trabajador no pueda ponerse en contacto con su superior, él mismo, podrá subsanar la situación habida cuenta de sus conocimientos y medios a su disposición, y a la primera ocasión deberá informar a su superior del problema y la solución adoptada.

8.1.1.1.1 Interferencias con servicios

En la zona que está prevista la construcción de la SE. no hay, en la actualidad, servicios que puedan producir interferencias.

Si en alguna fase de la construcción no pudieran mantenerse las distancias mínimas de seguridad fijadas en las Normas de Operación del Grupo Endesa y norma UNE-EN-50110, entre alguna línea y los equipos de trabajo utilizados, deberá efectuarse un descargo total durante el tiempo que sea necesario.

8.1.1.2 ACTIVIDADES

Visto el proyecto de la construcción de la SE., la obra se puede dividir en las siguientes actividades:

- Implantación de la obra
- Acopio de material
- Movimiento de tierras
- Obra civil
- Montaje parque 220 kV (estructuras metálicas y apartamento de A.T.)
- Montaje de la totalidad de la instalación interior
- Tendido de cables y montaje equipos (control, protección, mando y comunicaciones)
- Puesta en servicio de la instalación.

Una vez desarrollado el proyecto definitivo el contratista ampliará, si es necesario, esta relación en su Plan de Seguridad.

8.1.1.3 Equipos de trabajo

La previsión de maquinaria y medios auxiliares, que se expone a continuación, será confirmada y ampliada si es necesario por el contratista en su Plan de Seguridad y Salud, una vez desarrollado el proyecto y decididos los procedimientos de trabajo a seguir.

8.1.1.3.1 Maquinaria

Retroexcavadora con equipo de martillo rompedor.

Pala cargadora.

Camión basculante.

Dumper, carretilla a motor con volquete.

Compresor.

Martillo (neumático, martillo rompedor, taladrador para bulones o barrenos).

Sierra circular para madera.

Soldadura por arco eléctrico.

Soldadura oxiacetilénica y oxicorte.

Hormigonera eléctrica (pastera).

Camión hormigonera.

Vibrador.

Grúa móvil.

8.1.1.3.2 Elementos

Andamios de borriquetas.

Cesta de soldador.

Escaleras de mano.

Bateas, para movimiento de material en obra.

8.1.1.4 RIESGOS LABORALES Y MEDIDAS PREVENTIVAS

A continuación para cada actividad básica y cada equipo de trabajo, previstos utilizar en la obra, se hace una identificación de los riesgos más significativos y se relacionan las medidas preventivas y las protecciones que tenderán a controlar y reducir dichos riesgos. El contratista en su Plan de Seguridad y Salud, una vez decididas las actividades que ejecutará en la obra y los equipos de trabajo que dispondrá, completará esta lista, tanto en actividades como en identificación de riesgos, medidas preventivas y protecciones.

8.1.1.4.1 Actividades

Implantación de la obra

Antes del inicio de la obra el personal encargado estudiará, sobre la superficie de terreno disponible, la distribución de los servicios necesarios durante el desarrollo de la obra (acopio, talleres, oficinas, servicios del personal, etc.) así como los accesos para vehículos y personal en las diferentes actividades a realizar.

Previo al inicio de las actividades principales se efectuará el vallado de todo el perímetro de la obra con el fin de evitar los riesgos a terceros, dada la atracción que tienen las obras para muchas personas ajenas a ella.

Los riesgos más frecuentes durante esta actividad son:

Riesgos derivados de la manipulación de materiales: incisiones cortantes, heridas punzantes, lumbalgias.

Caídas de personas al mismo nivel

Caídas de cargas o materiales

Riesgos provocados por la maquinaria

Riesgos provocados por falta de orden y limpieza

La protección del personal que participe en esta actividad será casco, mono, botas, guantes y cinturón antilumbago.

A partir de este momento existirá en obra una persona encargada de seguridad que revise regularmente las protecciones colectivas para su mantenimiento y reposición.

Acopio de material, almacenamiento y expedición

La recepción del material necesario para el montaje se efectuará en una campa dispuesta en la obra para tal fin. En esta campa se irán clasificando los diferentes materiales y se almacenarán hasta la expedición a sus emplazamientos definitivos o la devolución por finalizar la obra.

Los accesorios de la grúa que se utilicen (bragas, estrobos, etc.), estarán en perfectas condiciones de uso.

El transporte del material desde la campa hasta su emplazamiento se efectuará con vehículo adecuado, nunca con grúa móvil o máquinas retro y el personal nunca viajará en el mismo habitáculo que la carga.

Los riesgos más frecuentes durante esta actividad son:

Riesgos derivados de la manipulación de materiales: incisiones cortantes, heridas punzantes, lumbalgias.

Caídas de personas al mismo nivel

Caídas de cargas o materiales

Caída de objetos

Riesgos provocados por la maquinaria

Riesgos provocados por falta de orden y limpieza

Ruidos

La protección del personal que participe en esta actividad será casco, mono, botas, guantes, cinturón antilumbago y orejeras.

