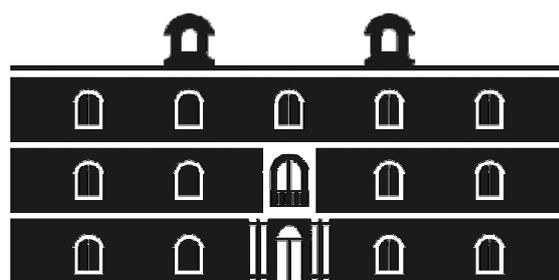


# PROYECTO FINAL DE CARRERA



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



**industriales**  
etsii UPCT

Titulación: Ingeniería Técnica Industrial  
Intensificación: Electricidad  
Alumno: Indalecio Ferrer Torres  
Director: Alfredo Conesa Tejerina

Cartagena, 26 de Febrero de 2013

## ÍNDICE

### MEMORIA

1.1 Objeto del proyecto.....	9
1.2 Titulares de la instalación: al inicio y al final.....	10
1.3 Usuarios de la instalación.....	10
1.4 Emplazamiento de la instalación.....	10
1.5 Legislación y normativa aplicable.....	10
1.5.1 Normas Generales.....	10
1.5.2 Normas y recomendaciones de diseño del edificio.....	11
1.5.3 Normas y recomendaciones de diseño de aparamenta eléctrica.....	11
1.5.4 Normas y recomendaciones de diseño de transformadores.....	12
1.6 Descripción genérica de las instalaciones, uso y potencia.....	12
1.6.1 Red de Media Tensión.....	12
1.6.2 Red de Baja Tensión.....	12
1.6.3. Centros de Transformación.....	13
1.6.3.1 Centro de Transformación PFU-4.....	13
1.6.3.2 Centro de Transformación Miniblock.....	13
1.7. Plazo de ejecución de las instalaciones.....	14
1.8. Descripción de las instalaciones.....	14
1.8.1. Red de Media Tensión.....	14
1.8.1.1. Trazado.....	14
1.8.1.1.1. Puntos de entronque y final de línea.....	14
1.8.1.1.2. Longitud.....	14
1.8.1.1.3. Relación de cruzamientos y paralelismos.....	14
1.8.1.2. Materiales.....	17
1.8.1.2.1. Conductores.....	17
1.8.1.2.2. Aislamientos.....	18
1.8.1.2.3. Accesorios.....	18
1.8.1.2.4. Protecciones eléctricas de principio y fin de línea.....	19
1.8.1.3. Zanjas y sistema de enterramiento.....	19
1.8.1.3.1. Medidas de señalización y seguridad.....	19
1.8.1.4. Puesta a Tierra.....	20
1.8.2 Red de Baja Tensión.....	20
1.8.2.1. Trazado.....	21
1.8.2.1.1. Longitud.....	21
1.8.2.1.2. Inicio y final de la línea.....	22
1.8.2.1.3. Cruzamientos y paralelismos.....	22
1.8.2.2. Puesta a Tierra y continuidad del neutro.....	24
1.8.3. Centros de Transformación.....	25
1.8.3.1 Centro de Transformación PFU-4/20.....	25
1.8.3.1.1 Obra civil.....	25
1.8.3.1.1.1 Características de los materiales.....	25
1.8.3.1.2 Instalación Eléctrica.....	27
1.8.3.1.2.1 Características de la red de alimentación.....	27
1.8.3.1.2.2 Características de la aparamenta MT.....	28
1.8.3.1.2.3 Características descriptivas de la aparamenta MT y transformadores.....	29
1.8.3.1.2.3.1 Entrada / Salida 1: CGMCOSMOS-L Interruptor-seccionador.....	29
1.8.3.1.2.3.2 Entrada / Salida 2: CGMCOSMOS-L Interruptor-seccionador.....	30
1.8.3.1.2.3.3 Protección Transformador 1: CGMCOSMOS-P Protección fusibles.....	31
1.8.3.1.2.3.4 Transformador 1: Transformador aceite 24 kV.....	32
1.8.3.1.2.4 Características descriptivas de los cuadros de BT.....	33
1.8.3.1.2.5 Características del material vario de MT y BT.....	34
1.8.3.1.3 Medida de la energía eléctrica.....	34

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

1.8.3.1.4 Unidades de protección, automático y control.....	35
1.8.3.1.4.1 Unidad de Control Integrado: <i>ekorRCI</i> .....	35
1.8.3.1.4.2 Controlador de Celdas Programable: <i>ekorCCP</i> .....	36
1.8.3.1.4.3 Unidad Compacta de Telecontrol: <i>ekorUCT</i> .....	37
1.8.3.1.4.4 Unidad Compacta de Telecontrol: <i>ekorCCP</i> .....	38
1.8.3.1.4.5 Unidad Compacta de Telecontrol: <i>ekorRCI</i> .....	39
1.8.3.1.5 Puesta a tierra.....	40
1.8.3.1.5.1 Tierra de protección.....	40
1.8.3.1.5.2 Tierra de servicio.....	40
1.8.3.1.6 Instalaciones secundarias.....	40
1.8.3.2 Centro de Transformación Miniblock.....	41
1.8.3.2.1 Obra civil.....	41
1.8.3.2.1.1 Características de los materiales.....	41
1.8.3.2.2 Instalación Eléctrica.....	43
1.8.3.2.2.1 Características de la red de alimentación.....	43
1.8.3.2.2.2 Características de la aparamenta MT.....	43
1.8.3.2.2.3 Características descriptivas de la aparamenta MT y transformadores.....	45
1.8.3.2.2.4 Características descriptivas de los cuadros de BT.....	46
1.8.3.2.2.5 Características del material vario de MT y BT.....	47
1.8.3.2.3 Medida de la energía eléctrica.....	48
1.8.3.2.4 Unidades de protección, automático y control.....	48
1.8.3.2.5 Puesta a tierra.....	48
1.8.3.2.5.1 Tierra de protección.....	48
1.8.3.1.5.2 Tierra de servicio.....	48
1.8.3.1.6 Instalaciones secundarias.....	49

## 2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.

2.1 Cálculos de Media Tensión.....	50
2.1.1 Cálculos LSMT de Acometida-Centro reparto.....	50
2.1.1.1 Características de la línea.....	50
2.1.1.2 Criterio de calentamiento.....	52
2.1.1.3 Criterio de cortocircuito.....	53
2.1.1.4 Criterio de caída de tensión.....	53
2.1.2 Cálculos LSMT de Centro de reparto-Centro abonado.....	55
2.1.2.1 Características de la línea.....	55
2.1.2.2 Criterio de calentamiento.....	57
2.1.2.3 Criterio de cortocircuito.....	58
2.1.2.4 Criterio de caída de tensión.....	58
2.1.3 Cálculos Anillo MT.....	60
2.1.3.1 Características de la línea.....	60
2.1.3.2 Criterio de calentamiento.....	62
2.1.3.3 Criterio de cortocircuito.....	63
2.1.3.4 Criterio de caída de tensión.....	64
2.1.4 Calculo Transformador Miniblock.....	67
2.1.4.1 Intensidad de Media Tensión.....	67
2.1.4.2 Intensidad de Baja Tensión.....	68
2.1.4.3 Cortocircuitos.....	68
2.1.4.3.1 Observaciones.....	68
2.1.4.3.2 Calculo de las intensidades de cortocircuito.....	68
2.1.4.3.3 Cortocircuito en el lado de Media Tensión.....	69
2.1.4.3.4 Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.....	69
2.1.4.4 Dimensionado del embarrado.....	69
2.1.4.4.1 Comprobación por densidad de corriente.....	69
2.1.4.4.2 Comprobación por sollicitación electrodinámica.....	70
2.1.4.4.3 Comprobación por sollicitación térmica.....	70

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

2.1.4.5 Protección contra sobrecargas y cortocircuitos.....	70
2.1.4.6 Dimensionado de los puentes de MT.....	71
2.1.4.7 Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación.....	71
2.1.4.8 Dimensionado del pozo apagafuegos.....	72
2.1.4.9 Calculo de las instalaciones de puesta a tierra.....	72
2.1.4.9.1 Investigación de las características del suelo.....	72
2.1.4.9.2 Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.....	72
2.1.4.9.3 Diseño preliminar de la instalación de tierra.....	73
2.1.4.9.4 Calculo de la resistencia del sistema de tierra.....	73
2.1.4.9.5 Calculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación.....	77
2.1.4.9.6 Calculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación.....	78
2.1.4.9.7 Calculo de las tensiones aplicadas.....	78
2.1.4.9.8 Investigación de las tensiones transferidas al exterior.....	80
2.1.4.9.9 Corrección y ajuste del diseño inicial. ....	81
2.1.5 Calculo Transformador de reparto PFU-4.....	82
2.1.5.1 Intensidad de Media Tensión. ....	82
2.1.5.2 Intensidad de Baja Tensión. ....	82
2.1.5.3 Cortocircuitos. ....	83
2.1.5.3.3 Observaciones. ....	83
2.1.5.3.2 Calculo de las intensidades de cortocircuito.....	83
2.1.5.3.3 Cortocircuito en el lado de Media Tensión. ....	83
2.1.5.3.4 Cortocircuito en el lado de Baja Tensión. ....	84
2.1.5.4 Dimensionado del embarrado. ....	84
2.1.5.4.1 Comprobación por densidad de corriente.....	84
2.1.5.4.2 Comprobación por sollicitación electrodinámica.....	84
2.1.5.4.3 Comprobación por sollicitación térmica. ....	84
2.1.5.5 Protección contra sobrecargas y cortocircuitos. ....	85
2.1.5.6 Dimensionado de los puentes de MT.....	86
2.1.5.7 Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación.....	86
2.1.5.8 Dimensionado del pozo apagafuegos. ....	86
2.1.5.9 Calculo de las instalaciones de puesta a tierra.....	86
2.1.5.9.1 Investigación de las características del suelo ....	86
2.1.5.9.2 Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto. ....	87
2.1.5.9.3 Diseño preliminar de la instalación de tierra ....	88
2.1.5.9.4 Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.....	88
2.1.5.9.5 Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación.....	91
2.1.5.9.6 Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación ....	92
2.1.5.9.7 Cálculo de las tensiones aplicadas.....	93
2.1.5.9.8 Investigación de las tensiones transferibles al exterior.....	95
2.1.5.9.9 Corrección y ajuste del diseño inicial. ....	96
2.2 Cálculos de Baja Tensión.....	97
2.2.1 Potencia prevista.....	97
2.2.3 Anillos CT1.....	101
2.2.3.1 Datos y tablas de corrección para el cálculo de la sección y fusible de los anillos.....	101
2.2.3.2 Anillo 1 CT1.....	104
2.2.3.2.1 Calculo punto de mínima tensión.....	104
2.2.3.2.2 Calculo sección conductor y fusible RAMA1.....	105
2.2.3.2.3 Calculo sección conductor y fusible RAMA2.....	105
2.2.3.3 Anillo 2 CT1.....	106
2.2.3.3.1 Calculo punto de mínima tensión.....	106
2.2.3.3.2 Calculo sección conductor y fusible RAMA1.....	107
2.2.3.3.3 Calculo sección conductor y fusible RAMA2.....	108

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

2.2.4 Anillos CT2.....	109
2.2.4.1 Datos y tablas de corrección para el cálculo de la sección y fusible de los anillos.....	109
2.2.4.2 Anillo 1 CT2.....	112
2.2.4.2.1 Calculo punto de mínima tensión.....	112
2.2.4.2.2 Calculo sección conductor y fusible RAMA1.....	113
2.2.4.2.3 Calculo sección conductor y fusible RAMA2.....	114
2.2.4.3 Anillo 2 CT2.....	115
2.2.4.3.1 Calculo punto de mínima tensión.....	115
2.2.4.3.2 Calculo sección conductor y fusible RAMA1.....	116
2.2.4.3.3 Calculo sección conductor y fusible RAMA2.....	116
2.2.5 Anillos CT3.....	117
2.2.5.1 Datos y tablas de corrección para el cálculo de la sección y fusible de los anillos.....	117
2.2.5.2 Anillo 1 CT3.....	120
2.2.5.2.1 Calculo punto de mínima tensión.....	120
2.2.5.2.2 Calculo sección conductor y fusible RAMA1.....	120
2.2.5.2.3 Calculo sección conductor y fusible RAMA2.....	121
2.2.5.3 Anillo 2 CT3.....	122
2.2.5.3.1 Calculo punto de mínima tensión.....	122
2.2.5.3.2 Calculo sección conductor y fusible RAMA1.....	123
2.2.5.3.3 Calculo sección conductor y fusible RAMA2.....	123
2.2.6 Anillos CT4.....	124
2.2.6.1 Datos y tablas de corrección para el cálculo de la sección y fusible de los anillos.....	124
2.2.6.2 Anillo 1 CT4.....	127
2.2.6.2.1 Calculo punto de mínima tensión.....	127
2.2.6.2.2 Calculo sección conductor y fusible RAMA1.....	128
2.2.6.2.3 Calculo sección conductor y fusible RAMA2.....	128
2.2.6.3 Anillo 2 CT4.....	129
2.2.6.3.1 Calculo punto de mínima tensión.....	129
2.2.6.3.2 Calculo sección conductor y fusible RAMA1.....	130
2.2.6.3.3 Calculo sección conductor y fusible RAMA2.....	131
2.2.7 Anillos CT5.....	132
2.2.7.1 Datos y tablas de corrección para el cálculo de la sección y fusible de los anillos.....	132
2.2.7.2 Anillo 1 CT5.....	135
2.2.7.2.1 Calculo punto de mínima tensión.....	135
2.2.7.2.2 Calculo sección conductor y fusible RAMA1.....	136
2.2.7.2.3 Calculo sección conductor y fusible RAMA2.....	136
2.2.7.3 Anillo 2 CT5.....	137
2.2.7.3.1 Calculo punto de mínima tensión.....	137
2.2.7.3.2 Calculo sección conductor y fusible RAMA1.....	138
2.2.7.3.3 Calculo sección conductor y fusible RAMA2.....	139
<b>3 PLIEGO DE CONDICIONES</b>	
3.1 Condiciones generales.....	141
3.1.1 Alcance.....	141
3.1.2 Reglamentos y normas.....	141
3.1.3 Disposiciones generales.....	141
3.1.4 Ejecución de las obras.....	142
3.1.4.1 Comienzo.....	142
3.1.4.2 Ejecución.....	142
3.1.4.3 Libro de órdenes.....	142
3.1.5 Interpretación y desarrollo del proyecto.....	142

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

3.1.6 Obras complementarias.....	143
3.1.7 Modificaciones.....	143
3.1.8 Obra defectuosa.....	143
3.1.9 Medios auxiliares.....	144
3.1.10 Conservación de obras.....	144
3.1.11 Recepción de las obras.....	144
3.1.11.1 Recepción provisional.....	144
3.1.11.2 Plazo de garantía.....	144
3.1.11.3 Recepción definitiva.....	145
3.1.12 Contratación de la empresa.....	145
3.1.12.1 Modo de contratación.....	145
3.1.12.2 Presentación.....	145
3.1.12.3 Selección.....	145
3.1.13 Fianza.....	145
3.1.14 Condiciones económicas.....	146
3.1.14.1 Abono de la obra.....	146
3.1.14.2 Precios.....	146
3.1.14.3 Revisión de precios.....	146
3.1.14.4 Penalizaciones.....	146
3.1.14.5 Contrato.....	146
3.1.14.6 Responsabilidades.....	147
3.1.14.7 Rescisión del contrato.....	147
3.1.14.8 Liquidación.....	148
3.1.15 Condiciones facultativas.....	148
3.1.15.1 Normas a seguir.....	148
3.1.15.2 Personal.....	149
3.2 Pliego de condiciones de la red de MT.....	149
3.2.1. Calidad de los materiales. Condiciones y ejecución.....	149
3.2.1.1. Conductores: Tendido, empalmes, terminales, cruces y protecciones.....	149
3.2.1.1.1. Tendido de los cables.....	151
3.2.1.1.1.1. Manejo y preparación de bobinas.....	151
3.2.1.1.1.2. Tendido de cables en zanja.....	151
3.2.1.1.1.3. Tendido de los cables en tubulares.....	153
3.2.1.1.2. Empalmes.....	154
3.2.1.1.3. Terminales.....	154
3.2.1.1.4. Transporte de bobinas de cables.....	155
3.2.1.2. Accesorios.....	155
3.2.1.3. Obra civil.....	155
3.2.1.4. Zanjas: Ejecución, tendido, cruzamientos, paralelismos, señalización y acabado.....	155
3.2.2. Normas generales para la ejecución de las instalaciones.....	157
3.3 Pliego de condiciones de la red de BT.....	159
3.3.1. Calidad de los materiales. Condiciones y ejecución.....	159
3.3.1.1. Conductores: Tendido, empalmes, terminales, cruces y protecciones.....	159
3.3.1.1.1. Tendido de los cables.....	160
3.3.1.1.2. Protección mecánica y de sobrecorriente.....	162
3.3.1.1.3. Señalización.....	163
3.3.1.1.4. Empalmes y terminales.....	163
3.3.1.1.5. Cajas generales de protección (CGP).....	163
3.3.1.1.6. Armarios de distribución.....	164
3.3.1.2. Accesorios.....	165
3.3.1.3. Medidas eléctricas.....	165
3.3.1.4. Obra civil.....	165
3.3.1.5. Zanjas: Ejecución, tendido, cruzamientos, señalización y acabado.....	165
3.3.2. Normas generales para la ejecución de las instalaciones.....	167

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

3.3.3 Revisiones y pruebas reglamentarias al finalizar la obra.....	169
3.3.4 Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.....	170
3.3.5 Revisiones, inspecciones y pruebas periódicas reglamentarias a efectuar por parte de instaladores, de mantenedores y/o organismos de control.....	170
3.4 Pliego de condiciones de los Centros de Transformación.....	170
3.4.1 Calidad de los materiales.....	170
3.4.1.1 Obra civil.....	170
3.4.1.2 Aparata de Media Tensión.....	171
3.4.1.3 Transformadores de potencia.....	171
3.4.1.4 Equipos de medida.....	172
3.4.2 Normas de ejecución de las instalaciones.....	173
3.4.3 Pruebas reglamentarias .....	173
3.4.4. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.....	173
3.4.5 Certificados y documentación.....	173
3.4.6 Libro de órdenes.....	174
3.5 Pliego de condiciones Plan de Gestión de Residuos.....	174
3.5.1 Obligaciones Agentes Intervinientes.....	174
3.5.2 Gestión de Residuos.....	175
3.5.3 Derribo y Demolición.....	176
3.5.4 Separación.....	176
3.5.5 Documentación.....	177
3.5.6 Normativa.....	179

## **4 ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.**

4.1 Estudio básico de seguridad y salud para líneas de Media y Baja tensión.....	180
4.1.1 Objeto.....	180
4.1.2 Campo de aplicación.....	180
4.1.3 Normativa aplicable.....	180
4.1.3.1 Normas oficiales.....	180
4.1.3.2 Normas Iberdrola.....	181
4.1.4 Desarrollo del estudio.....	182
4.1.4.1 Aspectos generales.....	182
4.1.4.2 Identificación de riesgos.....	182
4.1.4.3 Medidas de prevención necesarias para evitar riesgos.....	182
4.1.4.4 Protecciones.....	183
4.1.4.5 Características generales de la obra.....	184
4.1.4.6 Previsiones e informaciones útiles para trabajos posteriores.....	184
4.1.4.7 Medidas específicas relativas a trabajos que implican riesgos específicos para la seguridad y salud de los trabajadores.....	184
ANEXO 1.....	185
ANEXO 2.....	186
4.2 Estudio básico de seguridad y salud en los Centros de Transformación.....	187
4.2.1 Objeto.....	187
4.2.2 Características de la obra.....	188
4.2.2.1 Suministro de energía eléctrica .....	188
4.2.2.2 Suministro de agua potable.....	188
4.2.2.3 Vertido de aguas sucias de los servicios higiénicos.....	188
4.2.2.4 Interferencias y servicios afectados.....	188
4.2.3 Memoria.....	189
4.2.3.1 Obra civil.....	189
4.2.3.1.1 Movimiento de tierras y cimentaciones.....	189
4.2.3.1.2 Estructura.....	190
4.2.3.1.3 Cerramientos.....	191
4.2.3.1.4 Albañilería.....	191
4.2.3.2 Montaje.....	192

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

4.2.3.2.1 Colocación de soportes y embarrados.....	192
4.2.3.2.2 Montaje de Celdas Prefabricadas o apartamento, Transformadores de potencia y Cuadros de B.T.....	192
4.2.3.2.3 Operaciones de puesta en tensión.....	193
4.2.4 Aspectos generales.....	194
4.2.5 Normativa aplicable.....	194

## 5 PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS

5.1 Estimación de la cantidad de residuos generados.....	196
5.2 Medidas para la prevención de residuos en la obra objeto del proyecto.....	196
5.3 Operación de reutilización, valoración o eliminación que se generen en la obra..	197
5.4 Medidas de separación de residuos según RD 105/2008, artículo 5 punto 5.....	197
5.5 Planos de la instalación previstas para el manejo de residuos.....	197
5.6 Prescripciones del pliego de prescripciones técnicas particulares. ....	197
5.7 Valoración del coste de la gestión de los residuos generados.....	198

## 6. PRESUPUESTO

6.1 Presupuesto Red de Media Tensión.....	199
6.2 Presupuesto Red de Baja Tensión.....	200
6.3 Presupuesto Centro de Transformación y Reparto.....	201
6.4 Presupuesto Centro de Transformación Miniblock.....	202
6.5 Presupuesto total.....	202

## 7. PLANOS

7.1 Emplazamiento	
7.2 Situación	
7.3 CT1 Anillo 1	
7.4 CT1 Anillo 2	
7.5 CT2 Anillo 1	
7.6 CT2 Anillo 2	
7.7 CT3 Anillo 1	
7.8 CT3 Anillo 2	
7.9 CT4 Anillo 1	
7.10 CT4 Anillo 2	
7.11 CT5 Anillo 1	
7.12 CT5 Anillo 2	
7.13 Red de Media Tensión	
7.14 Anillo de Media Tensión	
7.15 Dimensiones de CTR1	
7.16 Dimensiones Miniblock	
7.17 Puesta a tierra de CTR1	
7.18 Puesta a tierra Miniblock	
7.19 Unifilar de CTR1	
7.20 Unifilar de Miniblock	

## 1. MEMORIA

### 1.1 Objeto del proyecto

Este proyecto es un trabajo realizado para la Universidad Politécnica de Cartagena en el cual se redacta los distintos apartados:

- Cálculo y diseño de la línea de Media Tensión a través de la red de distribución de 20 KV. Disponemos de un punto de acometida (salida de una subestación transformadora), desde el cual se llevará a un centro de reparto y se trazará un anillo de media tensión a 20 KV para distribuir la energía eléctrica a los distintos centros de transformación del anillo y a un centro de abonado situado a las afueras del recinto objeto del estudio.
- Cálculo y diseño de la red de Baja Tensión, para la alimentación de las distintas cargas que se encuentran distribuidas en parcelas dentro del polígono residencial. La red de baja tensión se compone de todos los elementos que se encuentran a la salida del secundario del transformador, con los fusibles de protección de las líneas y sus respectivas cajas generales de protección.
- Cálculo y diseño de los Centros de Transformación destinados al suministro de energía eléctrica, así como la justificación y valoración de los materiales empleados en los mismos. Los tipos de centros de transformación son un PFU-4 y cinco Miniblock.

Después de exponer lo anteriormente escrito deberemos redactar los siguientes apartados:

- Estudio Básico de Seguridad y Salud. Dentro de este se expondrá el estudio básico de seguridad y salud de la instalación de la electrificación del polígono residencial, y los distintos tipos de estudios de seguridad y salud correspondientes a la instalación de los centros de transformación.
- Plan de Gestion de Residuos en este se exponen los requisitos minimos de su producción y gestión con el objetivo de promover su prevención, reutilización, reciclado, valorización y el buen tratamiento de los residuos destinados a eliminación. De esta forma no se permitirá el depósito en vertedero de residuos que no hayan sido sometidos a alguna operación de tratamiento. Se analizan los residuos de construcción y demolición que se producirán en la obra y se crea una estimación de su cantidad, las medidas genéricas de prevención que se adoptarán, el destino previsto para los residuos, así como una valoración de los costes derivados de su gestión que deberán formar parte del presupuesto del proyecto.
- Pliego de condiciones, este tiene el objeto de definir al Contratista el alcance del trabajo y la ejecución cualitativa de éste. Dentro de este apartado se redactaran la normas y reglamentos correspondientes a la electrificación del polígono residencial tanto la red de electrificación como los centros de transformación.

## 1.2 Titulares de la instalación: al inicio y al final

El titular de la instalación es la Universidad Politécnica de Cartagena en el Campus Muralla del Mar. Edificio Antiguo Hospital de Marina. C/ Dr. Fleming S/N. E-30202. Cartagena.

## 1.3 Usuarios de la instalación

Los usuarios de la instalación serán las distintas personas físicas que en un futuro se instalen en el polígono residencial, los propietarios de las viviendas unifamiliares como de los edificios y de las parcelas públicas que será el ayuntamiento de Cartagena.

## 1.4 Emplazamiento de la instalación

El emplazamiento del polígono residencial se situará en la zona Noroeste de Cartagena en el barrio perteneciente a los Dolores de Cartagena.

Su posición geográfica se encuentra con respecto al meridiando de Greenwich a una longitud oeste de 1° 40' y latitud norte de 37° y 00'

## 1.5 Legislación y normativa aplicable

Para la realización del presente proyecto se han debido de seguir una normativa a aplicar la cual se expone a continuación:

### 1.5.1 Normas Generales:

- **Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión.** Aprobado por Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero.
- **Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión.**
- **Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.** Aprobado por Real Decreto 3.275/1982, de 12 noviembre, B.O.E. 01-12-1982.
- **Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.** Real Decreto 3275/1982. Aprobadas por Orden del MINISTERIO de 18 de octubre de 1984, B.O.E. 25-10-1984.
- **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.** Aprobado por Decreto 842/2002, de 02 de agosto, B.O.E. 224 de 18-09-2002.
- **Instrucciones Técnicas Complementarias, denominadas MI-BT.** Aprobadas por Orden del MINISTERIO de 18 de septiembre de 2002.
- **Modificaciones a las Instrucciones Técnicas Complementarias.** Hasta el 10 de marzo de 2000.

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

- **Autorización de Instalaciones Eléctricas.** Aprobado por Ley 40/94, de 30 de diciembre, B.O.E. de 31-12-1994.
- **Ordenación del Sistema Eléctrico Nacional** y desarrollos posteriores. Aprobado por Ley 40/1994, B.O.E. 31-12-1994.
- **Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre**, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica (B.O.E. de 27 de diciembre de 2000).
- **Real Decreto 614/2001, de 8 de junio**, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.
- **Ley de Regulación del Sector Eléctrico**, Lay 54/1997 de 27 de noviembre.
- **Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía**, Decreto de 12 Marzo de 1954 y **Real Decreto 1725/84** de 18 de Julio.
- **Real Decreto 2949/1982** de 15 de Octubre de Acometidas Eléctricas.
- **NTE-IEP.** Norma tecnológica de 24-03-1973, para **Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra.**
- Normas **UNE / IEC.**
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.
- Ordenanzas municipales del ayuntamiento donde se ejecute la obra.
- Condicionados que puedan ser emitidos por organismos afectados por las instalaciones.
- Normas particulares de la compañía suministradora.
- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.