Movimiento de tierras

La mayoría de accidentes en estas actividades son colisiones o atropellos y se producen sobre todo por distracciones.

Las operaciones de movimientos de tierras no se improvisarán ni las organizará el propio maquinista si no que se planificarán dentro del desarrollo de actividades de la obra y serán dirigidas por el jefe de obra y el encargado. Los operarios tendrán instrucciones concretas de su cometido y la forma de ejecutarlo, evitando así que tomen iniciativas sobre tareas que no deben hacer.

Todos los operarios recibirán instrucciones para que si al excavar se encuentran con variaciones de los estratos o de sus características, cursos de agua subterráneas, etc., paren la obra en ese tajo y avisen a la jefatura de obra, al objeto de adoptar las medidas oportunas para evitar derrumbamientos.

Los circuitos de la maquinaria, así como su radio de acción deben señalizarse, para evitar que nadie permanezca dentro y evitar así que se produzcan atropellos y colisiones.

Excavación de zanjas

En función del tipo de terreno, el contratista decidirá que tipo de maquinaria es la más adecuada para realizar la excavación.

Los materiales extraídos de la excavación se acopiarán a una distancia del borde que sea como mínimo igual a la profundidad prevista. Igualmente se actuará en el acopio de otros materiales junto a las excavaciones. Con esta medida se elimina en parte el riesgo de derrumbamientos por cargas estáticas.

Para evitar los derrumbamientos producidos por cargas dinámicas, se prohibirá la circulación de vehículos por las proximidades de las cabezas de excavación.

El encargado revisará todos los frentes de excavación al principio y al final de la jornada, para comprobar la estabilidad del terreno y que todos los tajos se encuentran protegidos.

Se delimitará la zona de trabajo mediante cinta de balizamiento, prohibiendo la circulación de personas en el radio de acción de la máquina excavadora.

Se tenderá a que las excavaciones estén abiertas el mínimo tiempo posible y en caso de estar más de un día abiertas, se protegerá el riesgo de caídas a distinto nivel con vallas de cabeza de vaciado.

Para el acceso de personal al fondo de la excavación (alturas inferiores a 5 m), se utilizarán escaleras de 0,50 m de anchura y con pendiente no superior a 1:4. El número de escaleras será el suficiente para permitir salir al personal con suficiente rapidez en caso de emergencia.

Cuando las zanjas tengan más de un metro de profundidad, siempre que hayan operarios en su interior, se mantendrá uno en el exterior que dará la alarma en caso de producirse alguna emergencia.

Para atravesar las zanjas sin riesgo, se dispondrán pasarelas con barandillas de protección.

No se efectuará trabajos simultáneos en distintos niveles de la misma vertical, ni se trabajará sin casco de seguridad y se evitará situar cargas suspendidas por encima de los operarios.

Si es necesario que se acerquen vehículos al borde de la excavación, se instalarán topes de seguridad.

En todas las excavaciones se efectuará el talud adecuado al tipo de terreno.

En el caso de excavaciones que no se pueda hacer toda la altura con talud, se taluzará la cabeza de la excavación y se tomarán medidas para que los trabajadores permanezcan el menor tiempo posible dentro de la zona de peligro, confeccionando las armaduras en taller, encofrando a una cara, etc.

En el caso de zanjas, de profundidad igual o superior a 1,20 m, si no se puede dar el talud adecuado, se recurrirá a la entibación.

Nunca se entibará sobre superficies inclinadas y en caso necesario se rellenará el trasdós de la entibación para asegurar un perfecto contacto con el terreno.

Las entibaciones se deberán revisar diariamente antes de comenzar el trabajo, tensando los codales que se hayan aflojado.

Las entibaciones se quitarán sólo cuando dejen de ser necesarias y siempre por franjas horizontales empezando por la parte inferior.

Identificación de riesgos y protecciones

Los riesgos más frecuentes en el movimiento de tierras son:

Atropellos.

Colisiones.

Vuelcos.

Aplastamientos por corrimientos de tierras.

Caídas al mismo o distinto nivel.

Caídas de materiales o rocas.

Golpes o aplastamientos con partes móviles de máquinas.

Las protecciones colectivas a montar:

Señalización interior de obra

Señalización exterior de obra

Vallas de contención de peatones

Bandas de plástico de señalización

Carteles anunciadores, desprendimientos, prohibido el paso, etc.

Entibaciones

Pasarelas

Barandillas resistentes

Las protecciones del personal que participe en esta actividad son:

Botas de seguridad (tajo).

Botas de seguridad con piso antideslizantes (operadores).

Botas de goma con puntera reforzada (tajo días de lluvia).

Casco.

Guantes.

Mono.

Cinturón antivibratorio.

Protector de oídos.

Mascarilla antipolvo.

Impermeable.

Obra civil

Los riesgos más frecuentes durante las fases de ferrallado y hormigonado son:

Riesgos derivados de la manipulación de materiales y herramientas como incisiones cortantes, heridas punzantes y lumbalgias.

Riesgos derivados de la manipulación de hormigón como dermatosis y salpicaduras en ojos.

Caídas del personal al mismo o distinto nivel.