## 1.5.2 Normas y recomendaciones de diseño del edificio.

- **CEI 62271-202**                      **UNE-EN 62271-202**  
Centros de Transformación prefabricados.
- **NBE-X**  
Normas básicas de la edificación.

## 1.5.3 Normas y recomendaciones de diseño de aparataje eléctrica.

- **CEI 62271-1**                      **UNE-EN 60694**  
Estipulaciones comunes para las normas de aparataje de Alta Tensión.
- **CEI 61000-4-X**                      **UNE-EN 61000-4-X**

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida.

- **CEI 62271-200**                      **UNE-EN 62271-200 (UNE-EN 60298)**  
Aparata bajo envolvente metálica para corriente alterna de tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.
- **CEI 62271-102**                      **UNE-EN 62271-102**  
Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.
- **CEI 62271-103**                      **UNE-EN 60265-1**  
Interruptores de Alta Tensión. Interruptores de Alta Tensión para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 52 kV.
- **CEI 62271-105**                      **UNE-EN 62271-105**  
Combinados interruptor - fusible de corriente alterna para Alta Tensión.

## 1.5.4 Normas y recomendaciones de diseño de transformadores.

- **CEI 60076-X**  
Transformadores de Potencia.
- **UNE 21428**  
Transformadores trifásicos sumergidos en aceite para distribución en baja tensión de 50 a 2 500 kVA, 50 Hz, con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV.

## 1.6 Descripción genérica de las instalaciones, uso y potencia

### 1.6.1 Red de Media Tensión

El desarrollo de la Línea Subterránea de Media Tensión (L.S.M.T.) se deberá realizar primero una línea de acometida que vendrá de un hipotético entronque, esta línea ira desde el punto de acometida hasta el centro de reparto (CTR1). De este centro de reparto saldrá otra línea hasta el centro de abonado situado a las afueras del polígono residencial. Y también se repartirá un anillo en instalación subterránea de media tensión para los cinco centros de transformación repartidos por el polígono residencial con el fin de llevar energía eléctrica a todos los usuarios.

### 1.6.2 Red de Baja Tensión

La red de BT esta compuesta por 7 parcelas (1, 4, 5, 5, 6, 7, 8 y 9) de viviendas unifamiliares de electrificación elevada, 2 parcelas (2 y 3) de edificios de electrificación básica, 4 parcelas destinadas a jardines, una parcela destinada a un centro social, una parcela destina a un centro educativo, y el alumbrado de los viales del polígono residencial.

Las viviendas unifamiliares tendrán una electrificación elevada mientras que las viviendas para los edificios será una electrificación básica, en cuanto a las zonas de los jardines la potencia que le asignaremos será la correspondiente a una luminaria  $100 \text{ W}/30 \text{ m}^2$ , el centro social se le asignará una potencia de  $10 \text{ W}/\text{m}^2$ , al centro educativo se le asignará una potencia de  $5 \text{ W}/\text{m}^2$  y la potencia que se tendrá en cuenta para el alumbrado de viales se resolverá instalando dos centros de mando de 20 KW cada uno.

### 1.6.3. Centros de Transformación

Los Centros de Transformación tipo compañía, objeto de este proyecto tiene la misión de suministrar energía, sin necesidad de medición de la misma.

#### 1.6.3.1 Centro de Transformación PFU-4

La energía será suministrada por la compañía Iberdrola a la tensión trifásica de 20 kV y frecuencia de 50 Hz

Para la realización del proyecto se ha instalado un centro de transformación y reparto (CTR2) en cual recibe la alimentación de la acometida y la reparte en un anillo de MT para cinco transformadores y una línea para un centro de abonado a las afueras del polígono residencial.

Los tipos generales de equipos de Media Tensión empleados en este proyecto son:

- **CGMCOSMOS:** Celdas modulares de aislamiento y corte en gas, extensibles "in situ" a derecha e izquierda, sin necesidad de reponer gas.

#### 1.6.3.2 Centro de Transformación Miniblock

La energía será suministrada por la compañía Iberdrola a la tensión trifásica de 20 kV y frecuencia de 50 Hz

Se utilizan 4 centros de transformación Miniblock de una potencia de 400KVA

Los tipos generales de equipos de Media Tensión empleados en este proyecto son:

- **CGMCOSMOS:** Equipo compacto de 3 funciones, con aislamiento y corte en gas, opcionalmente extensibles "in situ" a derecha e izquierda, sin necesidad de reponer gas.

## **1.7. Plazo de ejecución de las instalaciones**

La ejecución de las instalaciones referidas al presente proyecto se ejecutarán a los tres meses una vez presentado y aprobado el proyecto.

## **1.8. Descripción de las instalaciones**

### **1.8.1. Red de Media Tensión**

#### **1.8.1.1. Trazado**

La red de Media Tensión discurre por el polígono residencia del término de los Dolores de Cartagena, con cables directamente enterrados a un metro de profundidad.

Se realizarán tres líneas subterráneas de media tensión (Plano XXX):

- L.S.M.T. desde la acometida hasta el centro de reparto (CTR1)
- L.S.M.T. desde CTR1 hasta el centro de transformación de abonado.
- L.S.M.T. en anillo desde CTR1

##### **1.8.1.1.1. Puntos de entronque y final de línea**

- La L.S.M.T. que parte del punto de acometida será el mostrado en el plano nº xxx y su punto final de línea estará ubicado en la conexión con el CTR1 (PFU-4).
- La L.S.M.T. que parte de su punto de salida será desde el CTR1 (PFU-4) hasta el centro de abonado situado en la parte exterior del polígono residencial.
- La L.S.M.T. correspondiente al anillo de MT, su punto principal de salida será desde el CTR1 (PFU-4) hacia el mismo pasando por los distintos centros de transformación (CT1, CT2, CT3, CT4, CT5 y vuelta CT1).

##### **1.8.1.1.2. Longitud**

- La longitud de la línea desde el punto de acometida hasta el CTR1 (PFU-4) es de 185 metros.
- La longitud de la línea desde el CTR1 (PFU-4) hasta el centro de abonado es de 490 metros.
- La longitud total del anillo que enlaza los distintos Centros de Transformación desde el CTR1 (PFU-4) es de 1052 metros.

##### **1.8.1.1.3. Relación de cruzamientos y paralelismos.**

Las condiciones que se cumplen en los cruces y paralelismos de las instalaciones de MT serán las siguientes:

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

## **Cruzamientos:**

Se evitarán cruzamientos con L.S.M.T. y alcantarillado, solo con las calles. Si en algún punto se cruzase con la red general de alcantarillado, este cruce se realizará entubado al igual que el de calzadas y se procurará que sea siempre por encima de las mismas.

- Calles y Carreteras: Los conductores se colocarán en tubos protectores recubiertos de hormigón a una profundidad mínima de 0.8 metros.
- Otros conductores de energía: En los cruzamientos de los conductores con otros de Alta Tensión la distancia entre ellos deberá de ser como mínimo de 0,25m.
- Con Canalizaciones de Agua: Los conductores se mantendrán a una distancia mínima de estas canalizaciones de 0,20 m.

## **Canalizaciones:**

Los cables irán directamente enterrados y por ello, para las canalizaciones deben de tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

1. La canalización discurrirá por terrenos de dominio público bajo acera, siempre que sea posible, no admitiéndose su instalación bajo calzada excepto en los cruces, evitando los ángulo pronunciados. La longitud de la canalización será lo más corta posible, a no ser que se prevea la instalación futura de un nuevo abonado alimentado con la misma línea.
2. El radio de curvatura después de colocado el cable será como mínimo: 10 veces el diámetro exterior.
3. Los cruces de las calzadas deberán de ser perpendiculares, procurando evitarlos si es posible.
4. Los cables se alojarán en zanjas de 1,10 m de profundidad mínima y una anchura que permita las operaciones de apertura y tendido, con un valor mínimo de 0,35 m.

En el fondo de la zanja se colocará una capa de arena de río de un espesor de 10 cm en el lecho de la zanja, sobre la que se colocarán los cables a instalar, que se cubrirán con otra capa de idénticas características con un espesor mínimo de 10 cm, sobre esta capa se colocará una protección mecánica, que se tapara con 25 cm de zahorra o tierras de la propia excavación, apisonada por medios manuales. Se cuidará que esta capa de tierra esté exenta de piedras o cascotes.

La protección mecánica estará constituida por un tubo de PVC de 160 mm de diámetro cuando por la zanja discurra 1 ó 2 líneas y por un tubo y placas cubrecables de plástico cuando el número sea mayor.

Finalmente se construirá el pavimento si lo hubiera, del mismo tipo y calidad del existente antes de realizar la apertura.

### **Canalización Entubada:**

En estas canalizaciones el cable irá entubado en todo o gran parte de su trazado.

Estarán constituidos por tubos termoplásticos, hormigonados y debidamente enterrados en zanja. Las características de estos tubos serán las establecidas en las NI 52.95.02 y NI 52.95.03.

El diámetro interior de los tubos será 1,5 veces el cable y como mínimo de 100 mm. En cada uno de los tubos se instalará un solo circuito. Se evitará en lo posible los cambios de dirección de los tubulares. En los puntos donde estos se produzcan, se dispondrán de arquetas registrables o cerradas, para facilitar la manipulación.

Las canalizaciones entubadas deberán quedar debidamente selladas por sus extremos, a la entrada de la arqueta.

La zanja tendrá una anchura mínima de 35 cm para la colocación de un tubo recto de 160 mm<sup>2</sup>, aumentando la anchura en función del número de tubos a instalar.

Las canalizaciones entubadas deberán quedar debidamente selladas por sus extremos, a la entrada de la arqueta, el sellado de los tubos ocupados se realizará con espuma de poliuretano o cualquier otro procedimiento autorizado por Iberdrola.

Los tubos podrán ir colocados en uno, dos, o tres planos y con una separación entre ellos de 2 cm, tanto en su proyección vertical como horizontal, la separación entre tubos y paredes de zanja deberá ser de 5cm.

La profunda de la zanja dependerá del número de tubos, pero será la suficiente para que los situados en el plano superior queden a una profundidad de 60 cm, tomada desde la rasante del terreno a la parte superior del tubo.

En los casos de tubos de distintos tamaños, se colocarán de forma que los de mayor diámetro ocupen el plano inferior y los laterales.

En el fondo de la zanja y en toda la extensión se colocará una solera de limpieza de 5 cm de espesor de hormigón H-200, sobre la que se depositarán los tubos dispuestos por planos. A continuación se colocará otra capa de hormigón H-200 con un espesor de 10 cm por encima de los tubos y envolviéndolos completamente.

Y por último, se hace el relleno de la zanja, dejando libre el espesor del pavimento, para este relleno se utilizará hormigón H-200, evitando que se produzca discontinuidad del cimiento debido a la colocación de las piedras, si no hay piedra disponible se utilizará hormigón H-250.

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

## Empalmes y conexiones:

Los empalmes y conexiones de los conductores subterráneos se efectuarán siguiendo métodos o sistemas que garanticen una perfecta continuidad del conductor y de su aislamiento.

Así mismo deberá quedar perfectamente asegurada su estanqueidad y resistencia contra la corrosión que puede originar el terreno.

Detalle de los cruzamientos y paralelismos planos XXXX a YYYY

## 1.8.1.2. Materiales

### 1.8.1.2.1. Conductores.

Se utilizarán únicamente cables de aislamiento de dieléctrico seco de las siguientes características:

- Conductor: Aluminio compacto, sección circular, clase 2 UNE 21-022.
- Pantalla sobre el conductor: Capa de mezcla semiconductora aplicada por extrusión.
- Aislamiento: Mezcla a base de etileno propileno de alto módulo (HEPR).
- Pantalla sobre el aislamiento: Una capa de mezcla semiconductora pelable no metálica aplicada por extrusión, asociada a una corona de alambre y contraespira de cobre.
- Cubierta: Compuesto termoplástico a base de poliolefina y sin contenido de componentes clorados u otros contaminantes.
- Tipos de conductores: Los propuestos en la siguiente tabla del catalogo de Prysmian:

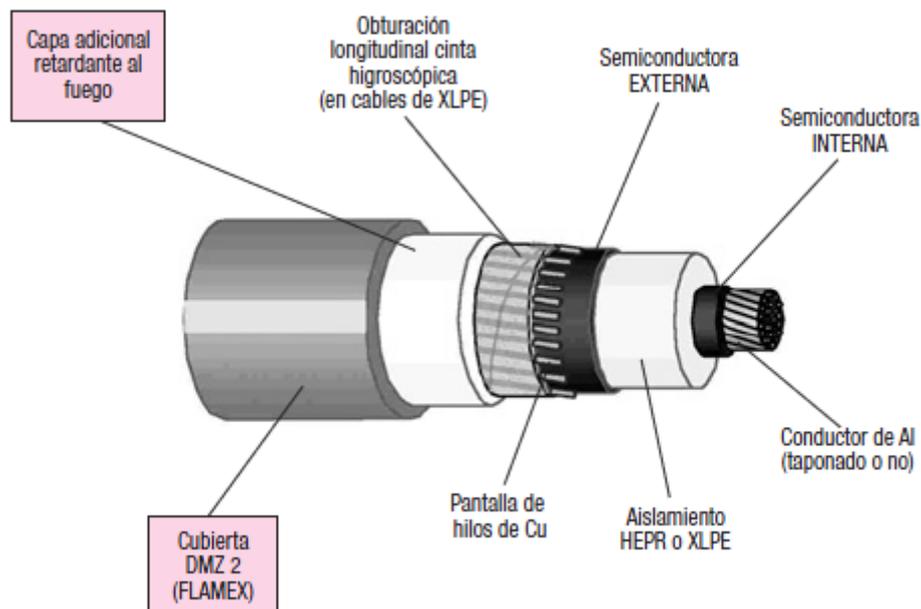
TABLA VIII  
Reactancia la frecuencia de 50 Hz

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Reactancia X en $\Omega$ /km por fase Tensión nominal del cable						
	1,8/3 kV	3,6/6 kV	6/10 kV	8,7/15 kV	12/20 kV	12/25 kV	18/30 kV
	Tres cables unipolares en contacto mutuo						
10	0.135	-	-	-	-	-	-
16	0.126	-	-	-	-	-	-
25	0.118	0.125	0.134	0.141	-	-	-
35	0.113	0.118	0.128	0.135	0.140	-	-
50	0.108	0.113	0.122	0.128	0.130	0.140	0.148
70	0.101	0.106	0.115	0.120	0.122	0.130	0.137
95	0.099	0.102	0.110	0.115	0.118	0.121	0.129
120	0.095	0.098	0.106	0.111	0.112	0.118	0.123
150	0.093	0.096	0.102	0.108	0.110	0.115	0.118
185	0.089	0.093	0.100	0.104	0.106	0.110	0.113
240	0.088	0.090	0.097	0.101	0.102	0.106	0.109
300	0.086	0.088	0.093	0.097	0.099	0.103	0.105
400	0.085	0.086	0.091	0.095	0.096	0.100	0.102
500	0.084	0.084	0.089	0.092	0.093	0.096	0.099

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

En nuestro caso el conductor escogido es el de sección 150 mm<sup>2</sup> tipo Al HEPRZ1 12/20 KV 1x150 mm<sup>2</sup>, con las siguientes características:



### 1.8.1.2.2. Aislamientos

Los conductores serán aislados en seco para una tensión de 20 KV. El aislamiento será de Etileno-propileno de alto módulo (HEPR), siendo la cubierta de poliolefina termoplástica.

Se trata de un material que resiste perfectamente la acción de la humedad y además posee la estructura de una goma. Es un cable idóneo para instalaciones subterráneas en suelos húmedos, incluso por debajo del nivel freático. Debido a su reducido diámetro y a la mejor manejabilidad de la goma HEPR, es un cable adecuado para instalaciones en las que el recorrido sea muy sinuoso.

### 1.8.1.2.3. Accesorios

Los empalmes y terminales serán adecuados a la naturaleza, composición y sección de los cables, y no deberá aumentar la resistencia eléctrica de éstos. Los terminales deberán ser, asimismo, adecuados a las características ambientales (interior, exterior, contaminación, etc.).

Los empalmes y terminales se realizarán siguiendo el manual técnico de Iberdrola correspondiente cuando exista, o en su defecto, las instrucciones del fabricante.

El tubo para la canalización se empleará tubos de PVC de 160mm de diámetro

## **1.8.1.2.4. Protecciones eléctricas de principio y fin de línea**

Al inicio de la línea en punto de acometida se colocarán las debidas protecciones contra sobretensiones y cortocircuitos (Fusibles y interruptores de seccionamiento).

La línea al final irá conectada a un centro de transformación con las debidas protecciones en sus celdas de M.T. El anillo que enlazará todos los centros de transformación, irá protegido para la salida y entrada de la línea mediante las celdas de M.T. correspondientes a cada centro de transformación.

## **1.8.1.3. Zanjas y sistema de enterramiento**

La Línea Subterránea de M.T. irá directamente enterrada bajo la acera a una profundidad de 1 metro y una anchura como mínimo de 0,35 metros. Nunca se instalará bajo la calzada excepto en los cruces, y evitando siempre los ángulos pronunciados.

Los cruces de las calzadas serán perpendiculares al eje de la calzada o vial e irán con tubos de 160 mm de diámetro para introducir los cables. Por otra parte se colocarán arquetas cada 40 metros para la inspección y tendido de los conductores.

### **1.8.1.3.1. Medidas de señalización y seguridad**

#### **- Disposición de canalización directamente enterrada:**

A una distancia mínima del suelo de 0,10 metros y a la parte superior del cable de 0.25 m se colocará una cinta de señalización como advertencia de la presencia de cables eléctricos, también se pondrá un tubo de 160 mm de diámetro como protección mecánica, éste podrá ser usado como conducto de cables de control y redes multimedia.

#### **- Disposición de canalización directamente enterrada en cruces:**

La canalización deberá tener una señalización colocada de la misma forma que la indicada en el apartado anterior o marcado sobre el propio tubo, para advertir de la presencia de cables de alta tensión.

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

## 1.8.1.4. Puesta a Tierra

- Puesta a tierra de las cubiertas metálicas:

Se conectarán a tierra las pantallas y armaduras de todas las fases en cada uno de los extremos y en puntos intermedios. Esto garantiza que no existan tensiones inducidas en las cubiertas metálicas.

- Pantallas:

En el caso de pantallas de cables unipolares se conectarán las pantallas a tierra en ambos extremos. Se pondrá a tierra las pantallas metálicas de los cables al realizar cada uno de los empalmes y terminaciones. De esta forma, en el caso de un defecto a masa lejano, se evitará la transmisión de tensiones peligrosas.

## 1.8.2 Red de Baja Tensión

La red de distribución de baja tensión para suministro de energía eléctrica a las viviendas de tipo unifamiliar y colectivo, así como la alimentación de las zona ajardinadas y de equipamientos social y deportivo.

La previsión de las potencias viene establecida por la siguiente tabla:

Parcela	Nº Viviendas	Area (m <sup>2</sup> )	Potencia KW
1	11		101,2
2	95		678,8
3	97		692,1
4	20		184
5	24		220,8
6-A	17		156,4
6-B	14		128,8
7	32		294,4
8	24		220,8
9	23		211,6
ES		4352	43,52
EE		15072	75,5
EL1		3810	12,7
EL2		3480	31,6
EL3		1935	6,45
EL4		2094	10
			3068,67

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

Para el diseño de la red eléctrica de baja tensión usaremos los conductores del tipo XZ1(S) con aislamiento de 0,6/1 KV de Prysmian con una sección determinada para cada caso en función de la potencia que vaya a soportar dicho conductor, la longitud que cubre su respectivo fusible y la caída de tensión de la red.

Se instalarán dos redes de anillos por cada centro de transformación, estas irán directamente enterradas a 0,7 metros y con una separación mínima de los conductores en la misma zanja de 10 cm.

Se utilizarán cajas generales de protección (CGP) especificadas por la empresa suministradora.

### 1.8.2.1. Trazado

El trazado de BT se realizara por la acera con cables directamente enterrados a 0,7 metros dependerá de la situación del transformador.

#### 1.8.2.1.1. Longitud

Las longitudes de los anillos y sus respectivas ramas las resumimos en la siguiente tabla:

CT	Anillo	Longitud	Fusible	Longitud Rama
1	1	400	Rama 1: 250A	195
			Rama 2: 315A	205
	2	450	Rama 1: 250A	260
			Rama 2: 315A	190
2	1	360	Rama 1: 250A	200
			Rama 2: 250A	160
	2	280	Rama 1: 315A	80
			Rama 2: 250A	200
3	1	240	Rama 1: 250A	150
			Rama 2: 250A	90
	2	170	Rama 1: 315A	95
			Rama 2: 250A	195
4	1	330	Rama 1: 250A	155
			Rama 2: 250A	175
	2	350	Rama 1: 250A	170
			Rama 2: 250A	180
5	1	365	Rama 1: 315A	180
			Rama 2: 200A	185
	2	415	Rama 1: 250A	200
			Rama 2: 250A	215

## 1.8.2.1.2. Inicio y final de la línea

El inicio y fin de la línea de cada anillo se da desde el mismo transformador de donde sales teniendo este sus respectivas protecciones de fusibles.

## 1.8.2.1.3. Cruzamientos y paralelismos.

### **Cruzamientos:**

Se evitarán cruzamientos con L.S.M.T. y alcantarillado, solo con las calles. Si en algún punto se cruzase con la red general de alcantarillado, este cruce se realizará entubado al igual que el de calzadas y se procurará que sea siempre por encima de las mismas.

- Calles y Carreteras: Los conductores se colocarán en conductos protectores recubiertos de hormigón a una profundidad mínima de 0.8 metros.
- Otros conductores de energía: En los cruzamientos de los conductores con otros de Alta Tensión la distancia entre ellos deberá de ser como mínimo de 0,25m.
- Con Canalizaciones de Agua: Los conductores se mantendrán a una distancia mínima de estas canalizaciones de 0,20 m.

### **Canalizaciones:**

Los cables irán directamente enterrados y por ello, para las canalizaciones deben de tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

1. La canalización discurrirá por terrenos de dominio público bajo acera, siempre que sea posible, no admitiéndose su instalación bajo calzada excepto en los cruces, evitando los ángulo pronunciados. La longitud de la canalización será lo más corta posible, a no ser que se prevea la instalación futura de un nuevo abonado alimentado con la misma línea.
2. El radio de curvatura después de colocado el cable será como mínimo 10 veces el diámetro exterior.
3. Los cruces de las calzadas deberán de ser perpendiculares, procurando evitarlos si es posible.
4. Los cables se alojarán en zanjas de 0,70 m de profundidad mínima y una anchura que permita las operaciones de apertura y tendido, con un valor mínimo de 0,35 m.

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

En el fondo de la zanja se colocará una capa de arena de río de un espesor de 10 cm en el lecho de la zanja, sobre la que se colocarán los cables a instalar, que se cubrirán con otra capa de idénticas características con un espesor mínimo de 10 cm, sobre esta capa se colocará una protección mecánica, que se tapara con 25 cm de zahorra o tierras de la propia excavación, apisonada por medios manuales. Se cuidará que esta capa de tierra esté exenta de piedras o cascotes.

La protección mecánica estará constituida por un tubo de PVC de 160 mm. Cuando haya más de una línea se colocará un tubo y una placa de protección para ofrecer resistencia mecánica al conjunto. Finalmente se construirá el pavimento si lo hubiera, del mismo tipo y calidad del existente antes de realizar la apertura.

### **Canalización Entubada:**

En estas canalizaciones el cable irá entubado en todo o gran parte de su trazado.

Estarán constituidos por tubos termoplásticos, hormigonados y debidamente enterrados en zanja. Las características de estos tubos serán las establecidas en las NI 52.95.02 y NI 52.95.03.

El diámetro interior de los tubos será 1,5 veces el cable y como mínimo de 100 mm. En cada uno de los tubos se instalará un solo circuito. Se evitará en lo posible los cambios de dirección de los tubulares. En los puntos donde estos se produzcan, se dispondrán de arquetas registrables o cerradas, para facilitar la manipulación.

Las canalizaciones entubadas deberán quedar debidamente selladas por sus extremos, a la entrada de la arqueta.

La zanja tendrá una anchura mínima de 35 cm para la colocación de un tubo recto de 160 mm<sup>2</sup>, aumentando la anchura en función del número de tubos a instalar.

Las canalizaciones entubadas deberán quedar debidamente selladas por sus extremos, a la entrada de la arqueta, el sellado de los tubos ocupados se realizará con espuma de poliuretano o cualquier otro procedimiento autorizado por Iberdrola.

Los tubos podrán ir colocados en uno, dos, o tres planos y con una separación entre ellos de 2 cm, tanto en su proyección vertical como horizontal, la separación entre tubos y paredes de zanja deberá ser de 5cm.

La profundidad de la zanja dependerá del número de tubos, pero será la suficiente para que los situados en el plano superior queden a una profundidad de 0,6 metros, tomada desde la rasante del terreno a la parte superior del tubo.

En los casos de tubos de distintos tamaños, se colocarán de forma que los de mayor diámetro ocupen el plano inferior y los laterales.

En el fondo de la zanja y en toda la extensión se colocará una solera de limpieza de 5 cm de espesor de hormigón H-200, sobre la que se depositarán los tubos dispuestos

por planos. A continuación se colocará otra capa de hormigón H-200 con un espesor de 10 cm por encima de los tubos y envolviéndolos completamente.

Y por último, se hace el relleno de la zanja, dejando libre el espesor del pavimento, para este relleno se utilizará hormigón H-200, evitando que se produzca discontinuidad del cimiento debido a la colocación de las piedras, si no hay piedra disponible se utilizará hormigón H-250.

### **Empalmes y conexiones:**

Los empalmes y conexiones de los conductores subterráneos se efectuarán siguiendo métodos o sistemas que garanticen una perfecta continuidad del conductor y de su aislamiento.

Así mismo deberá quedar perfectamente asegurada su estanqueidad y resistencia contra la corrosión que puede originar el terreno.

### **1.8.2.2. Puesta a Tierra y continuidad del neutro**

El conductor de neutro de las redes subterráneas de distribución pública se conectará a tierra en el Centro de Transformación, aunque fuera del Centro es aconsejable su puesta a tierra en otros puntos de la red, con objeto de disminuir su resistencia global a tierra.

La continuidad del conductor neutro quedará asegurada en todo momento, siendo de aplicación para ello lo dispuesto a continuación:

- El neutro se conectará a tierra a lo largo de la red, por lo menos cada 200 m y en las cajas generales de protección, consistiendo dicha puesta a tierra en una pica, unida al borde del neutro mediante conductor aislado de 50 mm<sup>2</sup> de CU, como mínimo.
- El conductor neutro no podrá ser interrumpido en las redes de distribución, salvo que esta interrupción sea realizada por uno de los dispositivos siguientes:
  1. Interruptor o seccionador que actúen sobre el neutro al mismo tiempo que en las fases, o que establezcan la conexión del neutro antes que las fases y desconecten estas antes que el neutro.
  2. Unión inmóvil en el neutro próximas a los interruptores o Seccionadores de los conductores de fase, debidamente señalizadas y que solo pueden ser accionadas mediante herramientas especiales, no debiendo ser seccionado el neutro sin haber sido antes las fases, ni conectas estas sin haberlo sido previamente el neutro.