Caídas de objetos.

Riesgos provocados por la maquinaria y vehículos de transporte.

Riesgo eléctrico.

Ruido que puede provocar sorderas, fatiga, etc.

Incendios.

Riesgos derivados de trabajos de soldadura.

Las protecciones colectivas a montar son:

Bandas de señalización.

Interruptores diferenciales.

Barandillas en plataformas de trabajo que tengan riesgo de caída superior a 2 m y en huecos y perímetros donde no exista otra protección.

Extintores.

Las protecciones básicas del personal que participe en esta actividad son:

Botas de seguridad.

Casco.

Guantes.

Mono.

Gafas.

Estas protecciones básicas se complementarán, cuando las distintas fases de la actividad lo requieran, con:

Cinturón antilumbago

Mascarillas antipolvo

Orejas

Protecciones trabajos de soldadura (Pantalla, gafas, mandil, polainas, guantes, etc.)

Cinturón de seguridad

Una vez acabado el hormigonado se señalará convenientemente la zona para evitar el riesgo de caídas o hundimiento hasta su fraguado.

Montaje parque (estructuras metálicas y apartamento de A.T.)

El acopio del material se hará en sentido inverso al de su utilización y se planificará para que cada elemento que vaya a ser transportado no sea estorbado por ningún otro.

En la recepción en obra de los elementos, se anotará su peso, en el propio elemento, con el objeto de utilizar repartidores de carga cuando sea necesario y de no sobrepasar las cargas máximas admisibles de las grúas.

El movimiento de los elementos sólo se realizará con los útiles previstos por el fabricante y sólo se engancharán por los puntos previstos y en las formas previstas.

Antes de izar cualquier elemento, se comprobará que se encuentra libre y que no tiene algún trabazón que lo una a otro elemento.

Una vez enganchada la pieza, el personal encargado de ello, se alejará cuando las eslingas estén tesas.

Para dirigir piezas de gran tamaño se utilizarán cuerdas guía.

Los gruistas recibirán instrucciones sobre: cargas máximas admisibles, no pasar las cargas por encima de las personas, elevar siempre las cargas en vertical evitando los tirones, etc.

En elementos de gran superficie se extremarán las precauciones durante las maniobras, en caso de viento constante o ráfagas, para evitar el vuelco de las grúas o golpes a los operarios.

Los trabajos de montaje se suspenderán en días de lluvia intensa, tormentas, nieve, heladas fuertes o velocidad del viento elevada.

Nunca se programarán trabajos que obliguen a mantener abiertos dos tajos en la misma vertical.

Tanto los elementos de la estructura como la aparamenta de A.T. se soldarán o atornillarán con la mayor rapidez posible. No se dejarán elementos apuntalados provisionalmente.

Los operarios que realicen trabajos en altura, tendrán una bolsa de herramientas adecuada para evitar su caída.

Las eslingas utilizadas estarán siempre en perfecto estado y se sustituirán inmediatamente las que se observen que tienen algún deterioro por pequeño que sea. Si se emplean eslingas textiles, sólo se utilizarán las que cuenten con identificación del material y carga máxima. La unión de las eslingas formadas por cables se realizará siempre con grilletes de tamaño adecuado.

El personal encargado de las operaciones de ensamblaje sujetará siempre el cinturón de seguridad a alguna parte fija de la estructura, no permanecerá en los elementos durante el transporte, no trepará por los perfiles y no arrojará objetos desde altura.

Los riesgos más frecuentes durante esta actividad son:

Riesgos derivados de la manipulación de materiales y herramientas como incisiones cortantes, heridas punzantes y lumbalgias.

Caídas del personal al mismo o distinto nivel

Caídas de cargas o materiales

Caídas de objetos

Riesgos provocados por la maquinaria y vehículos de transporte

Riesgo eléctrico

Ruido que puede provocar sorderas, fatiga, etc.

Riesgos derivados de trabajos de soldadura

Las protecciones colectivas a montar son:

Bandas de señalización

Interruptores diferenciales

Barandillas en plataformas de trabajo que tengan riesgo de caída superior a 2 m.

Las protecciones básicas del personal que participe en esta actividad son:

Botas de seguridad

Casco

Guantes

Mono

Gafas

Estas protecciones básicas se complementarán, cuando las distintas fases de la actividad lo requieran, con:

Cinturón antilumbago

Orejeras

Protecciones trabajos de soldadura (Pantalla, gafas, mandil, polainas, guantes, etc.)

Cinturón de seguridad con arnés TXT y cuerda salva vidas

Bolsa de herramientas

Tendido de cables y montaje equipos (control, protección, mando y comunicaciones).

Los riesgos más frecuentes durante esta actividad son:

Riesgos derivados de la manipulación de materiales y herramientas como incisiones cortantes, heridas punzantes y lumbalgias.

Caídas del personal al mismo o distinto nivel

Caídas de cargas o materiales
Caídas de objetos
Golpes y atrapaduras
Riesgos provocados por la maquinaria y vehículos de transporte
Riesgo eléctrico
Riesgos derivados de trabajos de soldadura

Las protecciones colectivas a montar son:

Bandas de señalización
Interruptores diferenciales
Barandillas en plataformas de trabajo que tengan riesgo de caída superior a 2 m

Las protecciones básicas del personal que participe en esta actividad son:

Botas de seguridad
Casco
Guantes
Mono
Gafas contra proyecciones

Estas protecciones básicas se complementarán, cuando las distintas fases de la actividad lo requieran, con:

Cinturón antilumbago
Protecciones trabajos de soldadura (Pantalla, gafas, mandil, polainas, guantes, etc.)
Cinturón de seguridad

El personal que deba realizar terminaciones de cables, tiene que estar homologado para la realización de trabajos en cables de M.T.

Puesta en servicio de la instalación

La puesta en servicio de la instalación se efectuará una vez acabada la obra y siguiendo los protocolos correspondientes elaborados por el proyectista.

El personal que realice los ensayos necesarios para la puesta en servicio deberá ser experto en aparatos elevadores de tensión de ensayos.

Todas las zonas donde estén ubicados los circuitos a ensayar, se señalarán para evitar el paso de personal no incluido en el equipo de laboratorio.

La energización de los diferentes circuitos se hará por separado, señalizando las zonas de trabajo para evitar la entrada de personal ajeno al equipo de puesta en servicio. El personal encargado de la energización deberá estar homologado por FECSA-ENHER I para la ejecución de maniobras.

Los riesgos más frecuentes durante esta actividad son:

Riesgos derivados de la utilización de herramientas como incisiones cortantes, heridas punzantes y lumbalgia

Caídas del personal al mismo o distinto nivel

Riesgo eléctrico

Incendio

Las protecciones colectivas a montar son:

Bandas de señalización

Carteles indicadores

Extintores

Las protecciones básicas del personal que participe en esta actividad son:

Botas de seguridad

Casco

Guantes

Estas protecciones básicas se complementarán con las necesarias si, por necesidades de la puesta en marcha, se necesita maniobrar o poner a tierra algún circuito de A.T.

Utilización de maquinaria

Actuación del maquinista

Cumpliendo el Real Decreto 1215/97, la conducción en obra de equipos de trabajo automotores debe ser realizada por operarios que hayan recibido una formación específica para la conducción segura de dichos equipos.

Antes de poner la máquina en marcha, se deberá comprobar que no hay personas ni obstáculos a su alrededor.

El maquinista conocerá cual es la zona de trabajo previamente delimitada así como la altura de seguridad en el caso que se trabaje bajo líneas de A.T.

Cualquier maquinista operador o auxiliar, que haya de intervenir en la obra durante la puesta en servicio, habrá recibido un cursillo de formación para trabajos en proximidad y cercanía de tensión y deberá conocer claramente su cometido en el tajo.

No se cargará en ningún caso por encima de la cabina.

Queda totalmente prohibida la utilización de la pala de la retroexcavadora para transportar personal.

No se utilizarán las máquinas excavadoras como grúas ni para el transporte de material.

Condiciones que deben reunir las máquinas en obra

Las máquinas deberán llevar señalización acústica, retrovisores a cada lado, servofrenos y freno de mano. Todo ello en perfecto estado de funcionamiento.

Almacenamiento de combustible

Para el almacenamiento y manipulación de bidones de líquidos inflamables, gasolina, gas-oil, etc., se habilitará un lugar idóneo en la caseta de obra adecuada para tal fin y lejos del personal.

Bajo ningún concepto se encenderán fuegos o se soldará en las proximidades.

Se mantendrá el suelo limpio de carburantes y aceites.

Se dispondrá de los medios necesarios de extinción.

8.1.1.4.2 Identificación de riesgos, medidas preventivas y protecciones para maquinaria

Retroexcavadora

Ver Notas Técnicas de Prevención NTP-122 y NTP-126

Pala cargadora

Ver Notas Técnicas de Prevención NTP-79 y NTP-126

Camión basculante

Riesgos más frecuentes:

Choques contra elementos de la obra

Atropello de personas

Vuelcos

Caídas de objetos

Caídas a distinto nivel

Golpes

Medidas de prevención:

La caja se ha de bajar después de descargar y antes de iniciar el movimiento.

Ajustar la velocidad a las características de la obra.

Respetar las señalizaciones de la obra.

Respetar las normas del Código de Circulación.

Las zonas de maniobra han de estar despejadas de personal.

No aproximarse a las zanjas a distancias inferiores de 1 m.

Durante las operaciones de carga el chófer debe estar fuera de la cabina y del radio de acción de la máquina.

Protecciones colectivas:

Bandas de señalización en zonas de maniobras

Extintor en cabina

Protecciones individuales del chófer:

Casco de seguridad cuando esté fuera de la cabina.

Calzado de seguridad antideslizante.

Guantes.

Dumper, carretilla a motor con volquete

Ver Nota Técnica de Prevención NTP-76

Compresor

Riesgos más frecuentes:

Vuelcos, atrapamientos y caídas por terraplén

Caídas desde el vehículo de transporte

Desprendimiento y caída durante el transporte en suspensión

Sobre esfuerzos

Ruido

Rotura de manguera a presión

Emanaciones de gases tóxicos

Medidas de prevención:

No circular por pendientes superiores a las admisibles.