## 1.8.3. Centros de Transformación

### 1.8.3.1 Centro de Transformación PFU-4/20

#### 1.8.3.1.1 Obra civil

##### 1.8.3.1.1.1 Características de los materiales

Edificio de Transformación: *PFU-4/20*

#### - Descripción

Los Edificios PFU para Centros de Transformación, de superficie y maniobra interior (tipo caseta), constan de una envolvente de hormigón, de estructura monobloque, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos, desde la aparataje de MT, hasta los cuadros de BT, incluyendo los transformadores, dispositivos de control e interconexiones entre los diversos elementos.

La principal ventaja que presentan estos edificios prefabricados es que tanto la construcción como el montaje y equipamiento interior pueden ser realizados íntegramente en fábrica, garantizando con ello una calidad uniforme y reduciendo considerablemente los trabajos de obra civil y montaje en el punto de instalación. Además, su cuidado diseño permite su instalación tanto en zonas de carácter industrial como en entornos urbanos.

#### - Envolvente

La envolvente de estos centros es de hormigón armado vibrado. Se compone de dos partes: una que aglutina el fondo y las paredes, que incorpora las puertas y rejillas de ventilación natural, y otra que constituye el techo.

Las piezas construidas en hormigón ofrecen una resistencia característica de 300 kg/cm<sup>2</sup>. Además, disponen de una armadura metálica, que permite la interconexión entre sí y al colector de tierras. Esta unión se realiza mediante latiguillos de cobre, dando lugar a una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro. Las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de 10 kOhm respecto de la tierra de la envolvente. Las cubiertas están formadas por piezas de hormigón con inserciones en la parte superior para su manipulación.

En la parte inferior de las paredes frontal y posterior se sitúan los orificios de paso para los cables de MT y BT. Estos orificios están semiperforados, realizándose en obra la apertura de los que sean necesarios para cada aplicación. De igual forma, dispone de unos orificios semiperforados practicables para las salidas a las tierras exteriores.

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

El espacio para el transformador, diseñado para alojar el volumen de líquido refrigerante de un eventual derrame, dispone de dos perfiles en forma de "U", que se pueden deslizar en función de la distancia entre las ruedas del transformador.

### - Placa piso

Sobre la placa base y a una altura de unos 400 mm se sitúa la placa piso, que se sustenta en una serie de apoyos sobre la placa base y en el interior de las paredes, permitiendo el paso de cables de MT y BT a los que se accede a través de unas troneras cubiertas con losetas.

### - Accesos

En la pared frontal se sitúan las puertas de acceso de peatones, las puertas del transformador (ambas con apertura de 180°) y las rejillas de ventilación. Todos estos materiales están fabricados en chapa de acero.

Las puertas de acceso disponen de un sistema de cierre con objeto de garantizar la seguridad de funcionamiento para evitar aperturas intempestivas de las mismas del Centro de Transformación. Para ello se utiliza una cerradura de diseño ORMAZABAL que anclan las puertas en dos puntos, uno en la parte superior y otro en la parte inferior.

### - Ventilación

Las rejillas de ventilación natural están formadas por lamina en forma de "V" invertida, diseñadas para formar un laberinto que evita la entrada de agua de lluvia en el Centro de Transformación y se complementa cada rejilla interiormente con una malla mosquitera.

### - Acabado

El acabado de las superficies exteriores se efectúa con pintura acrílica rugosa de color blanco en las paredes y marrón en el perímetro de la cubierta o techo, puertas y rejillas de ventilación. Las piezas metálicas expuestas al exterior están tratadas adecuadamente contra la corrosión.

### - Calidad

Estos edificios prefabricados han sido acreditados con el Certificado de Calidad ISO 9001.

### - Alumbrado

El equipo va provisto de alumbrado conectado y gobernado desde el cuadro de BT, el cual dispone de un interruptor para realizar dicho cometido.

- Varios

Sobrecargas admisibles y condiciones ambientales de funcionamiento según normativa vigente.

- Cimentación

Para la ubicación de los edificios PFU para Centros de Transformación es necesaria una excavación, cuyas dimensiones variarán en función de la solución adoptada para la red de tierras, sobre cuyo fondo se extiende una capa de arena compactada y nivelada de 100 mm de espesor.

• **Características Detalladas**

Nº de transformadores:	1
Nº reserva de celdas:	1
Tipo de ventilación:	Doble
Puertas de acceso peatón:	1 puerta de acceso
Dimensiones exteriores	
Longitud:	4460 mm
Fondo:	2380 mm
Altura:	3045 mm
Altura vista:	2585 mm
Peso:	13465 kg
Dimensiones interiores	
Longitud:	4280 mm
Fondo:	2200 mm
Altura:	2355 mm
Dimensiones de la excavación	
Longitud:	5260 mm
Fondo:	3180 mm
Profundidad:	560 mm

Nota: Estas dimensiones son aproximadas en función de la solución adoptada para el anillo de tierras.

### **1.8.3.1.2 Instalación Eléctrica.**

#### **1.8.3.1.2.1 Características de la red de alimentación.**

La red de la cual se alimenta el Centro de Transformación es del tipo subterráneo, con una tensión de 20 kV, nivel de aislamiento según la MIE-RAT 12, y una frecuencia de 50 Hz.

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

La potencia de cortocircuito en el punto de acometida, según los datos suministrados por la compañía eléctrica, es de 350 MVA, lo que equivale a una corriente de cortocircuito de 10,1 kA eficaces.

### 1.8.3.1.2.2 Características de la aparamenta MT

Características Generales de los Tipos de Aparamenta Empleados en la Instalación.

- Celdas: **CGMCOSMOS**

Sistema de celdas de Media Tensión modulares bajo envolvente metálica de aislamiento integral en gas SF<sub>6</sub> de acuerdo a la normativa UNE-EN 62271-200 para instalación interior, clase -5 °C según IEC 62271-1, hasta una altitud de 2000 m sobre el nivel del mar sin mantenimiento con las siguientes características generales estándar:

- **Construcción:**

Cuba de acero inoxidable de sistema de presión sellado, según IEC 62271-1, conteniendo los elementos del circuito principal sin necesidad de reposición de gas durante 30 años.

3 Divisores capacitivos de 24 kV.

Bridas de sujección de cables de Media Tensión diseñadas para sujección de cables unipolares de hasta 630 mm<sup>2</sup> y para soportar los esfuerzos electrodinámicos en caso de cortocircuito.

Alta resistencia a la corrosión, soportando 150 h de niebla salina en el mecanismo de maniobra según norma ISO 7253.

- **-Seguridad:**

Enclavamientos propios que no permiten acceder al compartimento de cables hasta haber conectado la puesta de tierra, ni maniobrar el equipo con la tapa del compartimento de cables retirada. Del mismo modo, el interruptor y el seccionador de puesta a tierra no pueden estar conectados simultáneamente.

Enclavamientos por candado independientes para los ejes de maniobra del interruptor y de seccionador de puesta a tierra, no pudiéndose retirar la tapa del compartimento de mecanismo de maniobras con los candados colocados.

Posibilidad de instalación de enclavamientos por cerradura independientes en los ejes de interruptor y de seccionador de puesta a tierra.

Inundabilidad: equipo preparado para mantener servicio en el bucle de Media Tensión en caso de una eventual inundación de la instalación soportando ensayo de 3 m de columna de agua durante 24 h.

*Grados de Protección:*

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

- Celda / Mecanismos de Maniobra: IP 2XD según EN 60529
- Cuba: IP X7 según EN 60529
- Protección a impactos en:
  - cubiertas metálicas: IK 08 según EN 5010
  - cuba: IK 09 según EN 5010

- **Conexión de cables**

La conexión de cables se realiza desde la parte frontal mediante unos pasatapas estándar.

- **Enclavamientos**

La función de los enclavamientos incluidos en todas las celdas CGMCOSMOS es que:

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

- **Características eléctricas**

Las características generales de las celdas CGMCOSMOS son las siguientes:

Tensión nominal	24 kV
Nivel de aislamiento	
Frecuencia industrial (1 min)	
a) a tierra y entre fases	50 kV
b) a la distancia de seccionamiento	60 kV
Impulso tipo rayo	
a) a tierra y entre fases	125 kV
b) a la distancia de seccionamiento	145 kV

En la descripción de cada celda se incluyen los valores propios correspondientes a las intensidades nominales, térmica y dinámica, etc.

### **1.8.3.1.2.3 Características descriptivas de la aparamenta MT y transformadores.**

#### **1.8.3.1.2.3.1 Entrada / Salida 1: CGMCOSMOS-L Interruptor-seccionador**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

La celda **CGMCOSMOS-L** de línea, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornasenchufables. Presenta también captadores capacitivos ekorVPIS para la detección de tensión en los cables de acometida y alarma sonora de prevención de puesta a tierra ekorSAS.

- Características eléctricas:
  - Tensión asignada: 24 kV
  - Intensidad asignada: 630 A
  - Intensidad de corta duración (1 s), eficaz: 16 kA
  - Intensidad de corta duración (1 s), cresta: 40 kA
  - Nivel de aislamiento
    - Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases: 50 kV
    - Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta): 125 kV
  - Capacidad de cierre (cresta): 40 kA
  - Capacidad de corte
    - Corriente principalmente activa: 630 A
  
- Características físicas:
  - Ancho: 365 mm
  - Fondo: 735 mm
  - Alto: 1740 mm
  - Peso: 95 kg
  
- Otras características constructivas :
  - Mecanismo de maniobra interruptor: motorizado tipo BM
  - Unidad de Control Integrado: ekorRCI-2002B

### **1.8.3.1.2.3.2 Entrada / Salida 2: CGMCOSMOS-L Interruptor-seccionador**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda **CGMCOSMOS-L** de línea, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornasenchufables. Presenta

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

también captadores capacitivos ekorVPIS para la detección de tensión en los cables de acometida y alarma sonora de prevención de puesta a tierra ekorSAS.

- Características eléctricas:
  - Tensión asignada: 24 kV
  - Intensidad asignada: 630 A
  - Intensidad de corta duración (1 s), eficaz: 16 kA
  - Intensidad de corta duración (1 s), cresta: 40 kA
  - Nivel de aislamiento
    - Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases: 50 kV
    - Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta): 125 kV
  - Capacidad de cierre (cresta): 40 kA
  - Capacidad de corte
  - Corriente principalmente activa: 630 A
  
- Características físicas:
  - Ancho: 365 mm
  - Fondo: 735 mm
  - Alto: 1740 mm
  - Peso: 95 kg
  
- Otras características constructivas
  - Mando interruptor: motorizado tipo BM
  - Unidad de Control Integrado: ekorRCI-2002B

### **1.8.3.1.2.3.3 Protección Transformador 1: CGMCOSMOS-P Protección fusibles**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda CGMCOSMOS-P de protección con fusibles, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornasenchufables, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados o asociados a ese interruptor. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar una de alarma sonora de prevención de puesta a tierra

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

ekorSAS, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

- Características eléctricas:
  - Tensión asignada: 24 kV
  - Intensidad asignada en el embarrado: 400 A
  - Intensidad asignada en la derivación: 200 A
  - Intensidad fusibles: 3x25 A
  - Intensidad de corta duración (1 s), eficaz: 16 kA
  - Intensidad de corta duración (1 s), cresta: 40 kA
  - Nivel de aislamiento  
Frecuencia industrial (1 min)
    - a) a tierra y entre fases: 50 kV
  - Impulso tipo rayo
    - a) a tierra y entre fases (cresta): 125 kV
  - Capacidad de cierre (cresta): 40 kA
  - Capacidad de corte  
Corriente principalmente activa: 400 A
  
- Características físicas:
  - Ancho: 470 mm
  - Fondo: 735 mm
  - Alto: 1740 mm
  - Peso: 140 kg
  
- Otras características constructivas:
  - Mando posición con fusibles: manual tipo BR
  - Combinación interruptor-fusibles: combinados

### 1.8.3.1.2.3.4 Transformador 1: Transformador aceite 24 kV

Transformador trifásico reductor de tensión, construido según las normas citadas anteriormente, de marca COTRADIS, con neutro accesible en el secundario, de potencia 400 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 20 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2).

- Otras características constructivas:

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

· Regulación en el primario:	+/- 2,5%, +/- 5%, +/- 10%
· Tensión de cortocircuito (Ecc):	4%
· Grupo de conexión:	Dyn11
· Protección incorporada al transformador:	Termómetro

### 1.8.3.1.2.4 Características descriptivas de los cuadros de BT

Cuadros BT - B2 Transformador 1: **CBTO**

El Cuadro de Baja Tensión CBTO-C, es un conjunto de aparataje de BT cuya función es recibir el circuito principal de BT procedente del transformador MT/BT y distribuirlo en un número determinado de circuitos individuales.

La estructura del cuadro CBTO-C de ORMAZABAL está compuesta por un bastidor aislante, en el que se distinguen las siguientes zonas:

- Zona de acometida, medida y de equipos auxiliares

En la parte superior de CBTO-C existe un compartimento para la acometida al mismo, que se realiza a través de un pasa muros tetra polar, evitando la penetración del agua al interior. CBTO incorpora 4 seccionadores unipolares para seccionar las barras.

- Zona de salidas

Está formada por un compartimento que aloja exclusivamente el embarrado y los elementos de protección de cada circuito de salida. Esta protección se encomienda a fusibles de la intensidad máxima más adelante citada, dispuestos en bases trifásicas verticales cerradas (BTVC) pero maniobrada fase a fase, pudiéndose realizar las maniobras de apertura y cierre en carga.

- Características eléctricas

1. Tensión asignada de empleo:	440 V
2. Tensión asignada de aislamiento:	500 V
3. Intensidad asignada en los embarrados:	1600 A
4. Frecuencia asignada:	50 Hz
5. Nivel de aislamiento	
6. Frecuencia industrial (1 min)	
7. Intensidad Asignada de duración 1 s:	24 kA
8. Intensidad Asignada de Cresta:	50,5 kA

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

- Características constructivas:
  - a) Anchura: 1000 mm
  - b) Altura: 1360 mm
  - c) Fondo: 350 mm
  
- Otras características:
  - d) Salidas de Baja Tensión: 4 salidas (4 x 400 A)

### 1.8.3.1.2.5 Características del material vario de MT y BT

El material vario del Centro de Transformación es aquel que, aunque forma parte del conjunto del mismo, no se ha descrito en las características del equipo ni en las características de la aparamenta.

- Interconexiones de MT:

Puentes MT Transformador 1: *Cables MT 12/20 kV*

Cables MT 12/20 kV del tipo DHZ1, unipolares, con conductores de sección y material 1x50 Al.

La terminación al transformador es EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable acodada y modelo K158LR.

En el otro extremo, en la celda, es EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable recta y modelo K152SR.

- Interconexiones de BT:

Puentes BT - B2 Transformador 1: *Puentes transformador-cuadro*

Juego de puentes de cables de BT, de sección y material Al (Polietileno Reticulado) sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 3xfase+3xneutro.

- Defensa de transformadores:

Defensa de Transformador 1: *Protección física transformador*

Protección metálica para defensa del transformador.

- Equipos de iluminación:

Iluminación Edificio de Transformación: *Equipo de iluminación*

Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los centros.

Equipo autónomo de alumbrado de emergencia y señalización de la salida del local.

### 1.8.3.1.3 Medida de la energía eléctrica.

Al tratarse de un Centro de Distribución público, no se efectúa medida de energía en MT.

## **1.8.3.1.4 Unidades de protección, automático y control.**

### **1.8.3.1.4.1 Unidad de Control Integrado: *ekorRCI***

Unidad de control integrado para la supervisión y control función de línea, compuesta de un relé electrónico y sensores de intensidad. Totalmente comunicable, dialoga con la unidad remota para las funciones de telecontrol y dispone de capacidad de mando local.

Procesan las medidas de intensidad y tensión, sin necesidad de convertidores auxiliares, eliminando la influencia de fenómenos transitorios, y calculan las magnitudes necesarias para realizar las funciones de detección de sobreintensidad, presencia y ausencia de tensión, paso de falta direccional o no, etc. Al mismo tiempo determinan los valores eficaces de la intensidad que informan del valor instantáneo de dichos parámetros de la instalación. Disponen de display y teclado para visualizar, ajustar y operar de manera local la unidad, así como puertos de comunicación para poderlo hacer también mediante un ordenador, bien sea de forma local o remota. Los protocolos de comunicación estándar que se implementan en todos los equipos son MODBUS en modo transmisión RTU (binario) y PROCOME, pudiéndose implementar otros protocolos específicos dependiendo de la aplicación.

- Características
- Funciones de Detección
  - Detección de faltas fase - fase (curva TD) desde 5 A a 1200 A
  - Detección de faltas fase - tierra (curva NI, EI, MI y TD) desde 0,5 A a 480 A
  - Asociado a la presencia de tensión
  - Filtrado digital de las intensidades magnetizantes
  - Curva de tierra: inversa, muy inversa y extremadamente inversa
  - Detección Ultra-sensible de defectos fase-tierra desde 0,5 A
- Presencia / Ausencia de Tensión
  - Acoplo capacitivo (pasatapas)
  - Medición en todas las fases L1, L2, L3
  - Tensión de la propia línea (no de BT)
- Paso de Falta / Seccionalizador Automático
- Intensidades Capacitivas y Magnetizantes
- Control del Interruptor
  - Estado interruptor-seccionador
  - Maniobra interruptor-seccionador
  - Estado seccionador de puesta a tierra
  - Error de interruptor

- Detección Direccional de Neutro

- Otras características:

Ith/Idin = 20 kA /50 kA

Temperatura = -10 °C a 60 °C

Frecuencia = 50 Hz; 60 Hz ± 1 %

Comunicaciones: Protocolo MODBUS(RTU)/PROCOME

Ensayos: - De aislamiento según 60255-5

- De compatibilidad electromagnética según CEI 60255-22-X, CEI 61000-4-X y EN 50081-2/55011

- Climáticos según CEI 60068-2-X

- Mecánicos según CEI 60255-21-X

- De potencia según CEI 60265 y CEI 60056

Este producto cumple con la directiva de la Unión Europea sobre compatibilidad electromagnética 2004/108/CE, y con la normativa internacional IEC 60255. La unidad *ekorRCI* ha sido diseñada y fabricada para su uso en zonas industriales acorde a las normas de CEM. Esta conformidad es resultado de un ensayo realizado según el artículo 10 de la directiva, y recogido en el protocolo CE-26/08-07-EE-1.

### **1.8.3.1.4.2 Controlador de Celdas Programable: *ekorCCP***

El Centro de Transformación incorpora un Controlador de Celdas Programable *ekorCCP* de ORMAZABAL, con objeto de realizar las conmutaciones de líneas y deslastre de líneas en falta, según se describe.

Controlador de Celdas Programable: *ekorCCP*

El Centro de Transformación de compañía incorpora un Controlador de Celdas Programable *ekorCCP* de ORMAZABAL, con objeto de actuar como remota de telemando, y realizar así los accionamientos de las celdas requeridos por el despacho de explotación, sin necesidad de personarse físicamente en el centro en cuestión.

El Controlador de Celdas Programable *ekorCCP* es un dispositivo microprocesador flexible y programable, diseñado para resolver aplicaciones de control, telemando, maniobra y señalización en instalaciones de MT.

En la parte anterior de *ekorCCP* se encuentran el teclado, la pantalla y las lámparas de señalización. En su parte posterior se encuentran los conectores de comunicaciones y entradas y salidas para los captadores y actuadores requeridos en cada aplicación.

- Alimentación

*ekorCCP* acepta alimentaciones de 38 a 130 Vcc en el mismo equipo, siendo el consumo medio de 25 W.

- Entradas y salidas

Cada tarjeta de entradas y salidas incluye:

1. 16 entradas digitales procedentes de contactos libres de tensión
  - a) 8 salidas de relé mecánico
  - b) 8 salidas de relé de estado sólido de hasta 6 A en circuitos altamente inductivos.

- Comunicaciones

ekorCCP dispone de cuatro canales de comunicaciones: uno serie RS-232 para cargar el programa o impresión de eventos, otros dos RS-232 optoacoplados, para conexión al sistema de telemando y a equipos de medida, y un RS-485 optoacoplado para su conexión al bus local con otros controladores ekorCCP en sistemas muy complejos.

- Condiciones de funcionamiento

Temp. de funcionamiento: de -10 a 60 °C  
Aislamiento: reforzado hasta 5 kV  
Ensayos mecánicos y de compatibilidad electromagnética (CEI 61000-4-X, UNE-EN 61000-4-X, CEI 60255-X-X, UNE-EN 60255-X-X y UNE-EN 60801-2) en su nivel más severo.

- Dimensiones y peso

Dimensiones: 210 x 250 x 280 mm (ancho x alto x fondo)  
Fondo armario:  $\geq 400$  mm  
Peso: 9 kg

- Características del armario de control:

Longitud: 1096 mm  
Fondo: 465 mm  
Altura: 289 mm

### **1.8.3.1.4.3 Unidad Compacta de Telecontrol: *ekorUCT***

Unidad compacta de telecontrol desarrollada para la automatización y telemando mediante control integrado en Centros de Transformación y Centros de Reparto. Incluye las funciones de alimentación segura, terminal remota y comunicaciones.

- Características
- Independencia entre ekorUCT y el número de celdas automatizadas en la instalación
- Interconexiones estándar entre los equipos de control y las celdas
- Componentes ensamblados y probados en fábrica
- Puesta en servicio sin descargo de MT
- Evita la instalación de bandejas para las mangueras de control y protección.
- Tipos:
  - Armario mural
  - Armario sobre celda
- Arquitectura:
  - Compartimento de Distribución
  - Remota de telemando
  - Batería + cargador
  - Protecciones
  - Compartimento de Comunicaciones
  - Posibilidad GSM, Radio, F.O, RTC

#### **1.8.3.1.4.4 Unidad Compacta de Telecontrol: ekorCCP**

Controlador de celdas programable, basado en un microprocesador con estructura PC y sistema operativo Linux, flexible y programable, de aplicación en el telecontrol y automatización de los Centros de Transformación y Centros de Reparto así como para otras soluciones como:

- Transferencia de líneas
- Deslastre de líneas
- Automatismos distribuidos entre varios CTs
- Transferencia Red-Grupo Electrónico
- Servidor Web
  
- Display gráfico
- Pulsadores de maniobra
- 4 puertos de comunicación: un puerto frontal de configuración (RS-232), dos puertos RS-232 para comunicación con dispositivos externos, y un puerto RS-485/422 para su uso como red local con otros dispositivos.
- Hasta 32 posiciones
- Protocolos de comunicación
  - IEC-870-5-101

- IEC-870-5-104
- Procome
- ModBus
- Pid1, Gestel, Sab20
- CcpCom
- Posibilidad de automatismos (transferencia, enclavamientos,...)
- Registro histórico de más de 1000 eventos

### **1.8.3.1.4.5 Unidad Compacta de Telecontrol: ekorRCI**

Unidad de control integrado para la supervisión y control función de línea, compuesta de un relé electrónico y sensores de intensidad. Totalmente comunicable, dialoga con la unidad remota para las funciones de telecontrol y dispone de capacidad de mando local.

Procesan las medidas de intensidad y tensión, sin necesidad de convertidores auxiliares, eliminando la influencia de fenómenos transitorios, y calculan las magnitudes necesarias para realizar las funciones de detección de sobreintensidad, presencia y ausencia de tensión, paso de falta direccional o no, etc. Al mismo tiempo determinan los valores eficaces de la intensidad que informan del valor instantáneo de dichos parámetros de la instalación. Disponen de display y teclado para visualizar, ajustar y operar de manera local la unidad, así como puertos de comunicación para poderlo hacer también mediante un ordenador, bien sea de forma local o remota. Los protocolos de comunicación estándar que se implementan en todos los equipos son MODBUS en modo transmisión RTU (binario) y PROCOME, pudiéndose implementar otros protocolos específicos dependiendo de la aplicación.

- **Funciones de Detección**
  - Detección de faltas fase - fase (curva TD) desde 5 A a 1200 A
  - Detección de faltas fase - tierra desde 0,5 A a 480 A
  - Asociado a la presencia de tensión
  - Filtrado digital de las intensidades magnetizantes
  - Curva de tierra: inversa, muy inversa y extremadamente inversa
  - Detección Ultra-sensible de defectos fase-tierra desde 0,5 A
- **Presencia / Ausencia de Tensión**
  - Acoplo capacitivo (pasatapas)
  - Medición en todas las fases L1, L2, L3
  - Tensión de la propia línea (no de BT)
- **Paso de Falta / Seccionalizador Automático**
- **Intensidades Capacitivas y Magnetizantes**

- Control del Interruptor
  - Estado interruptor-seccionador
  - Maniobra interruptor-seccionador
  - Estado seccionador de puesta a tierra
  - Error de interruptor
- Detección Direccional de Neutro

### **1.8.3.1.5 Puesta a tierra**

#### **1.8.3.1.5.1 Tierra de protección.**

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales de todos los aparatos y equipos instalados en el Centro de Transformación se unen a la tierra de protección: envolventes de las celdas y cuadros de BT, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc. , así como la armadura del edificio (si éste es prefabricado). No se unirán, por contra, las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior

#### **1.8.3.1.5.2 Tierra de servicio.**

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en BT, debido a faltas en la red de MT, el neutro del sistema de BT se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de MT, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un cable de cobre aislado.

#### **1.8.3.1.6 Instalaciones secundarias.**

- Armario de primeros auxilios

El Centro de Transformación cuenta con un armario de primeros auxilios.

- Medidas de seguridad

Para la protección del personal y equipos, se debe garantizar que:

- 1- No será posible acceder a las zonas normalmente en tensión, si éstas no han sido puestas a tierra. Por ello, el sistema de enclavamientos interno de las celdas debe afectar al mando del aparato principal, del seccionador de puesta a tierra y a las tapas de acceso a los cables.
- 2- Las celdas de entrada y salida serán con aislamiento integral y corte en gas, y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, y evitando de esta forma la pérdida del suministro en los Centros de Transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del Centro de Transformación.

- 3- Las bornas de conexión de cables y fusibles serán fácilmente accesibles a los operarios de forma que, en las operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo normal no carezca de visibilidad sobre estas zonas.
- 4- Los mandos de la aparamenta estarán situados frente al operario en el momento de realizar la operación, y el diseño de la aparamenta protegerá al operario de la salida de gases en caso de un eventual arco interno.
- 5- El diseño de las celdas impedirá la incidencia de los gases de escape, producidos en el caso de un arco interno, sobre los cables de MT y BT. Por ello, esta salida de gases no debe estar enfocada en ningún caso hacia el foso de cables.

### **1.8.3.2 Centro de Transformación Miniblock.**

#### **1.8.3.2.1 Obra civil**

El Centro de Transformación objeto de este proyecto consta de una única envolvente, en la que se encuentra toda la aparamenta eléctrica, máquinas y demás equipos.

Para el diseño de este Centro de Transformación se han tenido en cuenta todas las normativas anteriormente indicadas.

##### **1.8.3.2.1.1 Características de los materiales**

Edificio de Transformación: **Miniblock - 24**

###### **- Descripción**

Miniblock es un Centro de Transformación compacto compartimentado, de maniobra exterior, diseñado para redes públicas de distribución eléctrica en Media Tensión (MT).

Miniblock es aplicable a redes de distribución de hasta 36 kV, donde se precisa de un transformador de hasta 630 kVA.