Utilizar siempre por personal cualificado.

Los estrobos para carga y descarga han de estar en perfectas condiciones de uso.

Efectuar las revisiones de mantenimiento fijadas por el constructor.

No tender las mangueras por lugares sujetas a abrasiones o paso de vehículos.

Protecciones colectivas:

Delimitar las zonas de trabajo para evitar el acceso de personas ajenas.

Protecciones individuales:

Casco de seguridad.

Botas de seguridad.

Guantes.
Orejas.
Gafas contra proyecciones.

Martillo (neumático, rompedor, taladrador para bulones o barrenos)

Riesgos más frecuentes:

Ruido
Proyección de objetos
Rotura de mangueras

Medidas de prevención:

Efectuar las revisiones de mantenimiento fijadas por el constructor.
No tener las mangueras por lugares sujetas a abrasiones o paso de vehículos.

Protecciones colectivas:

Delimitar las zonas de trabajo para evitar el acceso de personas ajenas.

Protecciones individuales:

Casco de seguridad.
Botas de seguridad.
Guantes.
Orejas.
Gafas contra proyecciones.

Sierra circular

Ver Nota Técnica de Prevención NTP-96.

Soldadura por arco eléctrico

Riesgos más frecuentes:

Exposición a radiaciones no ionizantes.
Inhalación de vapores metálicos.
Riesgo eléctrico.
Quemaduras.
Proyección de partículas.
Incendio.
Caídas de objetos.
Golpes y cortes.

Medidas de prevención:

Aislar los puntos de trabajo para evitar que los trabajadores próximos no se sometan a radiaciones.

Acotar las zonas donde se pueden producir proyecciones de material incandescente.

Suspender los trabajos en presencia de lluvia, hielo o viento.

Protecciones colectivas:

Cubierta protectora de los bornes de conexión del grupo.

Puesta a tierra de los circuitos.

Aislamiento de las pinzas portaelectrodos.

Protecciones individuales:

Casco de seguridad.

Botas de seguridad.

Pantalla facial de seguridad contra radiaciones.

Guantes de soldador.

Mandil de cuero.

Polainas de cuero.

Soldadura oxiacetilénica y oxicorte

Riesgos más frecuentes:

Exposición a radiaciones no ionizantes.
Inhalación de vapores metálicos.
Quemaduras.
Proyección de partículas.
Explosión e incendio.
Caídas de objetos.
Golpes y cortes.

Medidas de prevención:

Evitar almacenamiento excesivo de botellas.

El transporte de las botellas debe hacerse con la válvula de cierre protegida por el capuchón roscado.

Mantener las botellas en posición vertical, aseguradas contra choques y caídas.

Proteger las botellas de humedad intensa y continua, de la radiación solar y de focos de calor.

No engrasar las botellas de oxígeno ni sus accesorios y no ponerlos en contacto con ácidos, grasas o materiales inflamables.

Antes de utilizar las botellas de acetileno, deben estar en posición vertical un mínimo de 12 horas.

Revisar periódicamente el estado de conservación y fijación de las gomas.

Protecciones colectivas:

Manómetros reductores de presión.

Válvulas antirretorno.

Protecciones individuales:

Casco de seguridad.

Botas de seguridad.

Pantalla facial de seguridad contra radiaciones.

Guantes de soldador.

Mandil de cuero.

Polainas de cuero.

Hormigonera eléctrica, pastera

Ver Nota Técnica de Prevención NTP-121.

Camión hormigonera

Ver Nota Técnica de Prevención NTP-93.

Vibrador

Riesgos más frecuentes:

Salpicaduras de lechada a los ojos.

Descargas eléctricas.

Caídas a distinto nivel.

Medidas de prevención:

Utilizar por personal cualificado.

Vibrar el hormigón desde lugar estable.

Proteger el cable de alimentación de agresiones mecánicas.

Protecciones colectivas:

Las correspondientes a la actividad de obra civil.

Protecciones individuales:

Casco de seguridad.

Botas de PVC.

Guantes.

Gafas contra proyecciones.

Grúa móvil

Ver Nota Técnica de Prevención NTP-208.

8.1.1.4.3 Identificación de riesgos, medidas preventivas y protecciones para elementos auxiliares

Andamios de borriquetas

Ver Nota Técnica de Prevención NTP-202.

Cesta de soldador

Riesgos más frecuentes:

Caídas a distinto nivel.

Desplome de la plataforma.

Cortes por rebabas y similares.

Medidas de prevención:

La cesta estará construida totalmente en acero y la plataforma además será antideslizante.

Los elementos de colgar no permitirán balanceos.

Los cuelgues se efectuarán por enganche doble, de tal forma que quede asegurada la estabilidad de la cesta en el caso de fallo de algún enganche.

Protecciones colectivas:

La cesta llevará barandilla perimetral de 1 m de altura, con pasamano intermedio y rodapiés de 15 cm.