Consiste básicamente en una envolvente prefabricada de hormigón de reducidas dimensiones, que incluye en su interior un equipo compacto de MT, un transformador, un cuadro de BT y las correspondientes interconexiones y elementos auxiliares. Todo ello se suministra ya montado en fábrica, con lo que se asegura un acabado uniforme y de calidad.

El esquema eléctrico disponible en MT cuenta con 2 posiciones de línea (entrada y salida) y una posición de interruptor combinado con fusibles para la maniobra y protección del transformador, así como un cuadro de BT con salidas protegidas por fusibles.

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

La concepción de estos centros, que mantiene independientes todos sus componentes, limita la utilización de líquidos aislantes combustibles, a la vez que facilita la sustitución de cualquiera de sus componentes.

Así mismo, la utilización de aparata de MT con aislamiento integral en gas reduce la necesidad de mantenimiento y le confiere unas excelentes características de resistencia a la polución y a otros factores ambientales, e incluso a la eventual inundación del Centro de Transformación.

### - Envoltente

Los edificios prefabricados de hormigón para Miniblock están formados por una estructura mono bloque, que agrupa la base y las paredes en una misma pieza garantizando una total impermeabilidad del conjunto y por una cubierta movable.

Las piezas construidas en hormigón ofrecen una resistencia característica de 300 kg/cm<sup>2</sup>. Además, disponen de una armadura metálica, que permite la interconexión entre sí y al colector de tierras. Esta unión se realiza mediante latiguillos de cobre, dando lugar a una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro. Las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de 10 kOhm respecto de la tierra de la envoltente.

En la parte frontal dispone de dos orificios de salida de cables de 150 mm. de diámetro para los cables de MT y de cinco agujeros para los cables de BT, pudiendo disponer además en cada lateral de otro orificio de 150 mm. de diámetro. La apertura de los mismos se realizará en obra utilizando los que sean necesarios para cada aplicación.

### - Características Detalladas

Nº de transformadores:	1
Puertas de acceso peatón:	1 puerta
Dimensiones exteriores	
Longitud:	2100 mm
Fondo:	2100 mm
Altura:	2240 mm
Altura vista:	1540 mm
Peso:	7500 kg
Dimensiones de la excavación	
Longitud:	4300 mm
Fondo:	4300 mm
Profundidad:	800 mm

Nota: Estas dimensiones son aproximadas en función de la solución adoptada para el anillo de tierras.

## **1.8.3.2.2 Instalación Eléctrica.**

### **1.8.3.2.2.1 Características de la red de alimentación.**

La red de la cual se alimenta el Centro de Transformación es del tipo subterráneo, con una tensión de 20 kV, nivel de aislamiento según la MIE-RAT 12, y una frecuencia de 50 Hz.

La potencia de cortocircuito en el punto de acometida, según los datos suministrados por la compañía eléctrica, es de 350 MVA, lo que equivale a una corriente de cortocircuito de 10,1 kA eficaces.

### **1.8.3.2.2.2 Características de la apartamenta MT**

- Celdas: **CGMCOSMOS-2L1P**

El sistema CGMCOSMOS está compuesto 2 posiciones de línea y 1 posición de protección con fusibles, con las siguientes características:

- Celdas CGMCOSMOS

El sistema CGMCOSMOS compacto es un equipo para MT, integrado y totalmente compatible con el sistema CGMCOSMOS modular, extensible "in situ" a izquierda y derecha. Sus embarrados se conectan utilizando unos elementos de unión patentados por ORMAZABAL y denominados ORMALINK, consiguiendo una conexión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas (polución, salinidad, inundación, etc.). Incorpora tres funciones por cada módulo en una única cuba llena de gas, en la cual se encuentran los aparatos de maniobra y el embarrado.

- Base y frente

La base está diseñada para soportar al resto de la celda, y facilitar y proteger mecánicamente la acometida de los cables de MT. La tapa que los protege es independiente para cada una de las tres funciones. El frente presenta el mímico unifilar del circuito principal y los ejes de accionamiento de la apartamenta a la altura idónea para su operación.

La parte frontal incluye en su parte superior la placa de características eléctricas, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la celda, los accesos a los accionamientos del mando y el sistema de alarma sonora de puesta a tierra. En la parte inferior se encuentra el dispositivo de señalización de presencia de tensión y el panel de acceso a los cables y fusibles. En su interior

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

hay una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión a la misma del sistema de tierras y de las pantallas de los cables.

Lleva además un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

La tapa frontal es común para las tres posiciones funcionales de la celda.

### - Cuba

La cuba, fabricada en acero inoxidable de 2 mm de espesor, contiene el interruptor, el embarrado y los portafusibles, y el gas se encuentra en su interior a una presión absoluta de 1,15 bar (salvo para celdas especiales). El sellado de la cuba permite el mantenimiento de los requisitos de operación segura durante toda su vida útil, sin necesidad de reposición de gas.

Esta cuba cuenta con un dispositivo de evacuación de gases que, en caso de arco interno, permite su salida hacia la parte trasera de la celda, evitando así, con ayuda de la altura de las celdas, su incidencia sobre las personas, cables o la aparamenta del Centro de Transformación.

La cuba es única para las tres posiciones con las que cuenta la celda CGMCOSMOS y en su interior se encuentran todas las partes activas de la celda (embarrados, interruptor-seccionador, puestas a tierra, tubos portafusibles).

### - Interruptor/Seccionador/Seccionador de puesta a tierra

Los interruptores disponibles en el sistema CGMCOSMOS compacto tienen tres posiciones: conectado, seccionado y puesto a tierra.

La actuación de este interruptor se realiza mediante palanca de accionamiento sobre dos ejes distintos: uno para el interruptor (conmutación entre las posiciones de interruptor conectado e interruptor seccionado); y otro para el seccionador de puesta a tierra de los cables de acometida (que conmuta entre las posiciones de seccionado y puesto a tierra).

### - Mando

Los mandos de actuación son accesibles desde la parte frontal, pudiendo ser accionados de forma manual o motorizada.

### - Fusibles (Celda CGMCOSMOS-P)

En las celdas CGMCOSMOS-P, los fusibles se montan sobre unos carros que se introducen en los tubos portafusibles de resina aislante, que son perfectamente estancos respecto del gas y del exterior. El disparo se producirá por fusión de uno de los fusibles o cuando la presión interior de

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

los tubos portafusibles se eleva debido a un fallo en los fusibles o al calentamiento excesivo de éstos. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida.

- Conexión de cables

La conexión de cables se realiza desde la parte frontal mediante unos pasatapas estándar.

- Enclavamientos

La función de los enclavamientos incluidos en todas las celdas CGMCOSMOS es que:

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

- Características eléctricas

Las características generales de las celdas CGMCOSMOS son las siguientes:

Tensión nominal	24 kV
Nivel de aislamiento	
Frecuencia industrial (1 min)	
a) a tierra y entre fases	50 kV
b) a la distancia de seccionamiento	60 kV
Impulso tipo rayo	
a) a tierra y entre fases	125 kV
b) a la distancia de seccionamiento	145 kV

En la descripción de cada celda se incluyen los valores propios correspondientes a las intensidades nominales, térmica y dinámica, etc.

### 1.8.3.2.2.3 Características descriptivas de la aparamenta MT y transformadores.

- **Entrada/Salida1, Entrada/Salida2,PT1: CGMCOSMOS-2LP**

Celda compacta con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por varias posiciones con las siguientes características:

CGMCOSMOS-2LP es un equipo compacto para MT, integrado y totalmente compatible con el sistema CGMCOSMOS.

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

La celda CGMCOSMOS-2LP está constituida por tres funciones: dos de línea o interruptor en carga y una de protección con fusibles, que comparten la cuba de gas y el embarrado.

Las posiciones de línea, incorporan en su interior una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornasenchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

La posición de protección con fusibles incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador igual al antes descrito, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados con ese interruptor. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

### - **Transformador 1: Transformador aceite 24 kV**

Transformador trifásico reductor de tensión, construido según las normas citadas anteriormente, de marca COTRADIS, con neutro accesible en el secundario, de potencia 400 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 20 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2).

### - **Otras características constructivas:**

- Regulación en el primario: + 2,5%, + 5%, + 7,5%, + 10 %
- Tensión de cortocircuito (Ecc): 4%
- Grupo de conexión: Dyn11
- Protección incorporada al transformador: Termómetro

### **1.8.3.2.2.4 Características descriptivas de los cuadros de BT**

#### - **Cuadros BT - B2 Transformador 1: CBTO**

El Cuadro de Baja Tensión CBTO-C, es un conjunto de apartamiento de BT cuya función es recibir el circuito principal de BT procedente del transformador MT/BT y distribuirlo en un número determinado de circuitos individuales.

La estructura del cuadro CBTO-C de ORMAZABAL está compuesta por un bastidor aislante, en el que se distinguen las siguientes zonas:

### - Zona de acometida, medida y de equipos auxiliares

En la parte superior de CBTO-C existe un compartimento para la acometida al mismo, que se realiza a través de un pasamurostetrapolar, evitando la penetración del agua al interior. CBTO incorpora 4 seccionadores unipolares para seccionar las barras.

### - Zona de salidas

Está formada por un compartimento que aloja exclusivamente el embarrado y los elementos de protección de cada circuito de salida. Esta protección se encomienda a fusibles de la intensidad máxima más adelante citada, dispuestos en bases trifásicas verticales cerradas (BTVC) pero maniobradas fase a fase, pudiéndose realizar las maniobras de apertura y cierre en carga.

### - Características eléctricas

- Tensión asignada de empleo: 440 V
- Tensión asignada de aislamiento: 500 V
- Intensidad asignada en los embarrados: 1600 A
- Frecuencia asignada: 50 Hz
- Nivel de aislamiento  
Frecuencia industrial (1 min)
  - a) a tierra y entre fases: 10 kV
  - b) entre fases: 2,5 kV
- Intensidad Asignada de Corta duración 1 s: 24 kA
- Intensidad Asignada de Cresta: 50,5 kA

### - Características constructivas:

- Anchura: 1000 mm
- Altura: 1360 mm
- Fondo: 350 mm

### - Otras características:

- Salidas de Baja Tensión: 5 salidas (5 x 400 A)

#### 1.8.3.2.2.5 Características del material vario de MT y BT

El material vario del Centro de Transformación es aquel que, aunque forma parte del conjunto del mismo, no se ha descrito en las características del equipo ni en las características de la aparamenta.

### - Interconexiones de MT:

En el otro extremo, en la celda, es EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable acodada y modelo K158LR.

### - Interconexiones de BT:

Puentes BT - B2 Transformador 1: **Puentes transformador-cuadro**

Juego de puentes de cables de BT, de sección y material Cu (Etileno-Propileno) sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 2xfase + 1xneuro.

### - Equipos de iluminación:

Iluminación Edificio de Transformación: **Equipo de iluminación**

Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los centros.

#### **1.8.3.2.3 Medida de la energía eléctrica.**

Al tratarse de un Centro de Distribución público, no se efectúa medida de energía en MT.

#### **1.8.3.2.4 Unidades de protección, automático y control.**

Este proyecto no incorpora automatismos ni relés de protección.

#### **1.8.3.2.5 Puesta a tierra**

##### **1.8.3.2.5.1 Tierra de protección.**

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales de todos los aparatos y equipos instalados en el Centro de Transformación se unen a la tierra de protección: envolventes de las celdas y cuadros de BT, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc. , así como la armadura del edificio (si éste es prefabricado). No se unirán, por contra, las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior

##### **1.8.3.1.5.2 Tierra de servicio.**

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en BT, debido a faltas en la red de MT, el neutro del sistema de BT se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de MT, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un cable de cobre aislado.

### 1.8.3.1.6 Instalaciones secundarias.

#### - Alumbrado

El interruptor se situará al lado de la puerta de acceso, de forma que su accionamiento no represente peligro por su proximidad a la MT.

El interruptor accionará los puntos de luz necesarios para la suficiente y uniforme iluminación de todo el recinto del centro.

#### - Medidas de seguridad

Para la protección del personal y equipos, se debe garantizar que:

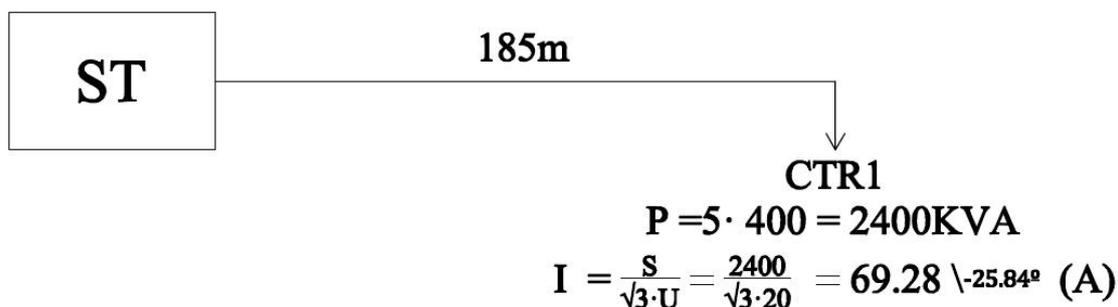
1. No será posible acceder a las zonas normalmente en tensión, si éstas no han sido puestas a tierra. Por ello, el sistema de enclavamientos interno de las celdas debe afectar al mando del aparato principal, del seccionador de puesta a tierra y a las tapas de acceso a los cables.
2. Las celdas de entrada y salida serán con aislamiento integral y corte en gas, y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, y evitando de esta forma la pérdida del suministro en los Centros de Transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del Centro de Transformación.
3. Las bornas de conexión de cables y fusibles serán fácilmente accesibles a los operarios de forma que, en las operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo normal no carezca de visibilidad sobre estas zonas.
4. Los mandos de la aparamenta estarán situados frente al operario en el momento de realizar la operación, y el diseño de la aparamenta protegerá al operario de la salida de gases en caso de un eventual arco interno.
- 5- El diseño de las celdas impedirá la incidencia de los gases de escape, producidos en el caso de un arco interno, sobre los cables de MT y BT. Por ello, esta salida de gases no debe estar enfocada en ningún caso hacia el foso de cables.

## 2. Cálculos justificativos.

### 2.1 Cálculos de Media Tensión.

#### 2.1.1 Cálculos LSMT de Acometida-Centro reparto

##### 2.1.1.1 Características de la línea.



La línea de acometida hasta el centro de reparto (CTR1) necesita una carga de seis transformadores. Uno el centro de abonado y cinco para el reparto de la energía en la urbanización.

Estos transformadores necesitan una potencia de 400 KVA.

La potencia de la línea deberá de soportar una potencia máxima de 2400 KVA.

La línea transcurre por una zona de categoría B con lo cual su tensión nominal será 12/20KV.

El cable a utilizar es el Etileno Propileno de alto módulo (HEPR). Directamente enterrado a un metro de profundidad. Agrupados como máximo por dos ternas de cables a una distancia de separación de 0,6m.

La resistividad térmica del terreno se considera arenoso muy seco 1,5 k·m/w.

El tiempo de cortocircuito será de 0,5 segundos.

La temperatura del terreno  $\Theta = 30^{\circ}\text{C}$

La potencia de cortocircuito es de 350MVA

Con estas características nos vamos a la ITC-LAT-06 y a través de las tablas seleccionamos el factor de corrección de la intensidad y las intensidades admisibles.

Tabla 6. Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV directamente enterrados

Sección (mm <sup>2</sup> )	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	125	96	130	100	135	105
35	145	115	155	120	160	125
50	175	135	180	140	190	145
70	215	165	225	170	235	180
95	255	200	265	205	280	215
120	290	225	300	235	320	245
150	325	255	340	260	360	275
185	370	285	380	295	405	315
240	425	335	440	345	470	365
300	480	375	490	390	530	410
400	540	430	560	445	600	470

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

El factor de corrección de la temperatura del terreno lo seleccionamos de la siguiente tabla:

Tabla 7. Factor de corrección, F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C

Temperatura °C Servicio Permanente $\theta_s$	Temperatura del terreno, $\theta_t$ , en °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
105	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,83
90	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78
70	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67
65	1,17	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61

El factor de corrección de la resistividad térmica del terreno se obtiene:

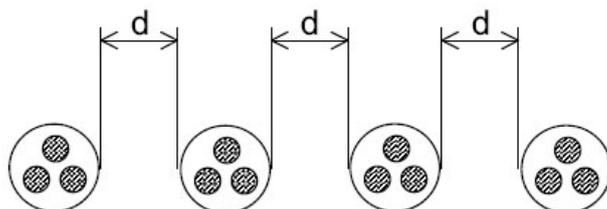
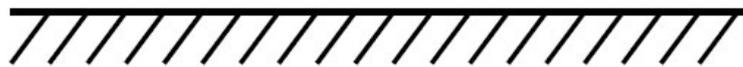
Tabla 8. Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W

Tipo de instalación	Sección del conductor $\text{mm}^2$	Resistividad térmica del terreno, K.m/W						
		0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	2,5	3
Cables directamente enterrados	25	1,25	1,20	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
	35	1,25	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
	50	1,26	1,26	1,16	1,00	0,89	0,81	0,74
	70	1,27	1,22	1,17	1,00	0,89	0,81	0,74
	95	1,28	1,22	1,18	1,00	0,89	0,80	0,74
	120	1,28	1,22	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	150	1,28	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	185	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	240	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,73
	300	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,80	0,73
	400	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,79	0,73
	Cables en interior de tubos enterrados	25	1,12	1,10	1,08	1,00	0,93	0,88
35		1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,88	0,83
50		1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,83
70		1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
95		1,14	1,12	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
120		1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
150		1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
185		1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
240		1,15	1,12	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
300		1,15	1,12	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
400		1,16	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81

Por el agrupamiento de los cables tenemos que tener en cuenta:

Tabla 10. Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares

Tipo de instalación		Factor de corrección								
		Separación de los ternos	Número de ternos de la zanja							
			2	3	4	5	6	7	8	9
Cables directamente enterrados	En contacto ( $d=0$ cm)	0,76	0,65	0,58	0,53	0,50	0,47	0,45	0,43	0,42
	$d = 0,2$ m	0,82	0,73	0,68	0,64	0,61	0,59	0,57	0,56	0,55
	$d = 0,4$ m	0,86	0,78	0,75	0,72	0,70	0,68	0,67	0,66	0,65
	$d = 0,6$ m	0,88	0,82	0,79	0,77	0,76	0,74	0,74	0,73	-
	$d = 0,8$ m	0,90	0,85	0,83	0,81	0,80	0,79	-	-	-
Cables bajo tubo	En contacto ( $d=0$ cm)	0,80	0,70	0,64	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,49
	$d = 0,2$ m	0,83	0,75	0,70	0,67	0,64	0,62	0,60	0,59	0,58
	$d = 0,4$ m	0,87	0,80	0,77	0,74	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68
	$d = 0,6$ m	0,89	0,83	0,81	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	-
	$d = 0,8$ m	0,90	0,86	0,84	0,82	0,81	-	-	-	-



# PROYECTO FINAL DE CARRERA

Para la profundidad del cable su factor de corrección es:

Tabla 11. Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1m

Profundidad (m)	Cables enterrados de sección		Cables bajo tubo de sección	
	≤ 185 mm <sup>2</sup>	> 185 mm <sup>2</sup>	≤ 185 mm <sup>2</sup>	> 185 mm <sup>2</sup>
0,50	1,06	1,09	1,06	1,08
0,60	1,04	1,07	1,04	1,06
0,80	1,02	1,03	1,02	1,03
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,25	0,98	0,98	0,98	0,98
1,50	0,97	0,96	0,97	0,96
1,75	0,96	0,94	0,96	0,95
2,00	0,95	0,93	0,95	0,94
2,50	0,93	0,91	0,93	0,92
3,00	0,92	0,89	0,92	0,91

En resumen el factor de corrección de la intensidad del cable nos queda:

$$f.d.c = K_{\theta} \cdot K_{resistividad} \cdot K_{profundidad} \cdot K_{agrupamiento} = 0,97 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,88 = 0.8536$$

## 2.1.1.2 Criterio de calentamiento.

Para el criterio de calentamiento debemos de calcular la intensidad a soportar por la línea y aplicarle el factor de corrección, irnos a la Tabla6 de la ITC-LAT-06 y seleccionar la sección de nuestro cable.

Intensidad total de la LSMT:

$$I_T = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{2400}{\sqrt{3} \cdot 20} = 69,28_{\angle -25,84}(A)$$

Aplicamos nuestro factor de corrección:

$$I_{Tablas} = \frac{I_T}{f.d.c.} = \frac{69,28}{0.8536} = 81.16 A$$

Seleccionamos una intensidad mayor en la tabla:

Tabla 6. Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV directamente enterrado

Sección (mm <sup>2</sup> )	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	125	96	130	100	135	105
35	145	115	155	120	160	125
50	175	135	180	140	190	145
70	215	165	225	170	235	180
95	255	200	265	205	280	215
120	290	225	300	235	320	245
150	325	255	340	260	360	275
185	370	285	380	295	405	315
240	425	335	440	345	470	365
300	480	375	490	390	530	410
400	540	430	560	445	600	470

Con una sección de 25 mm<sup>2</sup> nos vale pero Iberdrola nos exige como mínimo una sección de 150mm<sup>2</sup>.

$$SECCION \rightarrow 150mm^2 \quad I = 275 (A)$$

$$I_{admisible} = 275 \cdot 0,8536 = 234,74 > I_T = 69,28 (A)$$

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

## 2.1.1.3 Criterio de cortocircuito.

A la hora de elegir una sección adecuada también debemos tener en cuenta la posibilidad de un cortocircuito y que no nos rompa ni cause defectos importantes en nuestro cable.

Para ello se calcula la intensidad máxima de cortocircuito y a través de esta intensidad la sección mínima de cortocircuito:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{350 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 20} = 10103,62 \text{ A}$$

Para la sección de cortocircuito debemos de tener en cuenta:

$$S_{cc} = \frac{I_{cc} \cdot \sqrt{t}}{K}$$

$I_{cc} \rightarrow$  Intensidad de cortocircuito

$\sqrt{t} \rightarrow$  Tiempo de cortocircuito

$K \rightarrow$  Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito

Tabla 26. Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito, en A/mm<sup>2</sup>, para conductores de aluminio

Tipo de aislamiento	$\Delta\theta^*$ (K)	Duración del cortocircuito, tcc, en segundos									
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
PVC: sección $\leq$ 300 mm <sup>2</sup>	90	240	170	138	107	98	76	62	53	48	43
sección $>$ 300 mm <sup>2</sup>	70	215	152	124	96	87	68	55	48	43	39
XLPE, EPR y HEPR	160	298	211	172	133	122	94	77	66	59	54
HEPR Uo/Us 18/30 kV	145	281	199	162	126	115	89	73	63	56	51

$$S_{cc} = \frac{I_{cc} \cdot \sqrt{t}}{K} = \frac{10103,62 \cdot \sqrt{0,5}}{126} = 56,7 \text{ mm}^2$$

Nuestra sección elegida anteriormente es de 150mm<sup>2</sup> que es mayor que 56,7mm<sup>2</sup> con lo cual es válida.

## 2.1.1.4 Criterio de caída de tensión

La sección escogida es de 150mm<sup>2</sup>, la resistencia y la reactancia de esta sección son:

$$R=0,277 \text{ } \Omega/\text{Km} \quad X= 0,11 \text{ } \Omega/\text{Km}$$

$$Z_{OA} = Km \cdot (R + jX) = 0.185 \cdot (0.277 + j0.11) = 0,051 + j0,02 \text{ } \Omega$$

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

**TABLA VII**  
Resistencia a la frecuencia de 50 Hz (105 °C)

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Resistencia máxima en c.a. y a 105 °C en Ω/km			
	Cables Unipolares 		Cables Tripolares 	
	Cu	Al	Cu	Al
10	2.446	-	2.484	-
16	1.540	2.533	1.566	2.574
25	0.972	1.602	0.991	1.633
35	0.702	1.157	0.715	1.176
50	0.519	0.847	0.528	0.887
70	0.359	0.591	0.365	0.601
95	0.259	0.430	0.264	0.434
120	0.206	0.340	0.209	0.343
150	0.168	0.277	0.170	0.281
185	0.134	0.221	0.137	0.224
240	0.104	0.168	0.105	0.173
300	0.083	0.136	-	-
400	0.066	0.105	-	-
500	0.054	0.089	-	-

Nota: La caída de tensión de la línea para el caso de corriente alterna trifásica, se calcula con la fórmula aproximada:  $\Delta U = \sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$ . Donde L, en km, es la longitud de la línea. I, en A, es la intensidad de corriente a transportar. (Se recomienda ver ejemplo de cálculo en la página 34).

**TABLA VIII**  
Reactancia la frecuencia de 50 Hz

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Reactancia X en Ω/km por fase						
	Tensión nominal del cable						
	1,8/3 kV	3,6/6 kV	6/10 kV	8,7/15 kV	12/20 kV	12/25 kV	18/30 kV
	Tres cables unipolares en contacto mutuo						
10	0.135	-	-	-	-	-	-
16	0.126	-	-	-	-	-	-
25	0.118	0.125	0.134	0.141	-	-	-
35	0.113	0.118	0.128	0.135	0.140	-	-
50	0.108	0.113	0.122	0.128	0.130	0.140	0.148
70	0.101	0.106	0.115	0.120	0.122	0.130	0.137
95	0.099	0.102	0.110	0.115	0.118	0.121	0.129
120	0.095	0.098	0.106	0.111	0.112	0.118	0.123
150	0.093	0.096	0.102	0.108	0.110	0.115	0.118
185	0.089	0.093	0.100	0.104	0.106	0.110	0.113
240	0.088	0.090	0.097	0.101	0.102	0.106	0.109
300	0.086	0.088	0.093	0.097	0.099	0.103	0.105
400	0.085	0.086	0.091	0.095	0.096	0.100	0.102
500	0.084	0.084	0.089	0.092	0.093	0.096	0.099

La caída de tensión viene expresada por:

$$\Delta U_{OA} = \sqrt{3} \cdot I_t \cdot Z_{OA} = \sqrt{3} \cdot 69.28_{\angle -25.84} \cdot (0.051 + j0.02) = 6,55 - j0,51V$$

En tanto por ciento nos queda:

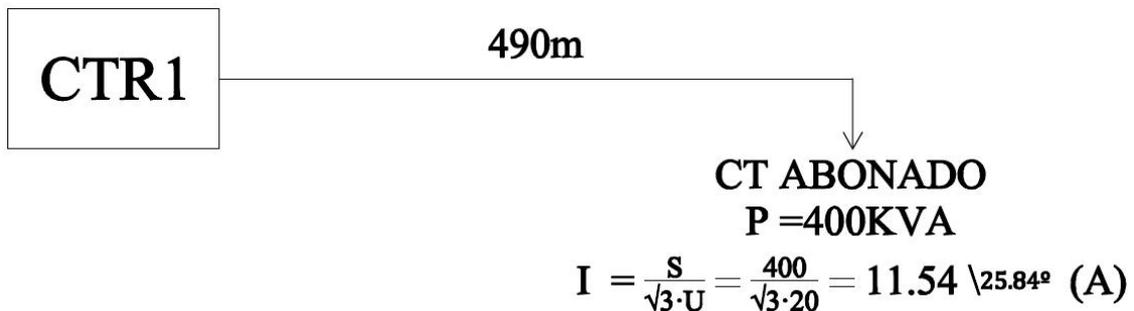
$$\Delta U\% = \frac{\Delta U_{OA}}{U - \Delta U_{OA}} \cdot 100 = \frac{6,55 - j0,51}{20000 - (6,55 - j0,51)} \cdot 100 = 0.032\%$$

Al ser menor que el 5% la sección de 150mm<sup>2</sup> es válida.