El acceso directo a la cesta será por escalera de mano, con ganchos de anclaje y cuelgue en cabeza.

Protecciones individuales:

Casco de seguridad.

Botas de seguridad con suela antideslizante.

Guantes.

Escaleras de mano

Riesgos más frecuentes:

Caídas a distinto nivel.

Contusiones durante transporte.

Medidas de prevención:

Los apoyos de la escalera tendrán elementos antideslizantes y siempre se apoyará sobre superficies planas.

Los montantes serán de una sola pieza y los escalones estarán empotrados.

Las escaleras se colocarán apartadas de elementos móviles que puedan derribarlas y, a ser posible, fuera de las zonas de paso.

La subida y bajada hay que hacerlas de cara a la escalera.

No se ha de subir con pesos superiores a 25 Kg.

La inclinación será aproximadamente de 1:4.

No se pueden salvar alturas superiores a 5 m, a menos que estén reforzadas en el centro.

Para alturas superiores a 7 m se utilizarán escaleras especiales.

La longitud de las escaleras utilizadas como acceso a puntos superiores, deben sobrepasar en 1 m dicho punto y estar amarradas a él, no utilizándola nunca más de una persona.

Protecciones colectivas:

Las escaleras de tijera estarán previstas de cadenas o cables que impidan que se abran al utilizarlas.

Protecciones individuales:

Casco de seguridad.

Botas de seguridad con suela antideslizante.

Guantes.

Cinturón de seguridad.

Bateas, para movimiento de material en obra

Ver Nota Técnica de Prevención NTP-77.

8.1.1.5 SERVICIOS SANITARIOS Y COMUNES

8.1.1.5.1 Primeros auxilios

Aunque el objeto de este Estudio de Seguridad y Salud es evitar los accidentes laborales, hay que reconocer que existen causas de difícil control que pueden hacerlos presentes. En consecuencia, es necesario prever la prestación de primeros auxilios para atender a los posibles accidentados, de acuerdo con el Real Decreto 1627/1997.

Dada las características de la obra e instalación a efectuar, será necesario dotarlo de un botiquín de primeros auxilios por tajo de trabajo, en el que se le den las primeras atenciones sanitarias a los posibles accidentados.

En el Plan de Seguridad y Salud que elabore el contratista adjudicatario de la obra, deberá constar la ubicación, así como, la dotación de dichos botiquines.

8.1.1.5.2 Medicina preventiva

Con el fin de lograr evitar en lo posible las enfermedades profesionales en esta obra, así como las disfunciones derivadas de los trastornos físicos, psíquicos, alcoholismo y resto de toxicomanías peligrosas, se prevé que el contratista adjudicatario, en cumplimiento de la legislación vigente, realice los reconocimientos médicos previos a los trabajadores de esta obra, antes de su inicio, también exigirá este cumplimiento al resto de las empresas que sean contratadas por él.

8.1.1.5.3 Evacuación de accidentados

La evacuación de accidentados, que por sus lesiones así lo requieran, estará prevista por el contratista adjudicatario de la obra mediante la contratación de un servicio de ambulancias y/o helicóptero, que definirá en su Plan de Seguridad.

8.1.1.5.3 Servicios comunes

Dada las características de la obra e instalaciones a efectuar, será necesario dotarla de una caseta de obra, para vestuarios, de unas medidas aproximadas de 6,5x2,5 m, aproximadamente por tajo de obra y por cada 14 trabajadores o fracción, el contratista adjudicatario de la obra definirá la situación y el número de casetas de obra en su Plan de Seguridad.

8.1.1.6 FORMACIÓN

Toda persona que intervenga en la obra recibirá una formación general de seguridad.

Al personal que intervenga en el montaje de la estructura y de la aparamenta de 220 kV, además del curso de formación general, se le impartirá un curso de formación específica en riesgos de altura y eléctrico y se le comentarán los accidentes tipo, que la empresa propietaria de la instalación tiene a disposición del contratista.

A los maquinistas que, por cualquier circunstancia, puedan maniobrar debajo de las barras de 220 kV, durante el tiempo que se realice la puesta en servicio de la subestación, se les impartirá un curso de formación específica para trabajos en proximidad y cercanía de tensión.

Al personal que actúe como jefe de trabajos se le formará O.G.S.H.T. capítulo VI, en especial Art. 67, Art. 68 y Art. 69, así como en las Normas de Operación del Grupo Endesa.

8.1.2 PLIEGO DE CONDICIONES

8.1.2.1 GENERALIDADES

Ambito de aplicación

Las presentes condiciones regirán en todos los trabajos encargados al contratista adjudicatario de la obra en las instalaciones de la Subestación Transformadora de A.T., M.T. y B.T.,

Seguridad e higiene en el trabajo

El contratista se obliga a hacer cumplir en todo momento a su personal y al personal subcontratado las normas contenidas en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, según orden del 8 de noviembre de 1995, así como todos los reglamentos que la desarrollan y cuantas disposiciones y reglamentos que continúen en vigor, conducentes a evitar peligros y accidentes.

El contratista debe conocer y hacer cumplir las Normas de Operación del Grupo Endesa.