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

## 2.1.2 Cálculos LSMT de Centro de reparto-Centro abonado

### 2.1.2.1 Características de la línea.



La línea de centro de reparto (CTR1) hasta el centro de abonado necesita una carga de un transformador de 400 KVA.

La potencia de la línea deberá de soportar una potencia máxima de 400 KVA.

La línea transcurre por una zona de categoría B con lo cual su tensión nominal será 12/20KV.

El cable a utilizar es el Etileno Propileno de alto módulo (HEPR). Directamente enterrado a un metro de profundidad. Agrupados como máximo por dos ternas de cables a una distancia de separación de 0,6m.

La resistividad térmica del terreno se considera arenoso muy seco 1,5 k·m/w.

El tiempo de cortocircuito será de 0,5 segundos.

La temperatura del terreno  $\Theta = 30^\circ\text{C}$

La potencia de cortocircuito es de 350MVA

Con estas características nos vamos a la ITC-LAT-06 y a través de las tablas seleccionamos el factor de corrección de la intensidad y las intensidades admisibles.

Tabla 6. Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV directamente enterrados

Sección (mm <sup>2</sup> )	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	125	96	130	100	135	105
35	145	115	155	120	160	125
50	175	135	180	140	190	145
70	215	165	225	170	235	180
95	255	200	265	205	280	215
120	290	225	300	235	320	245
150	325	255	340	260	360	275
185	370	285	380	295	405	315
240	425	335	440	345	470	365
300	480	375	490	390	530	410
400	540	430	560	445	600	470

El factor de corrección de la temperatura del terreno lo seleccionamos de la siguiente tabla:

Tabla 7. Factor de corrección, F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C

Temperatura °C Servicio Permanente $\theta_s$	Temperatura del terreno, $\theta_t$ , en °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
105	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,83
90	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78
70	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67
65	1,17	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

El factor de corrección de la resistividad térmica del terreno se obtiene:

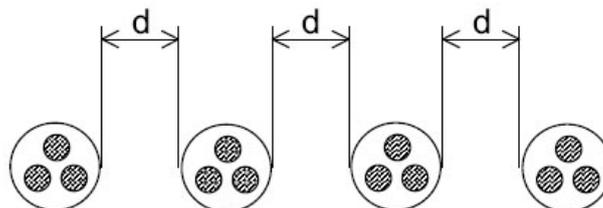
**Tabla 8. Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W**

Tipo de instalación	Sección del conductor mm <sup>2</sup>	Resistividad térmica del terreno, K.m/W							
		0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	2,5	3	
Cables directamente enterrados	25	1,25	1,20	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75	
	35	1,25	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75	
	50	1,26	1,26	1,16	1,00	0,89	0,81	0,74	
	70	1,27	1,22	1,17	1,00	0,89	0,81	0,74	
	95	1,28	1,22	1,18	1,00	0,89	0,80	0,74	
	120	1,28	1,22	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74	
	150	1,28	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74	
	185	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74	
	240	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,73	
	300	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,80	0,73	
Cables en interior de tubos enterrados	25	1,12	1,10	1,08	1,00	0,93	0,88	0,83	
	35	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,88	0,83	
	50	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,88	0,83	
	70	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82	
	95	1,14	1,12	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82	
	120	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82	
	150	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82	
	185	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82	
	240	1,15	1,12	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81	
	400	1,16	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81	

Por el agrupamiento de los cables tenemos que tener en cuenta:

**Tabla 10. Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares**

Tipo de instalación		Separación de los ternos	Número de ternos de la zanja								
			2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cables directamente enterrados	En contacto (d=0 cm)		0,76	0,65	0,58	0,53	0,50	0,47	0,45	0,43	0,42
	d = 0,2 m		0,82	0,73	0,68	0,64	0,61	0,59	0,57	0,56	0,55
	d = 0,4 m		0,86	0,78	0,75	0,72	0,70	0,68	0,67	0,66	0,65
	d = 0,6 m		0,88	0,82	0,79	0,77	0,76	0,74	0,74	0,73	-
	d = 0,8 m		0,90	0,85	0,83	0,81	0,80	0,79	-	-	-
Cables bajo tubo	En contacto (d=0 cm)		0,80	0,70	0,64	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,49
	d = 0,2 m		0,83	0,75	0,70	0,67	0,64	0,62	0,60	0,59	0,58
	d = 0,4 m		0,87	0,80	0,77	0,74	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68
	d = 0,6 m		0,89	0,83	0,81	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	-
	d = 0,8 m		0,90	0,86	0,84	0,82	0,81	-	-	-	-



# PROYECTO FINAL DE CARRERA

Para la profundidad del cable su factor de corrección es:

**Tabla 11. Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1m**

Profundidad (m)	Cables enterrados de sección		Cables bajo tubo de sección	
	≤ 185 mm <sup>2</sup>	> 185 mm <sup>2</sup>	≤ 185 mm <sup>2</sup>	> 185 mm <sup>2</sup>
0,50	1,06	1,09	1,06	1,08
0,60	1,04	1,07	1,04	1,06
0,80	1,02	1,03	1,02	1,03
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,25	0,98	0,98	0,98	0,98
1,50	0,97	0,96	0,97	0,96
1,75	0,96	0,94	0,96	0,95
2,00	0,95	0,93	0,95	0,94
2,50	0,93	0,91	0,93	0,92
3,00	0,92	0,89	0,92	0,91

En resumen el factor de corrección de la intensidad del cable nos queda:

$$f.d.c = K_{\theta} \cdot K_{resistividad} \cdot K_{profundidad} \cdot K_{agrupamiento} = 0,97 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,88 = 0.8536$$

### 2.1.2.2 Criterio de calentamiento.

Para el criterio de calentamiento debemos de calcular la intensidad a soportar por la línea y aplicarle el factor de corrección, irnos a la Tabla6 de la ITC-LAT-06 y seleccionar la sección de nuestro cable.

Intensidad total de la LSMT:

$$I_T = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 20} = 11,54_{\angle -25,84} (A)$$

Aplicamos nuestro factor de corrección:

$$I_{Tablas} = \frac{I_T}{f.d.c.} = \frac{11.54}{0.8536} = 13.52 A$$

Seleccionamos una intensidad mayor en la tabla:

**Tabla 6. Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV directamente enterrado**

Sección (mm <sup>2</sup> )	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	125	96	130	100	135	105
35	145	115	155	120	160	125
50	175	135	180	140	190	145
70	215	165	225	170	235	180
95	255	200	265	205	280	215
120	290	225	300	235	320	245
150	325	255	340	260	360	275
185	370	285	380	295	405	315
240	425	335	440	345	470	365
300	480	375	490	390	530	410
400	540	430	560	445	600	470

Con una sección de 25 mm<sup>2</sup> nos vale pero Iberdrola nos exige como mínimo una sección de 150mm<sup>2</sup>.

$$SECCION \rightarrow 150mm^2 \quad I = 275 (A)$$

$$I_{admisible} = 275 \cdot 0,8536 = 234,74 > I_T = 11.54 (A)$$

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

## 2.1.2.3 Criterio de cortocircuito.

A la hora de elegir una sección adecuada también debemos tener en cuenta la posibilidad de un cortocircuito y que no nos rompa ni cause defectos importantes en nuestro cable.

Para ello se calcula la intensidad máxima de cortocircuito y a través de esta intensidad la sección mínima de cortocircuito:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{350 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 20} = 10103,62 \text{ A}$$

Para la sección de cortocircuito debemos de tener en cuenta:

$$S_{cc} = \frac{I_{cc} \cdot \sqrt{t}}{K}$$

$I_{cc} \rightarrow$  Intensidad de cortocircuito

$\sqrt{t} \rightarrow$  Tiempo de cortocircuito

$K \rightarrow$  Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito

Tabla 26. Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito, en A/mm<sup>2</sup>, para conductores de aluminio

Tipo de aislamiento	$\Delta\theta^*$ (K)	Duración del cortocircuito, tcc, en segundos									
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
PVC: sección $\leq$ 300 mm <sup>2</sup>	90	240	170	138	107	98	76	62	53	48	43
sección $>$ 300 mm <sup>2</sup>	70	215	152	124	96	87	68	55	48	43	39
XLPE, EPR y HEPR	160	298	211	172	133	122	94	77	66	59	54
HEPR Uo/Us 18/30 kV	145	281	199	162	126	115	89	73	63	56	51

$$S_{cc} = \frac{I_{cc} \cdot \sqrt{t}}{K} = \frac{10103,62 \cdot \sqrt{0,5}}{126} = 56,7 \text{ mm}^2$$

Nuestra sección elegida anteriormente es de 150mm<sup>2</sup> que es mayor que 56,7 mm<sup>2</sup> con lo cual es válida.

## 2.1.2.4 Criterio de caída de tensión

La sección escogida es de 150mm<sup>2</sup>, la resistencia y la reactancia de esta sección son:

$$R = 0,277 \Omega$$

$$X = 0,11 \Omega$$

$$Z_{OA} = Km \cdot (R + jX) = 0,49 \cdot (0,277 + j0,11) = 0,1357 + j0,0539\Omega$$

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

**TABLA VII**  
Resistencia a la frecuencia de 50 Hz (105 °C)

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Resistencia máxima en c.a. y a 105 °C en Ω/km			
	Cables Unipolares 		Cables Trípolares 	
	Cu	Al	Cu	Al
10	2.446	-	2.484	-
16	1.540	2.533	1.566	2.574
25	0.972	1.602	0.991	1.633
35	0.702	1.157	0.715	1.176
50	0.519	0.847	0.528	0.887
70	0.359	0.591	0.365	0.601
95	0.259	0.430	0.264	0.434
120	0.206	0.340	0.209	0.343
150	0.168	0.277	0.170	0.281
185	0.134	0.221	0.137	0.224
240	0.104	0.168	0.105	0.173
300	0.083	0.136	-	-
400	0.066	0.105	-	-
500	0.054	0.089	-	-

Nota: La caída de tensión de la línea para el caso de corriente alterna trifásica, se calcula con la fórmula aproximada:  $\Delta U = \sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$ . Donde L, en km, es la longitud de la línea. I, en A, es la intensidad de corriente a transportar. (Se recomienda ver ejemplo de cálculo en la página 34).

**TABLA VIII**  
Reactancia la frecuencia de 50 Hz

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Reactancia X en Ω/km por fase						
	Tensión nominal del cable						
	1,8/3 kV	3,6/6 kV	6/10 kV	8,7/15 kV	12/20 kV	12/25 kV	18/30 kV
	Tres cables unipolares en contacto mutuo						
10	0.135	-	-	-	-	-	-
16	0.126	-	-	-	-	-	-
25	0.118	0.125	0.134	0.141	-	-	-
35	0.113	0.118	0.128	0.135	0.140	-	-
50	0.108	0.113	0.122	0.128	0.130	0.140	0.148
70	0.101	0.106	0.115	0.120	0.122	0.130	0.137
95	0.099	0.102	0.110	0.115	0.118	0.121	0.129
120	0.095	0.098	0.106	0.111	0.112	0.118	0.123
150	0.093	0.096	0.102	0.108	0.110	0.115	0.118
185	0.089	0.093	0.100	0.104	0.106	0.110	0.113
240	0.088	0.090	0.097	0.101	0.102	0.106	0.109
300	0.086	0.088	0.093	0.097	0.099	0.103	0.105
400	0.085	0.086	0.091	0.095	0.096	0.100	0.102
500	0.084	0.084	0.089	0.092	0.093	0.096	0.099

La caída de tensión viene expresada por:

$$\Delta U_{OA} = \sqrt{3} \cdot I_t \cdot Z_{OA} = \sqrt{3} \cdot 11.54_{\angle -25.84} \cdot (0.1357 + j0.0539) = 2.91 - j0.212V$$

En tanto por ciento nos queda:

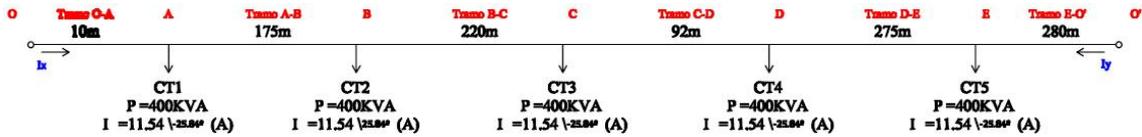
$$\Delta U\% = \frac{\Delta U_{OA}}{U - \Delta U_{OA}} \cdot 100 = \frac{2.91 - j0.212}{20000 - (2.91 - j0.212)} \cdot 100 = 0.0145\%$$

Al ser menor que el 5% la sección de 150mm<sup>2</sup> es válida.

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

## 2.1.3 Cálculos Anillo MT.

### 2.1.3.1 Características de la línea.



El anillo consta de 5 transformadores, cada uno de ellos con una potencia de de 400KVA

La potencia de la línea deberá de soportar una potencia máxima de 2000 KVA.

La línea transcurre por una zona de categoría B con lo cual su tensión nominal será 12/20KV.

El cable a utilizar es el Etileno Propileno de alto módulo (HEPR). Directamente enterrado a un metro de profundidad. Agrupados como máximo por dos ternas de cables a una distancia de separación de 0,6m.

La resistividad térmica del terreno se considera arenoso muy seco 1,5 k·m/w.

El tiempo de cortocircuito será de 0,5 segundos.

La temperatura del terreno  $\Theta = 30^{\circ}\text{C}$

La potencia de cortocircuito es de 350MVA

Con estas características nos vamos a la ITC-LAT-06 y a través de las tablas seleccionamos el factor de corrección de la intensidad y las intensidades admisibles por el cable.

Tabla 6. Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV directamente enterrados

Sección (mm <sup>2</sup> )	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	125	96	130	100	135	105
35	145	115	155	120	160	125
50	175	135	180	140	190	145
70	215	165	225	170	235	180
95	255	200	265	205	280	215
120	290	225	300	235	320	245
150	325	255	340	260	360	275
185	370	285	380	295	405	315
240	425	335	440	345	470	365
300	480	375	490	390	530	410
400	540	430	560	445	600	470

El factor de corrección de la temperatura del terreno lo seleccionamos de la siguiente tabla:

Tabla 7. Factor de corrección, F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C

Temperatura °C Servicio Permanente $\theta_s$	Temperatura del terreno, $\theta_t$ , en °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
105	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,83
90	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78
70	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67
65	1,17	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

El factor de corrección de la resistividad térmica del terreno se obtiene:

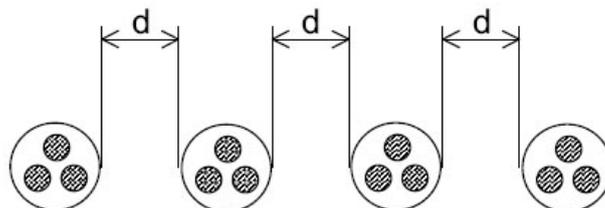
Tabla 8. Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W

Tipo de instalación	Sección del conductor mm <sup>2</sup>	Resistividad térmica del terreno, K.m/W						
		0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	2,5	3
Cables directamente enterrados	25	1,25	1,20	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
	35	1,25	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
	50	1,26	1,26	1,16	1,00	0,89	0,81	0,74
	70	1,27	1,22	1,17	1,00	0,89	0,81	0,74
	95	1,28	1,22	1,18	1,00	0,89	0,80	0,74
	120	1,28	1,22	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	150	1,28	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	185	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	240	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,73
	300	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,80	0,73
Cables en interior de tubos enterrados	25	1,12	1,10	1,08	1,00	0,93	0,88	0,83
	35	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,88	0,83
	50	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,88	0,83
	70	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
	95	1,14	1,12	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
	120	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	150	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	185	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	240	1,15	1,12	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
	400	1,16	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81

Por el agrupamiento de los cables tenemos que tener en cuenta:

Tabla 10. Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares

Tipo de instalación		Separación de los ternos	Número de ternos de la zanja								
			2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cables directamente enterrados	En contacto (d=0 cm)		0,76	0,65	0,58	0,53	0,50	0,47	0,45	0,43	0,42
	d = 0,2 m		0,82	0,73	0,68	0,64	0,61	0,59	0,57	0,56	0,55
	d = 0,4 m		0,86	0,78	0,75	0,72	0,70	0,68	0,67	0,66	0,65
	d = 0,6 m		0,88	0,82	0,79	0,77	0,76	0,74	0,74	0,73	-
	d = 0,8 m		0,90	0,85	0,83	0,81	0,80	0,79	-	-	-
Cables bajo tubo	En contacto (d=0 cm)		0,80	0,70	0,64	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,49
	d = 0,2 m		0,83	0,75	0,70	0,67	0,64	0,62	0,60	0,59	0,58
	d = 0,4 m		0,87	0,80	0,77	0,74	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68
	d = 0,6 m		0,89	0,83	0,81	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	-
	d = 0,8 m		0,90	0,86	0,84	0,82	0,81	-	-	-	-



# PROYECTO FINAL DE CARRERA

Para la profundidad del cable su factor de corrección es:

Tabla 11. Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1m

Profundidad (m)	Cables enterrados de sección		Cables bajo tubo de sección	
	≤ 185 mm <sup>2</sup>	> 185 mm <sup>2</sup>	≤ 185 mm <sup>2</sup>	> 185 mm <sup>2</sup>
0,50	1,06	1,09	1,06	1,08
0,60	1,04	1,07	1,04	1,06
0,80	1,02	1,03	1,02	1,03
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,25	0,98	0,98	0,98	0,98
1,50	0,97	0,96	0,97	0,96
1,75	0,96	0,94	0,96	0,95
2,00	0,95	0,93	0,95	0,94
2,50	0,93	0,91	0,93	0,92
3,00	0,92	0,89	0,92	0,91

En resumen el factor de corrección de la intensidad del cable nos queda:

$$f.d.c = K_{\theta} \cdot K_{resistividad} \cdot K_{profundidad} \cdot K_{agrupamiento} = 0,97 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,88 = 0.8536$$

## 2.1.3.2 Criterio de calentamiento.

Para el criterio de calentamiento debemos de calcular la intensidad a soportar por la línea y aplicarle el factor de corrección, irnos a la Tabla6 de la ITC-LAT-06 y seleccionar la sección de nuestro cable.

Intensidad total de la LSMT:

$$I_T = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{2000}{\sqrt{3} \cdot 20} = 57.74_{\angle -25,84}(A)$$

Aplicamos nuestro factor de corrección:

$$I_{Tablas} = \frac{I_T}{f.d.c.} = \frac{57.74}{0.8536} = 67.64 A$$

Seleccionamos una intensidad mayor en la tabla:

Tabla 6. Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV directamente enterrado

Sección (mm <sup>2</sup> )	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	125	96	130	100	135	105
35	145	115	155	120	160	125
50	175	135	180	140	190	145
70	215	165	225	170	235	180
95	255	200	265	205	280	215
120	290	225	300	235	320	245
150	325	255	340	260	360	275
185	370	285	380	295	405	315
240	425	335	440	345	470	365
300	480	375	490	390	530	410
400	540	430	560	445	600	470

Con una sección de 25 mm<sup>2</sup> nos vale pero Iberdrola nos exige como mínimo una sección de 150mm<sup>2</sup>.

$$SECCION \rightarrow 150mm^2 \quad I = 275 (A)$$

$$I_{admisible} = 275 \cdot 0,8536 = 234,74 > I_T = 57.74 (A)$$

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

## 2.1.3.3 Criterio de cortocircuito.

A la hora de elegir una sección adecuada también debemos tener en cuenta la posibilidad de un cortocircuito y que no nos rompa ni cause defectos importantes en nuestro cable.

Para ello se calcula la intensidad máxima de cortocircuito y a través de esta intensidad la sección mínima de cortocircuito:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{350 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 20} = 10103,62 \text{ A}$$

Para la sección de cortocircuito debemos de tener en cuenta:

$$S_{cc} = \frac{I_{cc} \cdot \sqrt{t}}{K}$$

$I_{cc} \rightarrow$  Intensidad de cortocircuito

$\sqrt{t} \rightarrow$  Tiempo de cortocircuito

$K \rightarrow$  Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito

Tabla 26. Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito, en A/mm<sup>2</sup>, para conductores de aluminio

Tipo de aislamiento	$\Delta\theta^*$ (K)	Duración del cortocircuito, tcc, en segundos									
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
PVC: sección $\leq$ 300 mm <sup>2</sup>	90	240	170	138	107	98	76	62	53	48	43
sección $>$ 300 mm <sup>2</sup>	70	215	152	124	96	87	68	55	48	43	39
XLPE, EPR y HEPR	160	298	211	172	133	122	94	77	66	59	54
HEPR Uo/U <sub>s</sub> 18/30 kV	145	281	199	162	126	115	89	73	63	56	51

$$S_{cc} = \frac{I_{cc} \cdot \sqrt{t}}{K} = \frac{10103,62 \cdot \sqrt{0,5}}{126} = 56,7 \text{ mm}^2$$

Nuestra sección elegida anteriormente es de 150mm<sup>2</sup> que es mayor que 56,7 mm<sup>2</sup> con lo cual es válida.

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

## 2.1.3.4 Criterio de caída de tensión

La sección escogida es de 150mm<sup>2</sup>, la resistencia y la reactancia de esta sección son:

TABLA VII  
Resistencia a la frecuencia de 50 Hz (105 °C)

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Resistencia máxima en c.a. y a 105 °C en Ω/km			
	Cables Unipolares 		Cables Tripolares 	
	Cu	Al	Cu	Al
10	2.446	-	2.484	-
16	1.540	2.533	1.566	2.574
25	0.972	1.602	0.991	1.633
35	0.702	1.157	0.715	1.176
50	0.519	0.847	0.528	0.087
70	0.359	0.591	0.365	0.601
95	0.259	0.430	0.264	0.434
120	0.206	0.340	0.209	0.343
150	0.168	0.277	0.170	0.281
185	0.134	0.221	0.137	0.224
240	0.104	0.168	0.105	0.173
300	0.083	0.136	-	-
400	0.066	0.105	-	-
500	0.054	0.089	-	-

Nota: La caída de tensión de la línea para el caso de corriente alterna trifásica, se calcula con la fórmula aproximada:  $\Delta U = \sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$ . Donde L, en km, es la longitud de la línea. I, en A, es la intensidad de corriente a transportar. (Se recomienda ver ejemplo de cálculo en la página 34).

TABLA VIII  
Reactancia la frecuencia de 50 Hz

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Reactancia X en Ω/km por fase Tensión nominal del cable						
	1,8/3 kV	3,6/6 kV	6/10 kV	8,7/15 kV	12/20 kV	12/25 kV	18/30 kV
Tres cables unipolares en contacto mutuo							
10	0.135	-	-	-	-	-	-
16	0.126	-	-	-	-	-	-
25	0.118	0.125	0.134	0.141	-	-	-
35	0.113	0.118	0.128	0.135	0.140	-	-
50	0.108	0.113	0.122	0.128	0.130	0.140	0.148
70	0.101	0.106	0.115	0.120	0.122	0.130	0.137
95	0.099	0.102	0.110	0.115	0.118	0.121	0.129
120	0.095	0.098	0.106	0.111	0.112	0.118	0.123
150	0.093	0.096	0.102	0.108	0.110	0.115	0.118
185	0.089	0.093	0.100	0.104	0.106	0.110	0.113
240	0.088	0.090	0.097	0.101	0.102	0.106	0.109
300	0.086	0.088	0.093	0.097	0.099	0.103	0.105
400	0.085	0.086	0.091	0.095	0.096	0.100	0.102
500	0.084	0.084	0.089	0.092	0.093	0.096	0.099

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

La intensidad máxima admisible del cable:

TABLA IX bis

Intensidad máxima admisible (A), en servicio permanente, para cables aislados con HEPR (Eprotenax Compact) con armadura.

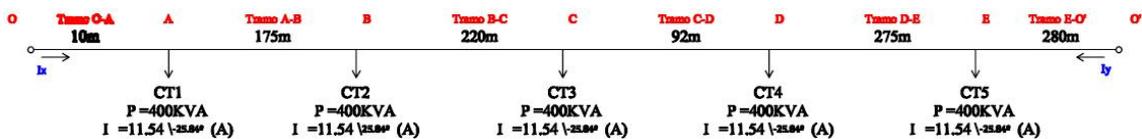
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Tensión nominal					
	105 °C 1,8/3 kV a 18/30 kV					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Conductores de Cu					
10	-	-	-	-	-	-
16	120	105	105	98	100	94
25	155	140	135	125	130	120
35	190	170	160	145	155	145
50	225	205	190	175	185	170
70	280	255	235	215	225	210
95	335	305	275	250	265	245
120	385	350	310	285	300	280
150	435	395	345	315	335	310
185	495	450	385	355	380	350
240	575	530	435	400	440	415
300	650	605	480	445	495	465
400	745	-	530	490	-	-
500	855	-	585	545	-	-
630	975	-	635	595	-	-
	Conductores de Al					
16	90	80	80	76	78	72
25	115	110	100	95	100	90
35	140	130	125	115	120	110
50	170	160	150	135	140	130
70	210	195	180	165	170	160
95	255	235	215	195	205	190
120	295	270	245	220	230	215
150	330	305	270	250	260	240
185	380	345	305	280	290	270
240	445	405	350	325	335	315
300	505	470	390	360	385	360
400	585	-	440	405	-	-
500	675	-	490	460	-	-
630	775	-	545	510	-	-

$$\text{SECCION} \rightarrow 150\text{mm}^2 \quad I = 270 \text{ (A)}$$

$$I_{\text{admisible}} = 270 \cdot 0,8536 = 230,47 > I_T = 57.74 \text{ (A)}$$

$$R = 0,277 \Omega \quad X = 0,11 \Omega$$

Calculamos las intensidades y las impedancias de los distintos tramos del siguiente circuito:



## PROYECTO FINAL DE CARRERA

$$Z_{OA} = Km \cdot (R + jX) = 0.01 \cdot (0.277 + j0.11) = 2.77 \cdot 10^3 + j1.1 \cdot 10^3 \Omega$$

$$Z_{OB} = Km \cdot (R + jX) = 0.185 \cdot (0.277 + j0.11) = 0.051 + j0.02 \Omega$$

$$Z_{OC} = Km \cdot (R + jX) = 0.405 \cdot (0.277 + j0.11) = 0.112 + j0.044 \Omega$$

$$Z_{OD} = Km \cdot (R + jX) = 0.497 \cdot (0.277 + j0.11) = 0.137 + j0.054 \Omega$$

$$Z_{OE} = Km \cdot (R + jX) = 0.772 \cdot (0.277 + j0.11) = 0.213 + j0.084 \Omega$$

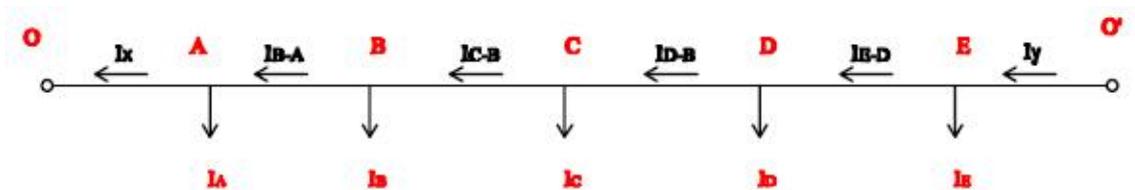
$$Z_{OF} = Km \cdot (R + jX) = 1.052 \cdot (0.277 + j0.11) = 0.29 + j0.11 \Omega$$

$$I_Y = \frac{\sum(Z \cdot I_i)}{\sum Z} = \frac{I \cdot (Z_{OA} + Z_{OB} + Z_{OC} + Z_{OD} + Z_{OE})}{Z_{OF}}$$

$$I_Y = \frac{11.54_{\angle -25.84} \cdot (0.515 + j0.202)}{0.29 + j0.11} = 18.62 - j8.76 = 20.58_{\angle -25.84} A$$

$$I_x = \sum i - I_Y = 57.74_{\angle -25.84} - 20.58_{\angle -25.84} = 37.16_{\angle -25.84} A$$

Una vez obtenidos estos datos debemos de suponer que todas las intensidades van en el mismo sentido para calcular el punto de mínima tensión:



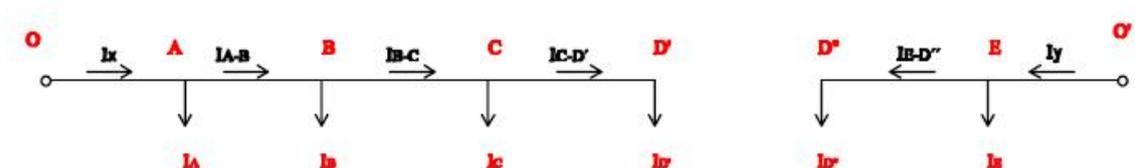
$$I_Y = 20.58_{\angle -25.84} A$$

$$I_{E-D} = I_Y - I_E = (18.52 - j8.96) - 11.54_{\angle -25.84} = (8.13 - j3.94) A$$

$$I_{D-C} = I_{E-D} - I_D = (8.13 - j3.94) - 11.54_{\angle -25.84} = (-2.25 + j1.09) A$$

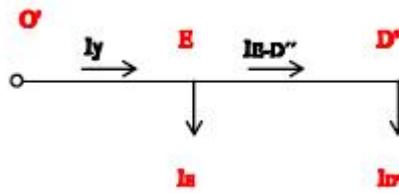
Al cambiar los dos signos con respecto de la intensidad principal ( $I_Y$ ) sabemos que el punto de mínima tensión es el punto D.

El circuito lo tenemos que separar en dos ramas y nos queda:



# PROYECTO FINAL DE CARRERA

Calculamos la caída de tensión de una rama ya que la de la otra será idéntica:



$$I_Y = 20.58_{\angle -25.84} A$$

$$I_{D'} = I_Y - I_E = 20.58_{\angle -25.84} - 11.54_{\angle -25.84} = (8.13 - j3.94) A$$

$$Z_{O'E} = Km \cdot (R + jX) = 0.28 \cdot (0.277 + j0.11) = 0.077 + j0.03 \Omega$$

$$Z_{ED'} = Km \cdot (R + jX) = 0.275 \cdot (0.277 + j0.11) = 0.076 + j0.03 \Omega$$

La caída de tensión viene expresada por:

$$\Delta U_{OD'} = \sqrt{3} \cdot [(I_{D'} \cdot Z_{ED'}) + (I_Y \cdot Z_{O'E})]$$

$$\Delta U_{OD'} = \sqrt{3} \cdot [(8.13 - j3.94) \cdot (0.076 + j0.03) + (20.58_{\angle -25.84}) \cdot (0.077 + j0.03)]$$

$$\Delta U_{OD'} = 4.2 - j0.33$$

En tanto por ciento nos queda:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U_{OA}}{U - \Delta U_{OA}} \cdot 100 = \frac{4.2 - j0.33}{20000 - (4.2 - j0.33)} \cdot 100 = 0.021\%$$

Al ser menor que el 5% la sección de 150mm<sup>2</sup> es válida.

## 2.1.4 Calculo Transformador Miniblock.

### 2.1.4.1 Intensidad de Media Tensión.

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_p} \quad (2.1.a)$$

Donde:

P potencia del transformador [kVA]

U<sub>p</sub> tensión primaria [kV]

I<sub>p</sub> intensidad primaria [A]

En el caso que nos ocupa, la tensión primaria de alimentación es de 20 kV.

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 400 kVA.

$$\cdot I_p = 11,5 \text{ A}$$

### 2.1.4.2 Intensidad de Baja Tensión.

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 400 kVA, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío.

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_s = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_s} \quad (2.2.a)$$

Donde:

P potencia del transformador [kVA]

$U_s$  tensión en el secundario [kV]

$I_s$  intensidad en el secundario [A]

La intensidad en las salidas de 420 V en vacío puede alcanzar el valor

$$\cdot I_s = 549,9 \text{ A.}$$

### 2.1.4.3 Cortocircuitos.

#### 2.1.4.3.1 Observaciones.

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito. se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de MT, valor especificado por la compañía eléctrica.

#### 2.1.4.3.2 Calculo de las intensidades de cortocircuito.

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, se utiliza la expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p} \quad (2.3.2.a)$$

donde:

$S_{cc}$  potencia de cortocircuito de la red [MVA]

$U_p$  tensión de servicio [kV]

$I_{ccp}$  corriente de cortocircuito [kA]

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot E_{cc} \cdot U_s} \quad (2.3.2.b)$$

donde:

- P potencia de transformador [kVA]
- $E_{cc}$  tensión de cortocircuito del transformador [%]
- $U_s$  tensión en el secundario [V]
- $I_{ccs}$  corriente de cortocircuito [kA]

### 2.1.4.3.3 Cortocircuito en el lado de Media Tensión.

Utilizando la expresión 2.3.2.a, en el que la potencia de cortocircuito es de 350 MVA y la tensión de servicio 20 kV, la intensidad de cortocircuito es :

- $I_{ccp} = 10,1 \text{ kA}$

### 2.1.4.3.4 Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Para el único transformador de este Centro de Transformación, la potencia es de 400 kVA, la tensión porcentual del cortocircuito del 4%, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío

La intensidad de cortocircuito en el lado de BT con 420 V en vacío será, según la fórmula 2.3.2.b:

- $I_{ccs} = 13,7 \text{ kA}$

### 2.1.4.4 Dimensionado del embarrado.

Las celdas fabricadas por ORMAZABAL han sido sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las placas de características, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento de celdas.

#### 2.1.4.4.1 Comprobación por densidad de corriente.

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material conductor. Esto, además de mediante cálculos

teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 400 A.

### **2.1.4.4.2 Comprobación por sollicitación electrodinámica.**

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito calculada en el apartado 2.3.2.a de este capítulo, por lo que:

- $I_{cc}(din) = 25,3 \text{ kA}$

### **2.1.4.4.3 Comprobación por sollicitación térmica.**

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aparatamenta por defecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor. En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

- $I_{cc}(ter) = 10,1 \text{ kA}$ .

### **2.1.4.5 Protección contra sobrecargas y cortocircuitos.**

Los transformadores están protegidos tanto en MT como en BT. En MT la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, mientras que en BT la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de salida.

Transformador

La protección en MT de este transformador se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles, siendo éstos los que efectúan la protección ante eventuales cortocircuitos.

Estos fusibles realizan su función de protección de forma ultrarrápida (de tiempos inferiores a los de los interruptores automáticos), ya que su fusión evita incluso el paso del máximo de las corrientes de cortocircuitos por toda la instalación.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el funcionamiento continuado a la intensidad nominal, requerida para esta aplicación.
- No producir disparos durante el arranque en vacío de los transformadores, tiempo en el que la intensidad es muy superior a la nominal y de una duración intermedia.

- No producir disparos cuando se producen corrientes de entre 10 y 20 veces la nominal, siempre que su duración sea inferior a 0,1 s, evitando así que los fenómenos transitorios provoquen interrupciones del suministro.

Sin embargo, los fusibles no constituyen una protección suficiente contra las sobrecargas, que tendrán que ser evitadas incluyendo un relé de protección de transformador, o si no es posible, una protección térmica del transformador.

La intensidad nominal de estos fusibles es de 25 A.

El termómetro verifica que la temperatura del dieléctrico del transformador no supera los valores máximos admisibles.

Las salidas de BT cuentan con fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad nominal exigida a esa salida y un poder de corte como mínimo igual a la corriente de cortocircuito correspondiente, según lo calculado.

#### **2.1.4.6 Dimensionado de los puentes de MT**

Los cables que se utilizan en esta instalación, descritos en la memoria, deberán ser capaces de soportar los parámetros de la red.

Transformador 1

La intensidad nominal demandada por este transformador es igual a 11,5 A que es inferior al valor máximo admisible por el cable.

Este valor es de 150 A para un cable de sección de 50 mm<sup>2</sup> de Al según el fabricante.

#### **2.1.4.7 Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación.**

***Se considera de interés la realización de ensayos de homologación de los Centros de Transformación.***

El edificio empleado en esta aplicación ha sido homologado según los protocolos obtenidos en laboratorio Labein (Vizcaya - España):

- 9901B024-BE-LE-01, para ventilación de transformador de potencia hasta 400 kVA
- 9901B024-BE-LE-02, para ventilación de transformador de potencia hasta 630 kVA

## **2.1.4.8 Dimensionado del pozo apagafuegos**

Se dispone de un foso de recogida de aceite de 400 l de capacidad por cada transformador cubierto de grava para la absorción del fluido y para prevenir el vertido del mismo hacia el exterior y minimizar el daño en caso de fuego.

## **2.1.4.9 Calculo de las instalaciones de puesta a tierra.**

### **2.1.4.9.1 Investigación de las características del suelo.**

El Reglamento de Alta Tensión indica que para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina la resistividad media en 350 Ohm·m.

### **2.1.4.9.2 Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.**

En las instalaciones de MT de tercera categoría, los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

De la red:

- Tipo de neutro. El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.
- Tipo de protecciones. Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.

No obstante, y dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando la intensidad máxima empírica y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben ser indicados por la compañía eléctrica.

Intensidad máxima de defecto:

$$(2.9.2.a) \quad I_{d \max \text{ cal.}} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_n^2 + X_n^2}}$$

Donde:

- $U_n$  Tensión de servicio [kV]
- $R_n$  Resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm]
- $X_n$  Reactancia de puesta a tierra del neutro [Ohm]
- $I_{d \max \text{ cal.}}$  Intensidad máxima calculada [A]

La  $I_d \max$  en este caso será, según la fórmula 2.9.2.a :

$$I_{d \max \text{ cal.}} = 461,88 \text{ A}$$

Superior o similar al valor establecido por la compañía eléctrica que es de:

$$I_{d \max} = 400 \text{ A}$$

### 2.1.4.9.3 Diseño preliminar de la instalación de tierra.

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en las configuraciones tipo presentadas en el Anexo 2 del método de cálculo de instalaciones de puesta a tierra de UNESA, que esté de acuerdo con la forma y dimensiones del Centro de Transformación, según el método de cálculo desarrollado por este organismo.

### 2.1.4.9.4 Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

Características de la red de alimentación:

- Tensión de servicio:  $U_r = 20 \text{ kV}$

Puesta a tierra del neutro:

- Resistencia del neutro  $R_n = 0 \text{ Ohm}$
- Reactancia del neutro  $X_n = 25 \text{ Ohm}$

- Limitación de la intensidad a tierra  $I_{dm} = 400 \text{ A}$

Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT:

- $V_{bt} = 10000 \text{ V}$

Características del terreno:

- Resistencia de tierra  $R_o = 350 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$
- Resistencia del hormigón  $R'o = 3000 \text{ Ohm}$

La resistencia máxima de la puesta a tierra de protección del edificio, y la intensidad del defecto salen de:

$$I_d \cdot R_t \leq V_{bt} \quad (2.9.4.a)$$

donde:

- $I_d$  intensidad de falta a tierra [A]  
 $R_t$  resistencia total de puesta a tierra [Ohm]  
 $V_{bt}$  tensión de aislamiento en baja tensión [V]

La intensidad del defecto se calcula de la siguiente forma:

$$I_d = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} \quad (2.9.4.b)$$

donde:

- $U_n$  tensión de servicio [V]  
 $R_n$  resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm]  
 $R_t$  resistencia total de puesta a tierra [Ohm]  
 $X_n$  reactancia de puesta a tierra del neutro [Ohm]  
 $I_d$  intensidad de falta a tierra [A]

Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

- $I_d = 230,94 \text{ A}$

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

La resistencia total de puesta a tierra preliminar:

- $R_t = 43,3 \text{ Ohm}$

Se selecciona el electrodo tipo (de entre los incluidos en las tablas, y de aplicación en este caso concreto, según las condiciones del sistema de tierras) que cumple el requisito de tener una  $K_r$  más cercana inferior o igual a la calculada para este caso y para este centro.

Valor unitario de resistencia de puesta a tierra del electrodo:

$$K_r \leq \frac{R_t}{R_o} \quad (2.9.4.c)$$

Donde:

$R_t$  resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

$R_o$  resistividad del terreno en [Ohm·m]

$K_r$  coeficiente del electrodo

- Centro de Transformación

Para nuestro caso particular, y según los valores antes indicados:

- $K_r \leq 0,1237$

La configuración adecuada para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 50-25/5/42
- Geometría del sistema: Anillo rectangular
- Distancia de la red: 5.0x2.5 m
- Profundidad del electrodo horizontal: 0,5 m
- Número de picas: cuatro
- Longitud de las picas: 2 metros

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

Parámetros característicos del electrodo:

- De la resistencia  $K_r = 0,097$
- De la tensión de paso  $K_p = 0,0221$
- De la tensión de contacto  $K_c = 0,0483$

Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto.

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, se adaptan las siguientes medidas de seguridad:

- Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del Edificio/s no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.
- En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra del mismo.
- En el caso de instalar las picas en hilera, se dispondrán alineadas con el frente del edificio.
- Alrededor del edificio de maniobra exterior se colocará una acera perimetral de 1 m de ancho con un espesor suficiente para evitar tensiones de contacto cuando se maniobran los equipos desde el exterior.

El valor real de la resistencia de puesta a tierra del edificio será:

$$R'_t = K_r \cdot R_o \quad (2.9.4.d)$$

Donde:

- $K_r$  coeficiente del electrodo
- $R_o$  resistividad del terreno en [Ohm·m]
- $R'_t$  resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

por lo que para el Centro de Transformación:

$$\cdot R'_t = 33,95 \text{ Ohm}$$

y la intensidad de defecto real, tal y como indica la fórmula (2.9.4.b):

$$\cdot I'_d = 273,87 \text{ A}$$

### 2.1.4.9.5 Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación.

En los edificios de maniobra exterior no existen posibles tensiones de paso en el interior ya que no se puede acceder al interior de los mismos.

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, es necesario una acera perimetral, en la cual no se precisa el cálculo de las tensiones de paso y de contacto desde esta acera con el interior, ya que éstas son prácticamente nulas. Se considera que la acera perimetral es parte del edificio.

La tensión de defecto vendrá dada por:

$$V'_d = R'_t \cdot I'_d \quad (2.9.5.a)$$

donde:

$R'_t$  resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

$I'_d$  intensidad de defecto [A]

$V'_d$  tensión de defecto [V]

por lo que en el Centro de Transformación:

$$\cdot V'_d = 9298,05 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$V'_c = K_c \cdot R_o \cdot I'_d \quad (2.9.5.b)$$

donde:

- $K_c$     coeficiente
- $R_o$     resistividad del terreno en [Ohm·m]
- $I'_d$     intensidad de defecto [A]
- $V'_c$     tensión de paso en el acceso [V]

por lo que tendremos en el Centro de Transformación:

$$\cdot V'_c = 4629,85 \text{ V}$$

### 2.1.4.9.6 Calculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación.

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de contacto en el exterior de la instalación, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Tensión de paso en el exterior:

$$V'_p = K_p \cdot R_o \cdot I'_d \quad (2.9.6.a)$$

Donde:

- $K_p$     coeficiente
- $R_o$     resistividad del terreno en [Ohm·m]
- $I'_d$     intensidad de defecto [A]
- $V'_p$     tensión de paso en el exterior [V]

Por lo que, para este caso:

$$\cdot V'_p = 2118,42 \text{ V en el Centro de Transformación}$$

### 2.1.4.9.7 Calculo de las tensiones aplicadas.

- Centro de Transformación

Los valores admisibles son para una duración total de la falta igual a:

$$\cdot t = 0,7 \text{ seg} \quad K = 72 \quad n = 1$$

Tensión de paso en el exterior:

$$V_p = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left( 1 + \frac{6 \cdot R_o}{1000} \right)$$

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

Donde:

- K      coeficiente
  - t      tiempo total de duración de la falta [s]
  - n      coeficiente
  - R<sub>o</sub>    resistividad del terreno en [Ohm·m]
  - V<sub>p</sub>    tensión admisible de paso en el exterior [V]
- por lo que, para este caso

- V<sub>p</sub> = 3188,57 V
-

La tensión de paso en el acceso al edificio:

$$V_{p(acc)} = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left( 1 + \frac{3 \cdot R_o + 3 \cdot R'_o}{1000} \right) \quad (2.9.7.b)$$

Donde:

- K      coeficiente
- t      tiempo total de duración de la falta [s]
- n      coeficiente
- R<sub>o</sub>    resistividad del terreno en [Ohm·m]
- R'<sub>o</sub>    resistividad del hormigón en [Ohm·m]
- V<sub>p(acc)</sub> tensión admisible de paso en el acceso [V]

Por lo que, para este caso

- V<sub>p(acc)</sub> = 11365,71 V

Comprobamos ahora que los valores calculados para el caso de este Centro de Transformación son inferiores a los valores admisibles:

Tensión de paso en el exterior del centro:

- V'<sub>p</sub> = 2118,42 V < V<sub>p</sub> = 3188,57 V

Tensión de paso en el acceso al centro:

- V'<sub>p(acc)</sub> = 4629,85 V < V<sub>p(acc)</sub> = 11365,71 V

Tensión de defecto:

- $V'd = 9298,05 \text{ V} < V_{bt} = 10000 \text{ V}$

Intensidad de defecto:

- $I_a = 50 \text{ A} < I_d = 273,87 \text{ A} < I_{dm} = 400 \text{ A}$

### 2.1.4.9.8 Investigación de las tensiones transferidas al exterior.

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando así que afecten a los usuarios, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas, siempre que la tensión de defecto supere los 1000V.

En este caso es imprescindible mantener esta separación, al ser la tensión de defecto superior a los 1000 V indicados.

La distancia mínima de separación entre los sistemas de tierras viene dada por la expresión:

$$D = \frac{R_o \cdot I'_d}{2000 \cdot \pi} \quad (2.9.8.a)$$

Donde:

$R_o$  resistividad del terreno en [Ohm·m]

$I'_d$  intensidad de defecto [A]

D distancia mínima de separación [m]

Para este Centro de Transformación:

- $D = 15,26 \text{ m}$

Se conectará a este sistema de tierras de servicio el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características del sistema de tierras de servicio son las siguientes:

- Identificación: 8/42 (según método UNESA)
- Geometría: Picas alineadas

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

- Número de picas: cuatro
- Longitud entre picas: 2 metros
- Profundidad de las picas: 0,8 m

Los parámetros según esta configuración de tierras son:

- $K_r = 0,1$
- $K_c = 0,0127$

El criterio de selección de la tierra de servicio es no ocasionar en el electrodo una tensión superior a 24 V cuando existe un defecto a tierra en una instalación de BT protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 650 mA. Para ello la resistencia de puesta a tierra de servicio debe ser inferior a 37 Ohm.

$$R_{tserv} = K_r \cdot R_o = 0,1 \cdot 350 = 35 < 37 \text{ Ohm}$$

Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, protegido con tubo de PVC de grado de protección 7 como mínimo, contra daños mecánicos.

### **2.1.4.9.9 Corrección y ajuste del diseño inicial.**

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

No obstante, se puede ejecutar cualquier configuración con características de protección mejores que las calculadas, es decir, atendiendo a las tablas adjuntas al Método de Cálculo de Tierras de UNESA, con valores de "K<sub>r</sub>" inferiores a los calculados, sin necesidad de repetir los cálculos, independientemente de que se cambie la profundidad de enterramiento, geometría de la red de tierra de protección, dimensiones, número de picas o longitud de éstas, ya que los valores de tensión serán inferiores a los calculados en este caso.

## 2.1.5 Calculo Transformador de reparto PFU-4.

### 2.1.5.1 Intensidad de Media Tensión.

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_p} \quad (2.1.a)$$

Donde:

P potencia del transformador [kVA]

U<sub>p</sub> tensión primaria [kV]

I<sub>p</sub> intensidad primaria [A]

En el caso que nos ocupa, la tensión primaria de alimentación es de 20 kV.

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 400 kVA.

$$\cdot I_p = 11,5 \text{ A}$$

### 2.1.5.2 Intensidad de Baja Tensión.

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 400 kVA, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío.

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_s = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_s} \quad (2.2.a)$$

Donde:

P potencia del transformador [kVA]

U<sub>s</sub> tensión en el secundario [kV]

I<sub>s</sub> intensidad en el secundario [A]

La intensidad en las salidas de 420 V en vacío puede alcanzar el valor I<sub>s</sub> = 549,9 A.

## 2.1.5.3 Cortocircuitos.

### 2.1.5.3.3 Observaciones.

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito. se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de MT, valor especificado por la compañía eléctrica.

#### 2.1.5.3.2 Calculo de las intensidades de cortocircuito.

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, se utiliza la expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p} \quad (2.3.2.a)$$

donde:

$S_{cc}$  potencia de cortocircuito de la red [MVA]

$U_p$  tensión de servicio [kV]

$I_{ccp}$  corriente de cortocircuito [kA]

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot E_{cc} \cdot U_s} \quad (2.3.2.b)$$

donde:

$P$  potencia de transformador [kVA]

$E_{cc}$  tensión de cortocircuito del transformador [%]

$U_s$  tensión en el secundario [V]

$I_{ccs}$  corriente de cortocircuito [kA]

#### 2.1.5.3.3 Cortocircuito en el lado de Media Tensión.

Utilizando la expresión 2.3.2.a, en el que la potencia de cortocircuito es de 350 MVA y la tensión de servicio 20 kV, la intensidad de cortocircuito es:  $I_{ccp} = 10,1$  kA

### **2.1.5.3.4 Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.**

Para el único transformador de este Centro de Transformación, la potencia es de 400 kVA, la tensión porcentual del cortocircuito del 4%, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío

La intensidad de cortocircuito en el lado de BT con 420 V en vacío será, según la fórmula 2.3.2.b:

$$\cdot I_{ccs} = 13,7 \text{ kA}$$

### **2.1.5.4 Dimensionado del embarrado.**

Las celdas fabricadas por ORMAZABAL han sido sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las placas de características, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento de celdas.

#### **2.1.5.4.1 Comprobación por densidad de corriente.**

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material conductor. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 400 A.

#### **2.1.5.4.2 Comprobación por sollicitación electrodinámica.**

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito calculada en el apartado 2.3.2.a de este capítulo, por lo que:

$$\cdot I_{cc(din)} = 25,3 \text{ kA}$$

#### **2.1.5.4.3 Comprobación por sollicitación térmica.**

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aparamenta por defecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor. En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

$$\cdot I_{cc(ter)} = 10,1 \text{ kA.}$$

### 2.1.5.5 Protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

Los transformadores están protegidos tanto en MT como en BT. En MT la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, mientras que en BT la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de salida.

#### Transformador

La protección en MT de este transformador se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles, siendo éstos los que efectúan la protección ante eventuales cortocircuitos.

Estos fusibles realizan su función de protección de forma ultrarrápida (de tiempos inferiores a los de los interruptores automáticos), ya que su fusión evita incluso el paso del máximo de las corrientes de cortocircuitos por toda la instalación.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el funcionamiento continuado a la intensidad nominal, requerida para esta aplicación.
- No producir disparos durante el arranque en vacío de los transformadores, tiempo en el que la intensidad es muy superior a la nominal y de una duración intermedia.
- No producir disparos cuando se producen corrientes de entre 10 y 20 veces la nominal, siempre que su duración sea inferior a 0,1 s, evitando así que los fenómenos transitorios provoquen interrupciones del suministro.

Sin embargo, los fusibles no constituyen una protección suficiente contra las sobrecargas, que tendrán que ser evitadas incluyendo un relé de protección de transformador, o si no es posible, una protección térmica del transformador.

La intensidad nominal de estos fusibles es de 25 A.

La celda de protección de este transformador no incorpora relé, al considerarse suficiente el empleo de las otras protecciones.

#### Termómetro

El termómetro verifica que la temperatura del dieléctrico del transformador no supera los valores máximos admisibles.

- Protecciones en BT

Las salidas de BT cuentan con fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad nominal exigida a esa salida y un poder de corte como mínimo igual a la corriente de cortocircuito correspondiente, según lo calculado en el apartado 2.3.4.

### **2.1.5.6 Dimensionado de los puentes de MT**

Los cables que se utilizan en esta instalación, descritos en la memoria, deberán ser capaces de soportar los parámetros de la red.

Transformador 1

La intensidad nominal demandada por este transformador es igual a 11,5 A que es inferior al valor máximo admisible por el cable.

Este valor es de 150 A para un cable de sección de 50 mm<sup>2</sup> de Al según el fabricante.

### **2.1.5.7 Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación.**

***Se considera de interés la realización de ensayos de homologación de los Centros de Transformación.***

El edificio empleado en esta aplicación ha sido homologado según los protocolos obtenidos en laboratorio Labein (Vizcaya - España):

- 97624-1-E, para ventilación de transformador de potencia hasta 1000 kVA
- 960124-CJ-EB-01, para ventilación de transformador de potencia hasta 1600 kVA

### **2.1.5.8 Dimensionado del pozo apagafuegos.**

Se dispone de un foso de recogida de aceite de 600 l de capacidad por cada transformador cubierto de grava para la absorción del fluido y para prevenir el vertido del mismo hacia el exterior y minimizar el daño en caso de fuego.

### **2.1.5.9 Calculo de las instalaciones de puesta a tierra.**

#### **2.1.5.9.1 Investigación de las características del suelo**

El Reglamento de Alta Tensión indica que para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina la resistividad media en 350 Ohm·m.

### 2.1.5.9.2 Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.

En las instalaciones de MT de tercera categoría, los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

De la red:

- Tipo de neutro. El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.
- Tipo de protecciones. Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.

No obstante, y dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando la intensidad máxima empírica y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben ser indicados por la compañía eléctrica.

Intensidad máxima de defecto:

$$(2.9.2.a) \quad I_{d \max \text{ cal.}} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_n^2 + X_n^2}}$$

Donde:

$U_n$  Tensión de servicio [kV]

$R_n$  Resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

$X_n$  Reactancia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

$I_{d \max \text{ cal.}}$  Intensidad máxima calculada [A]

La  $I_{d \max}$  en este caso será, según la fórmula 2.9.2.a :

$$I_{d \max \text{ cal.}} = 461,88 \text{ A}$$

Superior o similar al valor establecido por la compañía eléctrica que es de:

$$I_{d \max} = 400 \text{ A}$$

### 2.1.5.9.3 Diseño preliminar de la instalación de tierra

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en las configuraciones tipo presentadas en el Anexo 2 del método de cálculo de instalaciones de puesta a tierra de UNESA, que esté de acuerdo con la forma y dimensiones del Centro de Transformación, según el método de cálculo desarrollado por este organismo.