En caso de que el contratista tenga que asumir la ejecución de maniobras y la responsabilidad del descargo, deberá disponer de personal homologado por FECSA-ENHER I para:

Agentes de descargo en A.T.

Agentes de descargo en M.T.

Operador local M.T.

En cualquier caso el contratista tendrá que asumir las responsabilidades de Jefe de Trabajo de acuerdo con las Normas de Operación del Grupo Endesa.

Normas legales

El contratista deberá tener en todo momento afiliados y en alta de la Seguridad Social a todos aquellos trabajadores que de algún modo intervengan en la realización de los trabajos, así como aquellos que en su caso, precisen llevar a efecto tareas de coordinación, colaboración, dirección y control relacionados con la ejecución de dichos trabajos.

El contratista deberá disponer, previo al inicio de los trabajos, una póliza de seguro de accidentes de trabajo, donde se incluya la electrocución. Esta póliza deberá ser presentada al contratante para su examen y basteo.

Medio ambiente

El contratista se compromete a cumplir y hacer cumplir cuantas normas existen sobre medio ambiente y responderá frente a las autoridades administrativas y judiciales de los daños causados durante la realización de los trabajos encomendados.

El contratista se obliga a que, una vez finalizados los trabajos, limpiará la zona de los posibles residuos de materiales empleados y restituirá el ecosistema de la zona afectada.

8.1.2.2 NORMAS LEGALES Y REGLAMENTOS

Decreto 3151/1968. Reglamento de líneas aéreas de alta tensión.

Prescripciones técnicas que deberán cumplir las líneas eléctricas aéreas de alta tensión, entendiéndose como tales las de corriente alterna trifásica a 50 Hz de frecuencia, cuya tensión nominal eficaz entre fases sea igual o superior a 1 kV.

Decreto 2413/1973. Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones complementarias.

Condiciones y garantías que deben reunir las instalaciones eléctricas conectadas a una tensión igual o inferior a 1.000 V para corriente alterna y 1.500 V para corriente continua.

Real Decreto 3275/1982. Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad de centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación e instrucciones técnicas complementarias (Orden ministerial 18-10-1984)

Condiciones y garantías técnicas a que han de someterse las instalaciones eléctricas de más de 1.000 voltios.

Leyes de seguridad

Ley 31/1995. Prevención de riesgos laborales

Promueve la seguridad y la salud de los trabajadores mediante la aplicación de medidas y el desarrollo de las actividades necesarias para la prevención de riesgos derivados del trabajo.

Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de 9 de marzo de 1971. Capítulo 6 (Electricidad).

Protección contra contactos en las instalaciones y equipos eléctricos.

Real Decreto 1495/1986. Reglamento de seguridad de máquinas.

Establece los requisitos necesarios para obtener el nivel de seguridad suficiente, de acuerdo con la práctica tecnológica del momento, a fin de preservar a las personas y a los bienes de los riesgos derivados de la instalación, funcionamiento, mantenimiento y reparación de las máquinas.

Ley 8/1998 de 7 de abril, infracciones y sanciones en el orden social.

Infracciones por obstrucción a la labor inspectora, sobre la vigilancia del cumplimiento de las disposiciones legales, reglamentarias y convenios colectivos, que tienen encomendada los inspectores de Trabajo y Seguridad Social y los controladores laborales.

Real Decreto 1316/1989. Protección de los trabajadores frente al ruido.

Protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de su exposición al ruido durante el trabajo y particularmente para la audición.

Real Decreto 485/1997. Señalización de los lugares de trabajo.

Disposiciones mínimas para la señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Real Decreto 487/1997. Disposiciones mínimas en la manipulación de cargas.

Disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.

Real Decreto 773/1997. Utilización de equipos de protección individual.

Disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la elección, utilización por los trabajadores en el trabajo y mantenimiento de los equipos de protección individual.

Real Decreto 1215/1997. Utilización de equipos de trabajo.

Disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización de los equipos de trabajo empleados por los trabajadores en el trabajo.

Real Decreto 1627/1997. Condiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.

Disposiciones mínimas de seguridad y de salud aplicables a las obras de construcción.

Código de circulación.

Normas de seguridad

Norma UNE-EN 50110

Prescripciones generales para la operación de las instalaciones eléctricas así como para la realización de trabajos sobre, con o en la proximidad de instalaciones eléctricas, todo ello en adecuadas condiciones de seguridad.

Normas de Operación del Grupo ENDESA

Normativa técnica y administrativa a seguir en la realización de trabajos y maniobras en las instalaciones, con el fin de prevenir los riesgos existentes y velar por la calidad y continuidad del servicio.

Nota Técnica de Prevención NTP-75

Bulldozer.

Nota Técnica de Prevención NTP-76

Dumper, carretilla a motor con volquete.

Nota Técnica de Prevención NTP-77

Bateas – Paletas y plataformas para formación de cargas unitarias.

Nota Técnica de Prevención NTP-79

Pala cargadora.

Nota Técnica de Prevención NTP-93

Camión hormigonera.