### 2.1.5.9.4 Cálculo de la resistencia del sistema de tierra

Características de la red de alimentación:

- Tensión de servicio:  $U_r = 20 \text{ kV}$

Puesta a tierra del neutro:

- Resistencia del neutro  $R_n = 0 \text{ Ohm}$
- Reactancia del neutro  $X_n = 25 \text{ Ohm}$
- Limitación de la intensidad a tierra  $I_{dm} = 400 \text{ A}$

Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT:

- $V_{bt} = 10000 \text{ V}$

Características del terreno:

- Resistencia de tierra  $R_o = 350 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$
- Resistencia del hormigón  $R'_{o} = 3000 \text{ Ohm}$

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

La resistencia máxima de la puesta a tierra de protección del edificio, y la intensidad del defecto salen de:

$$I_d \cdot R_t \leq V_{bt} \quad (2.9.4.a)$$

Donde:

$I_d$  intensidad de falta a tierra [A]

$R_t$  resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

$V_{bt}$  tensión de aislamiento en baja tensión [V]

La intensidad del defecto se calcula de la siguiente forma:

$$I_d = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} \quad (2.9.4.b)$$

Donde:

$U_n$  tensión de servicio [V]

$R_n$  resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

$R_t$  resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

$X_n$  reactancia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

$I_d$  intensidad de falta a tierra [A]

Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

$$\cdot I_d = 230,94 \text{ A}$$

La resistencia total de puesta a tierra preliminar:

$$\cdot R_t = 43,3 \text{ Ohm}$$

Se selecciona el electrodo tipo (de entre los incluidos en las tablas, y de aplicación en este caso concreto, según las condiciones del sistema de tierras) que cumple el requisito de tener una  $K_r$  más cercana inferior o igual a la calculada para este caso y para este centro.

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

Valor unitario de resistencia de puesta a tierra del electrodo:

$$K_r \leq \frac{R_t}{R_o} \quad (2.9.4.c)$$

Donde:

$R_t$  resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

$R_o$  resistividad del terreno en [Ohm·m]

$K_r$  coeficiente del electrodo

- Centro de Transformación

Para nuestro caso particular, y según los valores antes indicados:

- $K_r \leq 0,1237$

La configuración adecuada para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 50-25/5/42
- Geometría del sistema: Anillo rectangular
- Distancia de la red: 5.0x2.5 m
- Profundidad del electrodo horizontal: 0,5 m
- Número de picas: cuatro
- Longitud de las picas: 2 metros

Parámetros característicos del electrodo:

- De la resistencia  $K_r = 0,097$
- De la tensión de paso  $K_p = 0,0221$
- De la tensión de contacto  $K_c = 0,0483$

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto.

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, se adaptan las siguientes medidas de seguridad:

- Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del Edificio/s no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.
- En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra del mismo.
- En el caso de instalar las picas en hilera, se dispondrán alineadas con el frente del edificio.

El valor real de la resistencia de puesta a tierra del edificio será:

$$R'_t = K_r \cdot R_o \quad (2.9.4.d)$$

Donde:

$K_r$      coeficiente del electrodo

$R_o$      resistividad del terreno en [Ohm·m]

$R'_t$      resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

Por lo que para el Centro de Transformación:

- $R'_t = 33,95 \text{ Ohm}$

y la intensidad de defecto real, tal y como indica la fórmula (2.9.4.b):

- $I'd = 273,87 \text{ A}$

### 2.1.5.9.5 Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de paso y contacto en el interior en los edificios de maniobra interior, ya que éstas son prácticamente nulas.

La tensión de defecto vendrá dada por:

$$V'_d = R'_t \cdot I'_d \quad (2.9.5.a)$$

Donde:

$R'_t$  resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

$I'_d$  intensidad de defecto [A]

$V'_d$  tensión de defecto [V]

Por lo que en el Centro de Transformación:

$$\cdot V'd = 9298,05 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$V'_c = K_c \cdot R_o \cdot I'_d \quad (2.9.5.b)$$

Donde:

$K_c$  coeficiente

$R_o$  resistividad del terreno en [Ohm·m]

$I'_d$  intensidad de defecto [A]

$V'_c$  tensión de paso en el acceso [V]

Por lo que tendremos en el Centro de Transformación:

$$\cdot V'c = 4629,85 \text{ V}$$

### 2.1.5.9.6 Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de contacto en el exterior de la instalación, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Tensión de paso en el exterior:

$$V'_p = K_p \cdot R_o \cdot I'_d$$

Donde:

$K_p$  coeficiente

$R_o$  resistividad del terreno en [Ohm·m]

$I'_d$  intensidad de defecto [A]

$V'_p$  tensión de paso en el exterior [V]

Por lo que, para este caso:

- $V'_p = 2118,42$  V en el Centro de Transformación

### 2.1.5.9.7 Cálculo de las tensiones aplicadas

- Centro de Transformación

Los valores admisibles son para una duración total de la falta igual a:

- $t = 0,7$  seg

- $K = 72$

- $n = 1$

Tensión de paso en el exterior:

$$V_p = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left( 1 + \frac{6 \cdot R_o}{1000} \right) \quad \text{Donde:} \quad (2.9.7.a)$$

$K$  coeficiente

$t$  tiempo total de duración de la falta [s]

$n$  coeficiente

$R_o$  resistividad del terreno en [Ohm·m]

$V_p$  tensión admisible de paso en el exterior [V]

Por lo que, para este caso

- $V_p = 3188,57$  V

La tensión de paso en el acceso al edificio:

$$V_{p(acc)} = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left( 1 + \frac{3 \cdot R_o + 3 \cdot R'_o}{1000} \right) \quad (2.9.7.b)$$

Donde:

K      coeficiente

t      tiempo total de duración de la falta [s]

n      coeficiente

R<sub>o</sub>    resistividad del terreno en [Ohm·m]

R'<sub>o</sub>    resistividad del hormigón en [Ohm·m]

V<sub>p(acc)</sub> tensión admisible de paso en el acceso [V]

Por lo que, para este caso

$$\cdot V_{p(acc)} = 11365,71 \text{ V}$$

Comprobamos ahora que los valores calculados para el caso de este Centro de Transformación son inferiores a los valores admisibles:

Tensión de paso en el exterior del centro:

$$\cdot V'_p = 2118,42 \text{ V} < V_p = 3188,57 \text{ V}$$

Tensión de paso en el acceso al centro:

$$\cdot V'_{p(acc)} = 4629,85 \text{ V} < V_{p(acc)} = 11365,71 \text{ V}$$

Tensión de defecto:

$$\cdot V'_d = 9298,05 \text{ V} < V_{bt} = 10000 \text{ V}$$

Intensidad de defecto:

$$\cdot I_a = 50 \text{ A} < I_d = 273,87 \text{ A} < I_{dm} = 400 \text{ A}$$

### 2.1.5.9.8 Investigación de las tensiones transferibles al exterior

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando así que afecten a los usuarios, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas, siempre que la tensión de defecto supere los 1000V.

En este caso es imprescindible mantener esta separación, al ser la tensión de defecto superior a los 1000 V indicados.

La distancia mínima de separación entre los sistemas de tierras viene dada por la expresión:

$$D = \frac{R_o \cdot I'_d}{2000 \cdot \pi} \quad (2.9.8.a)$$

Donde:

$R_o$  resistividad del terreno en [Ohm·m]

$I'_d$  intensidad de defecto [A]

D distancia mínima de separación [m]

Para este Centro de Transformación:

- D = 15,26 m

Se conectará a este sistema de tierras de servicio el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características del sistema de tierras de servicio son las siguientes:

- Identificación: 5/42 (según método UNESA)
- Geometría: Picas alineadas
- Número de picas: cuatro
- Longitud entre picas: 2 metros
- Profundidad de las picas: 0,5 m

Los parámetros según esta configuración de tierras son:

- $K_r = 0,104$
- $K_c = 0,0184$

El criterio de selección de la tierra de servicio es no ocasionar en el electrodo una tensión superior a 24 V cuando existe un defecto a tierra en una instalación de BT protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 650 mA. Para ello la resistencia de puesta a tierra de servicio debe ser inferior a 37 Ohm.

$$R_{tserv} = K_r \cdot R_o = 0,104 \cdot 350 = 36,4 < 37 \text{ Ohm}$$

Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, protegido con tubo de PVC de grado de protección 7 como mínimo, contra daños mecánicos.

### **2.1.5.9.9 Corrección y ajuste del diseño inicial.**

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

No obstante, se puede ejecutar cualquier configuración con características de protección mejores que las calculadas, es decir, atendiendo a las tablas adjuntas al Método de Cálculo de Tierras de UNESA, con valores de "K<sub>r</sub>" inferiores a los calculados, sin necesidad de repetir los cálculos, independientemente de que se cambie la profundidad de enterramiento, geometría de la red de tierra de protección, dimensiones, número de picas o longitud de éstas, ya que los valores de tensión serán inferiores a los calculados en este caso.

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

## 2.2 Cálculos de Baja Tensión.

### 2.2.1 Potencia prevista.

La potencia prevista para este proyecto viene repartida en parcelas, de las cuales disponemos de 7 parcelas con electrificación elevada (1, 4, 5, 6, 7, 8,9), 2 parcelas de electrificación básica (2,3), un equipamiento social, un equipamiento educativo, jardines y alumbrado de viales.

#### - Parcela 1

Dispone de 11 viviendas unifamiliares de electrificación elevada cuya potencia por vivienda es de 9,2 KW. Estas viviendas se dividen en 5 cajas generales de protección de 18,4 KW y una de 9,2 KW, quedándonos una potencia prevista de 101,2 KW

#### - Parcela 2

Es un edificio el cual dispone de 95 viviendas de electrificación básica (5.75KW) el cual dividimos en 9 escaleras:

5 escaleras de 5 plantas con 2 viviendas por planta más 1 ático

4 escaleras de 5 plantas con 2 viviendas por planta

El garaje tiene una superficie de 4067m<sup>2</sup>, si consideramos que la superficie útil es del 80% nos queda una superficie de 3253,6m<sup>2</sup> a 20W/m<sup>2</sup> tenemos una potencia de 65,07 KW. Si dividimos ésta potencia entre 4 zonas nos quedan 16,27 KW por zona.

Para cada escalera prevemos una potencia de 3 KW de alumbrado y 4,5 KW para el ascensor.

La distribución queda:

$$\text{CGP7} \rightarrow 11\text{EB} + \text{Ascensor} + \text{Alumbrado} = 11 \cdot 5.75 + 4.5 + 3 = 70.75\text{KW}$$

$$\text{CGP8} \rightarrow 11\text{EB} + \text{Ascensor} + \text{Alumbrado} = 11 \cdot 5.75 + 4.5 + 3 = 70.75\text{KW}$$

$$\text{CGP9} \rightarrow 11\text{EB} + \text{Ascensor} + \text{Alumbrado} = 11 \cdot 5.75 + 4.5 + 3 = 70.75\text{KW}$$

$$\text{CGP10} \rightarrow 11\text{EB} + \text{Ascensor} + \text{Alumbrado} = 11 \cdot 5.75 + 4.5 + 3 = 70.75\text{KW}$$

$$\text{CGP11} \rightarrow 11\text{EB} + \text{Ascensor} + \text{Alumbrado} = 11 \cdot 5.75 + 4.5 + 3 = 70.75\text{KW}$$

$$\text{CGP12} \rightarrow 10\text{EB} + \text{Ascensor} + \text{Alum} + \text{Garage} = 10 \cdot 5.75 + 4.5 + 3 + 16,27 = 81.27\text{KW}$$

$$\text{CGP13} \rightarrow 10\text{EB} + \text{Ascensor} + \text{Alum} + \text{Garage} = 10 \cdot 5.75 + 4.5 + 3 + 16,27 = 81.27\text{KW}$$

$$\text{CGP14} \rightarrow 10\text{EB} + \text{Ascensor} + \text{Alum} + \text{Garage} = 10 \cdot 5.75 + 4.5 + 3 + 16,27 = 81.27\text{KW}$$

$$\text{CGP15} \rightarrow 10\text{EB} + \text{Ascensor} + \text{Alum} + \text{Garage} = 10 \cdot 5.75 + 4.5 + 3 + 16,27 = 81.27\text{KW}$$

Potencia prevista total parcela  $\rightarrow$  P=678.8KW

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

### - Parcela 3

Es un edificio el cual dispone de 97 viviendas de electrificación básica (5.75KW) el cual dividimos en 9 escaleras:

7 escaleras de 5 plantas con 2 viviendas por planta más 1 ático

2 escaleras de 5 plantas con 2 viviendas por planta

El garaje tiene una superficie de 4178,4m<sup>2</sup>, si consideramos que la superficie útil es del 80% nos queda una superficie de 3342,6m<sup>2</sup> a 20W/m<sup>2</sup> tenemos una potencia de 66,85 KW. Si dividimos ésta potencia entre 4 zonas nos quedan 16,71 KW por zona.

Para cada escalera prevemos una potencia de 3 KW de alumbrado y 4,5 KW para el ascensor.

La distribución queda:

$$\text{CGP16} \rightarrow 11\text{EB} + \text{Ascensor} + \text{Alumbrado} = 11 \cdot 5.75 + 4.5 + 3 = 70.75\text{KW}$$

$$\text{CGP17} \rightarrow 11\text{EB} + \text{Ascensor} + \text{Alumbrado} = 11 \cdot 5.75 + 4.5 + 3 = 70.75\text{KW}$$

$$\text{CGP18} \rightarrow 11\text{EB} + \text{Ascensor} + \text{Alumbrado} = 11 \cdot 5.75 + 4.5 + 3 = 70.75\text{KW}$$

$$\text{CGP19} \rightarrow 11\text{EB} + \text{Ascensor} + \text{Alumbrado} = 11 \cdot 5.75 + 4.5 + 3 = 70.75\text{KW}$$

$$\text{CGP20} \rightarrow 11\text{EB} + \text{Ascensor} + \text{Alumbrado} = 11 \cdot 5.75 + 4.5 + 3 = 70.75\text{KW}$$

$$\text{CGP21} \rightarrow 11\text{EB} + \text{Ascensor} + \text{Alum} + \text{Garage} = 11 \cdot 5.75 + 4.5 + 3 + 16.71 = 87.46\text{KW}$$

$$\text{CGP22} \rightarrow 11\text{EB} + \text{Ascensor} + \text{Alum} + \text{Garage} = 11 \cdot 5.75 + 4.5 + 3 + 16.71 = 87.46\text{KW}$$

$$\text{CGP23} \rightarrow 10\text{EB} + \text{Ascensor} + \text{Alum} + \text{Garage} = 10 \cdot 5.75 + 4.5 + 3 + 16.71 = 81.71\text{KW}$$

$$\text{CGP24} \rightarrow 10\text{EB} + \text{Ascensor} + \text{Alum} + \text{Garage} = 10 \cdot 5.75 + 4.5 + 3 + 16.71 = 81.71\text{KW}$$

Potencia prevista total parcela  $\rightarrow P=692,1\text{KW}$

### - Parcela 4

Dispone de 20 viviendas unifamiliares de electrificación elevada cuya potencia por vivienda es de 9,2 KW. Estas viviendas se dividen en 10 cajas generales de protección de 18,4 KW, quedándonos una potencia prevista de 184 KW.

### - Parcela 5

Dispone de 24 viviendas unifamiliares de electrificación elevada cuya potencia por vivienda es de 9,2 KW. Estas viviendas se dividen en 12 cajas generales de protección de 18,4 KW, quedándonos una potencia prevista de 220,8 KW.

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

### - Parcela 6-A

Dispone de 17 viviendas unifamiliares de electrificación elevada cuya potencia por vivienda es de 9,2 KW. Estas viviendas se dividen en 8 cajas generales de protección de 18,4 KW y una de 9,2 KW, quedándonos una potencia prevista de 156,4 KW

### - Parcela 6-B

Dispone de 14 viviendas unifamiliares de electrificación elevada cuya potencia por vivienda es de 9,2 KW. Estas viviendas se dividen en 7 cajas generales de protección de 18,4 KW, quedándonos una potencia prevista de 128,8 KW.

### - Parcela 7

Dispone de 32 viviendas unifamiliares de electrificación elevada cuya potencia por vivienda es de 9,2 KW. Estas viviendas se dividen en 16 cajas generales de protección de 18,4 KW, quedándonos una potencia prevista de 294,4 KW.

### - Parcela 8

Dispone de 24 viviendas unifamiliares de electrificación elevada cuya potencia por vivienda es de 9,2 KW. Estas viviendas se dividen en 12 cajas generales de protección de 18,4 KW, quedándonos una potencia prevista de 220,8KW.

### - Parcela 9

Dispone de 23 viviendas unifamiliares de electrificación elevada cuya potencia por vivienda es de 9,2 KW. Estas viviendas se dividen en 11 cajas generales de protección de 18,4 KW y una de 9,2 KW, quedándonos una potencia prevista de 211,6 KW

### - Parcela ES

La parcela de equipamiento social tiene un área de 4350m<sup>2</sup> con una previsión de 10W/m<sup>2</sup>, por lo tanto nos queda una potencia prevista de 43,5KW. Si dividimos la parcela en dos partes nos quedan 2 cajas generales de protección de 21,75KW.

### - Parcela EE

La parcela de equipamiento educativo tiene un área de 15100m<sup>2</sup> con una previsión de 5W/m<sup>2</sup>, por lo tanto nos queda una potencia prevista de 75,5KW. Si dividimos la parcela en tres partes nos quedan 3 cajas generales de protección de 25,16KW.

### - Parcela EL1

La primera parcela ajardinada tiene un área de 3810m<sup>2</sup> para una previsión de 100W/30m<sup>2</sup>. Nos queda una potencia prevista para la parcela de 12,7KW.

### - Parcela EL2

La segunda parcela ajardinada tiene un área de 3480m<sup>2</sup> para una previsión de 100W/30m<sup>2</sup>. Nos queda una potencia de 11,6KW.

Además en la parcela añadimos un centro de mando para alumbrado de los viales de 20KW.

La potencia prevista de la parcela nos queda 31,6KW.

### - Parcela EL3

La tercera parcela ajardinada tiene un área de 1935m<sup>2</sup> para una previsión de 100W/30m<sup>2</sup>. Nos queda una potencia prevista para la parcela de 6,45KW.

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

### - Parcela EL4

La cuarta parcela ajardinada tiene un área de 3000m<sup>2</sup> para una previsión de 100W/30m<sup>2</sup>. Nos queda una potencia de 10KW.

Además en la parcela añadimos un centro de mando para alumbrado de los viales de 20KW.

La potencia prevista de la parcela nos queda 30KW.

### -Resumen de la previsión de la potencia prevista.

PARCELA	POTENCIA PREVISTA (KW)
1	101.2
2	678.8
3	692.1
4	184
5	220.8
6A	156.4
6B	128.8
7	294.4
8	220.8
9	211.6
Equipamiento Social	43.5
Equipamiento Educativo	75.5
1EL	12.7
2EL	31.6
3EL	6.45
4EL	30
<b>TOTAL</b>	<b>3088,65</b>

Ahora podemos calcular el número de transformadores a partir de la potencia aparente.

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{3088.65}{0.9} = 3431.83 \text{ KVA}$$

Esta potencia la multiplicamos por un coeficiente de simultaneidad establecido por Iberdrola.

$$S_T = S \cdot c \cdot s = 3431.83 \cdot 0.4 = 1372.73 \text{ KVA}$$

$$n^{\circ} \text{ trafos} = \frac{S_T}{S_{\text{Trafo}}} = \frac{1372.73}{400} = 3.43 \rightarrow 4 \text{ trafos}$$

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

Según la potencia prevista tendremos que colocar 4 transformadores pero por dificultades en las distancias de protección de los fusibles instalamos 5 transformadores.

### 2.2.3 Anillos CT1.

El transformador consta de dos anillos que alimentan a distintas parcelas de la urbanización.

#### 2.2.3.1 Datos y tablas de corrección para el cálculo de la sección y fusible de los anillos.

Para saber la sección del conductor debemos de tener en cuenta la intensidad que este soporta y la caída de tensión de este, la calculamos con las siguientes ecuaciones:

$$\Delta U\% = \frac{P \cdot L}{10 \cdot u^2} \cdot (R + X \operatorname{tg} \varphi)$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

Tipos de cable:

#### Resistencia y reactancia

Sección de fase en mm <sup>2</sup>	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros <sup>(1)</sup>						

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

Intensidad soportada por los distintos cables:

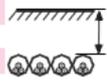
**TABLA A.1 (UNE 211435):  
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm <sup>2</sup>	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1) 
<b>ALUMINIO</b>			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390
<b>COBRE</b>			
25	125	105	115
50	185	155	185
95	260	225	285
150	340	300	390
240	445	400	540

Debemos de aplicar varios factores de corrección a la hora de elegir el cable obtenemos el factor de corrección del catálogo de Prysmian:

**TABLA A.8 (UNE 211435):  
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA DISTINTAS PROFUNDIDADES DE SOTERRAMIENTO (CABLES SOTERRADOS)**

Cables de 0,6/1 kV		
Profundidad, m	Soterrados	En tubular
0,50	1,04	1,03
0,60	1,02	1,01
0,70	1,00	1,00
0,80	0,99	0,99
1,00	0,97	0,97
1,25	0,95	0,96
1,50	0,93	0,95
1,75	0,92	0,94
2,00	0,91	0,93
2,50	0,89	0,91
3,00	0,88	0,90



**TABLA A.6 (UNE 211435):  
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA DISTINTAS TEMPERATURAS (CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS Y CABLES SOTERRADOS)**

Temperatura máxima del conductor °C	Temperatura del aire ambiente en cables en galerías, °C									
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
90*	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	
105	1,14	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	

Temperatura máxima del conductor °C	Temperatura del terreno en cables soterrados, °C									
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
90*	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78	
105	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,83	



\* Los cables para redes subterráneas de distribución (Retenax Flam, Retenax Flex, Retenax Flam armados y Al Voltalene Flamex) soportan un máximo de 90 °C en el conductor en régimen permanente.

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

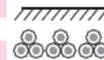
**TABLA A.7 (UNE 211435):**  
**FACTORES DE CORRECCIÓN PARA RESISTIVIDAD TÉRMICA DEL TERRENO DISTINTA DE 1,5 K-m/W (CABLES SOTERRADOS)**

Cables instalados en tubos soterrados. Un circuito por tubo							
Sección del conductor mm <sup>2</sup>	Resistividad del terreno						
	0,8 K-m/W	0,9 K-m/W	1 K-m/W	1,5 K-m/W	2 K-m/W	2,5 K-m/W	3 K-m/W
25	1,12	1,10	1,08	1,00	0,93	0,88	0,83
35	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,88	0,83
50	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,83
70	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
95	1,14	1,12	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
120	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
150	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
185	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
240	1,15	1,12	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
300	1,15	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
400	1,16	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81



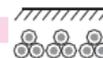
Si los cables van directamente enterrados tenemos:

Cables directamente soterrados en triángulo en contacto							
Sección del conductor mm <sup>2</sup>	Resistividad del terreno						
	0,8 K-m/W	0,9 K-m/W	1 K-m/W	1,5 K-m/W	2 K-m/W	2,5 K-m/W	3 K-m/W
25	1,25	1,20	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
35	1,25	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
50	1,26	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,74
70	1,27	1,22	1,17	1,00	0,89	0,81	0,74
95	1,28	1,22	1,18	1,00	0,89	0,80	0,74
120	1,28	1,22	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
150	1,28	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
185	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
240	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,73
300	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,80	0,73
400	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,79	0,73



**TABLA A.9.2 (UNE 211435):**  
**FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto					
Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

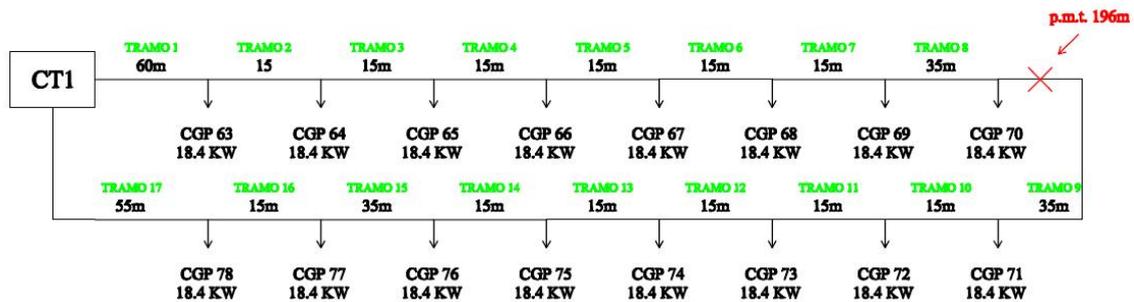


$$f.d.c = K_{\theta} \cdot K_{resistividad} \cdot K_{profundidad} \cdot K_{agrupamiento} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,85 = 0,85$$

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

## 2.2.3.2 Anillo 1 CT1.

El anillo consta del siguiente circuito.



### 2.2.3.2.1 Calculo punto de mínima tensión.

El cálculo del punto de mínima tensión se realiza a través de la siguiente fórmula:

$$p.m.t. = \frac{\sum(P \cdot L)}{\sum P}$$

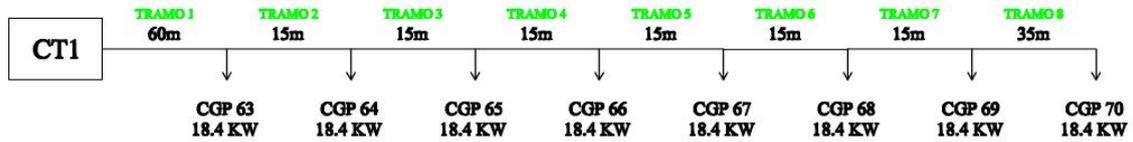
Con la ayuda de una tabla en Excel nos queda:

Calculo punto minina tension Anillo 1					
Tramo	Ltramo	Lorigen	Potencia	P*L	p.m.t.
1	60	60	18,4	1104	
2	15	75	18,4	1380	
3	15	90	18,4	1656	
4	15	105	18,4	1932	
5	15	120	18,4	2208	
6	15	135	18,4	2484	
7	15	150	18,4	2760	
8	35	185	18,4	3404	
9	35	220	18,4	4048	
10	15	235	18,4	4324	
11	15	250	18,4	4600	
12	15	265	18,4	4876	
13	15	280	18,4	5152	
14	15	295	18,4	5428	
15	35	330	18,4	6072	
16	15	345	18,4	6348	
17	55	400			
		400	294,4	57776	196,25

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

## 2.2.3.2.2 Calculo sección conductor y fusible RAMA1.

RAMA1:



RAMA 1 anillo 1						
Tramo	L tramo	Potencia	P tramo	I total	$\Delta U\%$	$\Delta U\%$ origen
1	60	18,4	147,2	236,07	0,877	0,877
2	15	18,4	128,8		0,192	1,069
3	15	18,4	110,4		0,164	1,233
4	15	18,4	92		0,137	1,370
5	15	18,4	73,6		0,110	1,480
6	15	18,4	55,2		0,082	1,562
7	15	18,4	36,8		0,055	1,617
8	35	18,4	18,4		0,064	1,681
	185					

$$I_{\text{corregida}} = \frac{I_t}{f.d.c.} = \frac{236.07}{0.85} = 277.73 \text{ A}$$

El cable de 150 mm<sup>2</sup> nos soporta como máximo una intensidad de 260 A con lo cual seleccionamos un cable de de 240 mm<sup>2</sup> cuya intensidad máxima admisible es de 340A

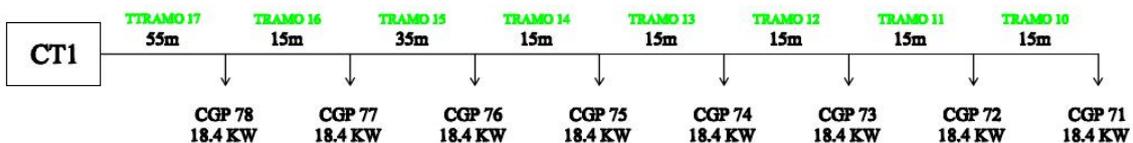
El fusible a seleccionar para una I=236.07 A es el de 250 A que nos cubre 260m >185m

CABLE: RV 0.6/1 KV 3 x 240 + 1 x 150 Al

FUSIBLE: I<sub>n</sub> = 250 A y 260m

## 2.2.3.2.3 Calculo sección conductor y fusible RAMA2.

RAMA2:



## PROYECTO FINAL DE CARRERA

RAMA 2 anillo 1						
Tramo	L tramo	Potencia	P tramo	I total	ΔU%	ΔU% origen
17	55	18,4	147,2	236,07	0,804	0,804
16	15	18,4	128,8		0,192	0,996
15	35	18,4	110,4		0,384	1,379
14	15	18,4	92		0,137	1,517
13	15	18,4	73,6		0,110	1,626
12	15	18,4	55,2		0,082	1,708
11	15	18,4	36,8		0,055	1,763
10	15	18,4	18,4		0,027	1,791
	180					

$$I_{\text{corregida}} = \frac{I_t}{f.d.c.} = \frac{236.07}{0.85} = 277.73A$$

El cable de 240 mm<sup>2</sup> nos soporta como máximo una intensidad de 340A con lo cual seleccionamos este cable.