Nota Técnica de Prevención NTP-96

Sierra circular para construcción, dispositivos de protección.

Nota Técnica de Prevención NTP-121

Hormigonera.

Nota Técnica de Prevención NTP-122

Retroexcavadora.

Nota Técnica de Prevención NTP-126

Máquinas para movimientos de tierras.

Nota Técnica de Prevención NTP-202

Andamios de borriquetas.

Nota Técnica de Prevención NTP-208

Grúa móvil.

Información contratista

La empresa propietaria tendrá a disposición del contratista toda la documentación de seguridad propia que se relaciona en este Estudio.

8.1.2.2 UBICACIÓN Y CONSERVACIÓN DE MAQUINARIA, ÚTILES Y HERRAMIENTAS

Sobre la maquinaria utilizada en la obra:

Solo será maniobrada por personal autorizado y preparado para dicho fin.

Sólo se utilizará siguiendo las instrucciones del constructor y para los trabajos que ha sido proyectada.

Cumplirá siempre con todas las normas de seguridad en vigor, efectuándole, cuando sea necesario, las modificaciones adecuadas para su adaptación a las nuevas normas.

Deberá estar siempre en perfecto estado de servicio, por lo que ha de pasar las revisiones periódicas de mantenimiento que fije el constructor.

Sobre los útiles y herramientas:

Siempre se utilizarán siguiendo las instrucciones del fabricante y sólo para realizar los trabajos para los que han sido proyectadas.

Estarán siempre en perfecto estado de servicio, por lo que se retirarán las que hayan sufrido golpes o desperfectos que no garanticen la seguridad del operario que las utilice aunque puedan desarrollar el trabajo en precario.

8.1.2.3 UTILIZACIÓN Y CONSERVACIÓN DE SISTEMAS Y EQUIPOS DE SEGURIDAD

Sobre el material de seguridad necesario en la obra:

Se utilizará siempre siguiendo las instrucciones dadas por el fabricante y sólo para cumplir la función que haya sido proyectado.

Deberá estar siempre en perfecto estado de servicio por lo que deberá someterse a las revisiones y operaciones de mantenimiento periódicas que fije el constructor.

Será retirado inmediatamente de la obra, para su reparación o desguace, el material que sufra algún deterioro, por pequeño que sea, ya que siempre se ha de garantizar la seguridad del operario que lo utilice.

Además de lo indicado el contratista deberá tener en cuenta las Normas de FECSA-ENHER I relacionadas con el material de seguridad.

8.1.2.4 EQUIPOS DE PROTECCIÓN A UTILIZAR EN LA OBRA

En este apartado se enumeran las previsiones de protecciones colectivas e individuales a utilizar en obra, según los riesgos identificados para las actividades y equipos de trabajo expuestos. El contratista en su Plan de Seguridad completará y adaptará estas previsiones una vez decididas las actividades definitivas a seguir así como las máquinas y equipos de trabajos que dispondrá en obra.

8.1.2.4.1 Protección colectiva

Verificador de ausencia de tensión para A.T. y B.T.

Equipos de puesta a tierra.

Transformadores de aislamiento.

Interruptor diferencial de 30 mA.

Interruptor diferencial de 300 mA.

Extintores de incendios.
Entibación blindaje metálico para excavaciones.
Vallas de seguridad.
Cinta señalización zona de trabajo.

8.1.2.4.2 Protección individual

Dado que con las protecciones colectivas no se pueden resolver la totalidad de los riesgos identificados, se deberán utilizar los siguientes equipos de protección individual:

Botas impermeables al agua y a la humedad.
Botas de seguridad.
Guantes aislantes de la electricidad para A.T.
Guantes aislantes de la electricidad para B.T.
Guantes para trabajos mecánicos.
Guantes de soldador.
Gafas de seguridad contra proyecciones e impactos.
Gafas de seguridad contra radiaciones de soldadura y oxicorte.
Cinturones antilumbago.
Cinturones contra vibraciones.
Muñequeras contra vibraciones.
Mascarillas de papel filtrante contra el polvo.
Orejeras.
Cascos de seguridad.
Cinturones de seguridad.

Arnés TXT y cuerdas salva-vidas.
Impermeable.
Chaleco reflectante.
Chaqueta ignífuga.
Mandiles de seguridad fabricado en cuero.
Polainas de cuero.
Ropa de trabajo (monos o buzos de algodón).

Pantallas de seguridad contra las radiaciones de soldadura eléctrica, oxiacetilénica y oxicorte.

8.1.2.4.3 Señalización de los riesgos del trabajo

Como complemento de la protección colectiva y de los equipos de protección individual previstos, se empleará una señalización normalizada que recuerde los riesgos existentes a todo el personal de la obra. Las señales se seleccionarán dependiendo de las operaciones concretas a realizar y a título informativo se relacionan las siguientes:

Advertencia del riesgo eléctrico.

Advertencia explosión.

Advertencia de peligro.

Prohibido fumar y llamas desnudas.

Prohibido paso a peatones.

Protección obligatoria cabeza.

Protección obligatoria manos.

Protección obligatoria pies.

Protección obligatoria vista.