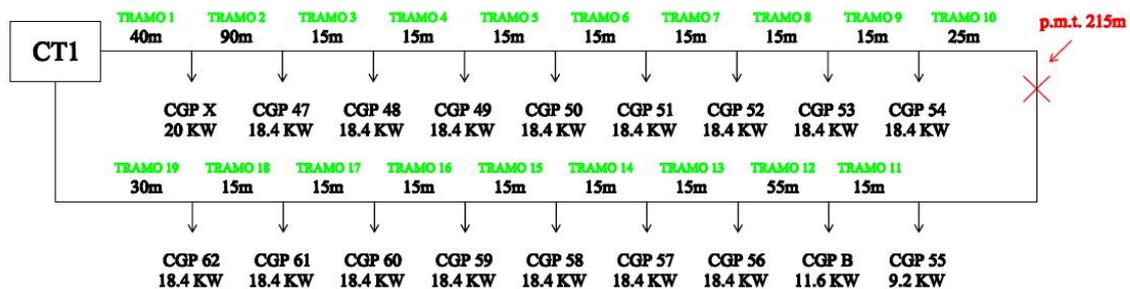
El fusible a seleccionar para una I=236.07 A es el de 250 A que nos cubre 260m >180m

CABLE: RV 0.6/1 KV 3 x 240 + 1 x 150 Al

FUSIBLE: In = 250 A y 260m

### 2.2.3.3 Anillo 2 CT1.

El anillo consta del siguiente circuito.



#### 2.2.3.3.1 Cálculo punto de mínima tensión.

El cálculo del punto de mínima tensión se realiza a través de la siguiente fórmula:

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

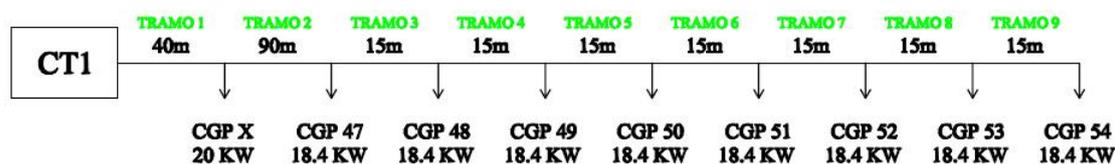
$$p.m.t. = \frac{\sum(P \cdot L)}{\sum P}$$

Con la ayuda de una tabla en Excel nos queda:

Calculo punto minima tension Anillo 2					
Tramo	Ltramo	Lorigen	Potencia	P*L	p.m.t.
1	40	40	20	800	
2	90	130	18,4	2392	
3	15	145	18,4	2668	
4	15	160	18,4	2944	
5	15	175	18,4	3220	
6	15	190	18,4	3496	
7	15	205	18,4	3772	
8	15	220	18,4	4048	
9	15	235	18,4	4324	
10	25	260	9,2	2392	
11	15	275	11,6	3190	
12	55	330	18,4	6072	
13	15	345	18,4	6348	
14	15	360	18,4	6624	
15	15	375	18,4	6900	
16	15	390	18,4	7176	
17	15	405	18,4	7452	
18	15	420	18,4	7728	
19	30	450			
		450	316,8	81546	257,41

### 2.2.3.3.2 Calculo sección conductor y fusible RAMA1.

RAMA1:



## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

RAMA 1 anillo 2						
Tramo	L tramo	Potencia	P tramo	I total	ΔU%	ΔU% origen
1	40	20	167,2	268,15	0,664	0,664
2	90	18,4	147,2		1,316	1,980
3	15	18,4	128,8		0,192	2,171
4	15	18,4	110,4		0,164	2,336
5	15	18,4	92		0,137	2,473
6	15	18,4	73,6		0,110	2,583
7	15	18,4	55,2		0,082	2,665
8	15	18,4	36,8		0,055	2,720
9	15	18,4	18,4		0,027	2,747
	235					

$$I_{\text{corregida}} = \frac{I_t}{f.d.c.} = \frac{268.15}{0.85} = 315.47 \text{ A}$$

El cable de 150 mm<sup>2</sup> nos soporta como máximo una intensidad de 260 A con lo cual seleccionamos un cable de 240 mm<sup>2</sup> cuya intensidad máxima admisible es de 340A

El fusible a seleccionar para una I=268.15 A es el de 250 A que nos cubre 260m >235m

CABLE: RV 0.6/1 KV 3 x 240 + 1 x 150 Al

FUSIBLE: I<sub>n</sub> = 250 A y 260m

### 2.2.3.3.3 Calculo sección conductor y fusible RAMA2.

RAMA2:



## PROYECTO FINAL DE CARRERA

RAMA 2 anillo 2						
Tramo	L tramo	Potencia	P tramo	I total	$\Delta U\%$	$\Delta U\%$ origen
19	30	18,4	149,6	239,92	0,446	0,446
18	15	18,4	131,2		0,195	0,641
17	15	18,4	112,8		0,168	0,809
16	15	18,4	94,4		0,141	0,950
15	15	18,4	76		0,113	1,063
14	15	18,4	57,6		0,086	1,149
13	15	18,4	39,2		0,058	1,207
12	55	11,6	20,8		0,114	1,321
11	15	9,2	9,2		0,014	1,334
	190					

$$I_{\text{corregida}} = \frac{I_t}{f.d.c.} = \frac{239.92}{0.85} = 282.25 \text{ A}$$

El cable de 240 mm<sup>2</sup> nos soporta como máximo una intensidad de 340A con lo cual seleccionamos este cable.

El fusible a seleccionar para una  $I = 239.92 \text{ A}$  es el de 250 A que nos cubre 260m > 190m

CABLE: RV 0.6/1 KV 3 x 240 + 1 x 150 Al

FUSIBLE: In = 250 A y 260m

### 2.2.4 Anillos CT2.

El transformador consta de dos anillos que alimentan a distintas parcelas de la urbanización.

#### 2.2.4.1 Datos y tablas de corrección para el cálculo de la sección y fusible de los anillos.

Para saber la sección del conductor debemos de tener en cuenta la intensidad que este soporta y la caída de tensión de este, la calculamos con las siguientes ecuaciones:

$$\Delta U\% = \frac{P \cdot L}{10 \cdot u^2} \cdot (R + X \operatorname{tg} \varphi)$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

Tipos de cable:

### Resistencia y reactancia

Sección de fase en mm <sup>2</sup>	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
<b>Longitudes en metros <sup>(1)</sup></b>						

Intensidad soportada por los distintos cables:

**TABLA A.1 (UNE 211435):**  
**CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

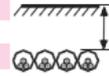
Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm <sup>2</sup>	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1) 
<b>ALUMINIO</b>			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390
<b>COBRE</b>			
25	125	105	115
50	185	155	185
95	260	225	285
150	340	300	390
240	445	400	540

Debemos de aplicar varios factores de corrección a la hora de elegir el cable obtenemos el factor de corrección del catálogo de Prysmian:

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

**TABLA A.8 (UNE 211435):  
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA DISTINTAS PROFUNDIDADES DE SOTERRAMIENTO (CABLES SOTERRADOS)**

Cables de 0,6/1 kV		
Profundidad, m	Soterrados	En tubular
0,50	1,04	1,03
0,60	1,02	1,01
0,70	1,00	1,00
0,80	0,99	0,99
1,00	0,97	0,97
1,25	0,95	0,96
1,50	0,93	0,95
1,75	0,92	0,94
2,00	0,91	0,93
2,50	0,89	0,91
3,00	0,88	0,90

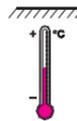
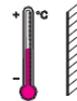


**TABLA A.6 (UNE 211435):  
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA DISTINTAS TEMPERATURAS (CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS Y CABLES SOTERRADOS)**

Temperatura máxima del conductor °C	Temperatura del aire ambiente en cables en galerías, °C									
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
90*	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	
105	1,14	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	

Temperatura máxima del conductor °C	Temperatura del terreno en cables soterrados, °C									
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
90*	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78	
105	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,83	



\* Los cables para redes subterráneas de distribución (Retenax Flam, Retenax Flex, Retenax Flam armados y Al Voltalene Flamex) soportan un máximo de 90 °C en el conductor en régimen permanente.

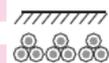
**TABLA A.7 (UNE 211435):  
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA RESISTIVIDAD TÉRMICA DEL TERRENO DISTINTA DE 1,5 K-m/W (CABLES SOTERRADOS)**

Sección del conductor mm <sup>2</sup>	Cables instalados en tubos soterrados. Un circuito por tubo						
	Resistividad del terreno						
	0,8 K-m/W	0,9 K-m/W	1 K-m/W	1,5 K-m/W	2 K-m/W	2,5 K-m/W	3 K-m/W
25	1,12	1,10	1,08	1,00	0,93	0,88	0,83
35	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,88	0,83
50	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,83
70	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
95	1,14	1,12	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
120	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
150	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
185	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
240	1,15	1,12	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
300	1,15	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
400	1,16	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81



Si los cables van directamente enterrados tenemos:

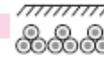
Sección del conductor mm <sup>2</sup>	Cables directamente soterrados en triángulo en contacto						
	Resistividad del terreno						
	0,8 K-m/W	0,9 K-m/W	1 K-m/W	1,5 K-m/W	2 K-m/W	2,5 K-m/W	3 K-m/W
25	1,25	1,20	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
35	1,25	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
50	1,26	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,74
70	1,27	1,22	1,17	1,00	0,89	0,81	0,74
95	1,28	1,22	1,18	1,00	0,89	0,80	0,74
120	1,28	1,22	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
150	1,28	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
185	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
240	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,73
300	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,80	0,73
400	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,79	0,73



# PROYECTO FINAL DE CARRERA

**TABLA A.9.2 (UNE 211435):  
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

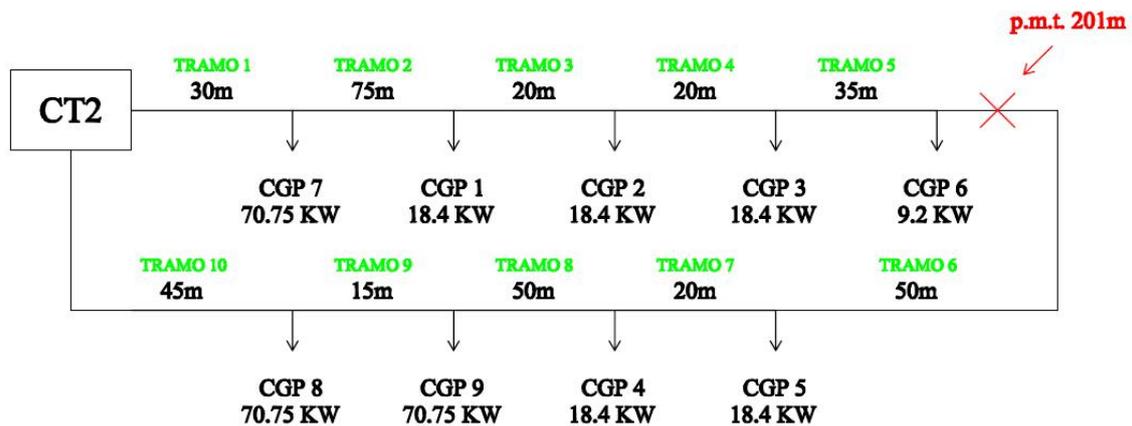
Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-



$$f.d.c = K_{\theta} \cdot K_{resistividad} \cdot K_{profundidad} \cdot K_{agrupamiento} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,88 = 0,88$$

## 2.2.4.2 Anillo 1 CT2.

El anillo consta del siguiente circuito.



### 2.2.4.2.1 Cálculo punto de mínima tensión.

El cálculo del punto de mínima tensión se realiza a través de la siguiente fórmula:

$$p.m.t. = \frac{\sum(P \cdot L)}{\sum P}$$

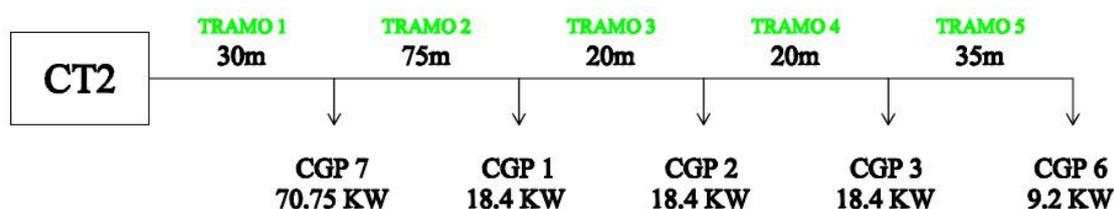
## PROYECTO FINAL DE CARRERA

Con la ayuda de una tabla en Excel nos queda:

Calculo punto minima tension Anillo 1					
Tramo	Ltramo	Lorigen	Potencia	P*L	p.m.t.
1	30	30	70,75	2122,5	
2	75	105	18,4	1932	
3	20	125	18,4	2300	
4	20	145	18,4	2668	
5	35	180	9,2	1656	
6	50	230	18,4	4232	
7	20	250	18,4	4600	
8	50	300	70,75	21225	
9	15	315	70,75	22286,25	
10	45	360			
		360	313,45	63021,75	201,06

### 2.2.4.2.2 Calculo sección conductor y fusible RAMA1.

RAMA1:



RAMA 1 anillo 1						
Tramo	L tramo	Potencia	P tramo	I total	ΔU%	ΔU% origen
1	30	70,75	135,15	216,75	0,403	0,403
2	75	18,4	64,4		0,480	0,882
3	20	18,4	46		0,091	0,974
4	20	18,4	27,6		0,055	1,028
5	35	9,2	9,2		0,032	1,060
	180					

$$I_{\text{corregida}} = \frac{I_t}{f.d.c.} = \frac{216.75}{0.88} = 264.3 \text{ A}$$

El cable de 150 mm<sup>2</sup> nos soporta como máximo una intensidad de 260 A con lo cual seleccionamos un cable de 240 mm<sup>2</sup> cuya intensidad máxima admisible es de 340.

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

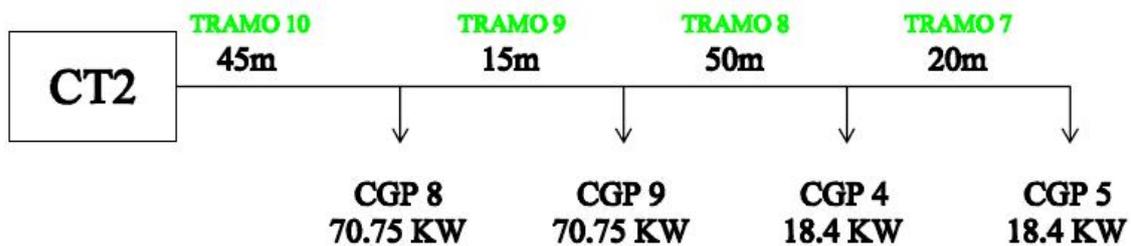
El fusible a seleccionar para una  $I = 216,75 \text{ A}$  es el de  $250 \text{ A}$  que nos cubre  $260\text{m} > 180\text{m}$

CABLE: RV 0.6/1 KV 3 x 240 + 1 x 150 Al

FUSIBLE:  $I_n = 250 \text{ A}$  y  $260\text{m}$

### 2.2.4.2.3 Calculo sección conductor y fusible RAMA2.

RAMA2:



RAMA 2 anillo1						
Tramo	L tramo	Potencia	P tramo	I total	$\Delta U\%$	$\Delta U\%$ origen
10	45	70,75	178,3	285,95	0,797	0,797
9	15	70,75	107,55		0,160	0,957
8	50	18,4	36,8		0,183	1,140
7	20	18,4	18,4		0,037	1,176
	130					

$$I_{\text{corregida}} = \frac{I_t}{f.d.c.} = \frac{285.95}{0.88} = 324.94 \text{ A}$$

El cable de  $240 \text{ mm}^2$  nos soporta como máximo una intensidad de  $340\text{A}$  con lo cual seleccionamos este cable.

El fusible a seleccionar para una  $I = 285.95 \text{ A}$  es el de  $315 \text{ A}$  que nos cubre  $195\text{m} > 130\text{m}$

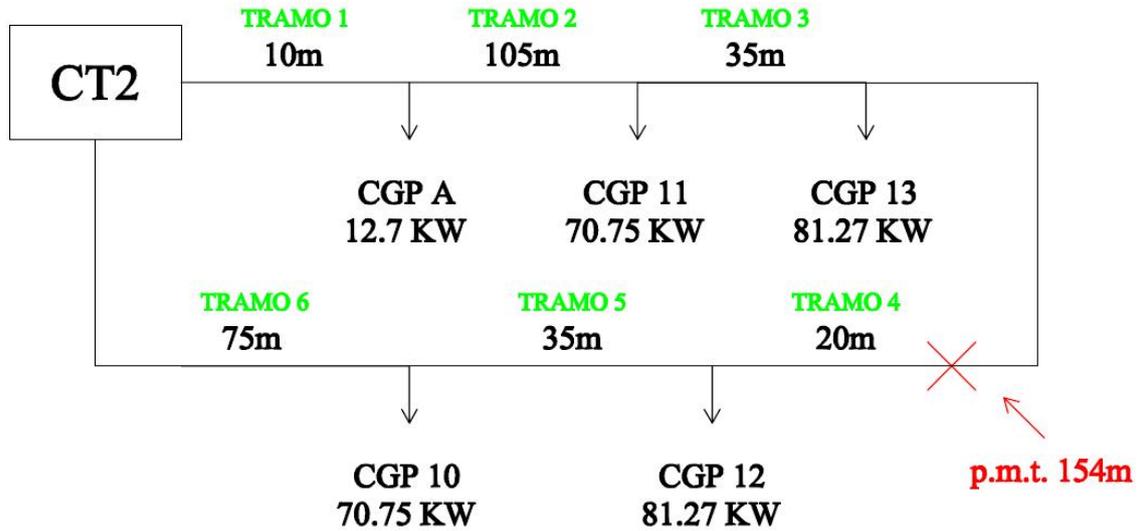
CABLE: RV 0.6/1 KV 3 x 240 + 1 x 150 Al

FUSIBLE:  $I_n = 315 \text{ A}$  y  $195\text{m}$

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

### 2.2.4.3 Anillo 2 CT2.

El anillo consta del siguiente circuito.



#### 2.2.4.3.1 Calculo punto de mínima tensión.

El cálculo del punto de mínima tensión se realiza a través de la siguiente fórmula:

$$p.m.t. = \frac{\sum(P \cdot L)}{\sum P}$$

Con la ayuda de una tabla en Excel nos queda:

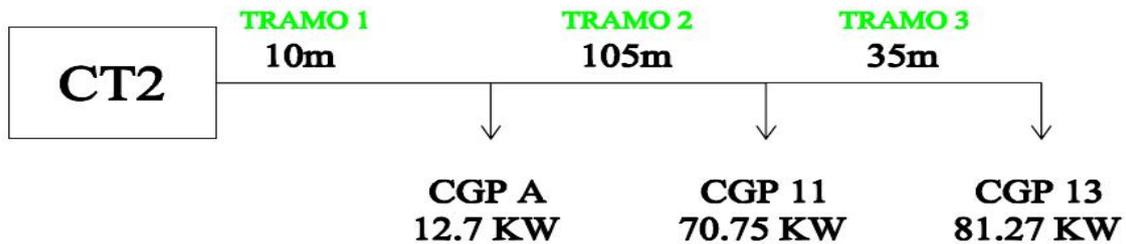
Calculo punto minina tension Anillo 2					
Tramo	Ltramo	Lorigen	Potencia	P*L	p.m.t.
1	10	10	12,7	127	
2	105	115	70,75	8136,25	
3	35	150	81,27	12190,5	
4	20	170	81,27	13815,9	
5	35	205	70,75	14503,75	
6	75	280			
		280	316,74	48773,4	153,99

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

### 2.2.4.3.2 Calculo sección conductor y fusible RAMA1.

RAMA1:



RAMA 1 anillo 2						
Tramo	L tramo	Potencia	P tramo	I total	$\Delta U\%$	$\Delta U\%$ origen
1	10	12,7	164,72	264,17	0,164	0,164
2	105	70,75	152,02		1,585	1,749
3	35	81,27	81,27		0,282	2,031
	150					

$$I_{\text{corregida}} = \frac{I_t}{f.d.c.} = \frac{264.17}{0.88} = 300.19 \text{ A}$$

El cable de 240 mm<sup>2</sup> nos soporta como máximo una intensidad de 340A con lo cual seleccionamos este cable.

El fusible a seleccionar para una I= 264.17 A es el de 315 A que nos cubre 195m > 150m

CABLE: RV 0.6/1 KV 3 x 240 + 1 x 150 Al

FUSIBLE: I<sub>n</sub> = 315 A y 195m

### 2.2.4.3.3 Calculo sección conductor y fusible RAMA2.

RAMA2:



## PROYECTO FINAL DE CARRERA

RAMA 2 anillo 2						
Tramo	L tramo	Potencia	P tramo	I total	$\Delta U\%$	$\Delta U\%$ origen
6	75	70,75	152,02	243,80	1,132	1,132
5	35	81,27	81,27		0,282	1,415
	110					

$$I_{\text{corregida}} = \frac{I_t}{f.d.c.} = \frac{243.8}{0.88} = 277 \text{ A}$$

El cable de 150 mm<sup>2</sup> nos soporta como máximo una intensidad de 260 A con lo cual seleccionamos un cable de de 240 mm<sup>2</sup> cuya intensidad máxima admisible es de 340A

El fusible a seleccionar para una I = 243.8 A es el de 250 A que nos cubre 260m > 110m

CABLE: RV 0.6/1 KV 3 x 240 + 1 x 150 AI

FUSIBLE: In = 250 A y 260m

### 2.2.5 Anillos CT3.

El transformador consta de dos anillos que alimentan a distintas parcelas de la urbanización.

#### 2.2.5.1 Datos y tablas de corrección para el cálculo de la sección y fusible de los anillos.

Para saber la sección del conductor debemos de tener en cuenta la intensidad que este soporta y la caída de tensión de este, la calculamos con las siguientes ecuaciones:

$$\Delta U\% = \frac{P \cdot L}{10 \cdot u^2} \cdot (R + X \operatorname{tg} \varphi)$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

Tipos de cable:

#### Resistencia y reactancia

Sección de fase en mm <sup>2</sup>	R - 20° en $\Omega/\text{km}$	X en $\Omega/\text{km}$
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros <sup>(1)</sup>						

Intensidad soportada por los distintos cables:

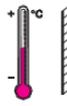
TABLA A.1 (UNE 211435):  
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 KV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm <sup>2</sup>	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1) 
<b>ALUMINIO</b>			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390
<b>COBRE</b>			
25	125	105	115
50	185	155	185
95	260	225	285
150	340	300	390
240	445	400	540

Debemos de aplicar varios factores de corrección a la hora de elegir el cable obtenemos el factor de corrección del catálogo de Prysmian:

TABLA A.6 (UNE 211435):  
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA DISTINTAS TEMPERATURAS (CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS Y CABLES SOTERRADOS)

Temperatura máxima del conductor °C	Temperatura del aire ambiente en cables en galerías, °C									
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
90*	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	
105	1,14	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	

Temperatura máxima del conductor °C	Temperatura del terreno en cables soterrados, °C									
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
90*	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78	
105	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,83	



\* Los cables para redes subterráneas de distribución (Retenax Flam, Retenax Flex, Retenax Flam armados y Al Voltalene Flamex) soportan un máximo de 90 °C en el conductor en régimen permanente.

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

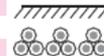
**TABLA A.7 (UNE 211435):**  
**FACTORES DE CORRECCIÓN PARA RESISTIVIDAD TÉRMICA DEL TERRENO DISTINTA DE 1,5 K-m/W (CABLES SOTERRADOS)**

Cables instalados en tubos soterrados. Un circuito por tubo							
Sección del conductor mm <sup>2</sup>	Resistividad del terreno						
	0,8 K-m/W	0,9 K-m/W	1 K-m/W	1,5 K-m/W	2 K-m/W	2,5 K-m/W	3 K-m/W
25	1,12	1,10	1,08	1,00	0,93	0,88	0,83
35	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,88	0,83
50	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,83
70	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
95	1,14	1,12	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
120	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
150	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
185	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
240	1,15	1,12	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
300	1,15	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
400	1,16	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81



Si los cables van directamente enterrados tenemos:

Cables directamente soterrados en triángulo en contacto							
Sección del conductor mm <sup>2</sup>	Resistividad del terreno						
	0,8 K-m/W	0,9 K-m/W	1 K-m/W	1,5 K-m/W	2 K-m/W	2,5 K-m/W	3 K-m/W
25	1,25	1,20	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
35	1,25	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
50	1,26	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,74
70	1,27	1,22	1,17	1,00	0,89	0,81	0,74
95	1,28	1,22	1,18	1,00	0,89	0,80	0,74
120	1,28	1,22	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
150	1,28	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
185	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
240	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,73
300	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,80	0,73
400	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,79	0,73



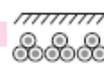
**TABLA A.8 (UNE 211435):**  
**FACTORES DE CORRECCIÓN PARA DISTINTAS PROFUNDIDADES DE SOTERRAMIENTO (CABLES SOTERRADOS)**

Cables de 0,6/1 kV		
Profundidad, m	Soterrados	En tubular
0,50	1,04	1,03
0,60	1,02	1,01
0,70	1,00	1,00
0,80	0,99	0,99
1,00	0,97	0,97
1,25	0,95	0,96
1,50	0,93	0,95
1,75	0,92	0,94
2,00	0,91	0,93
2,50	0,89	0,91
3,00	0,88	0,90



**TABLA A.9.2 (UNE 211435):**  
**FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

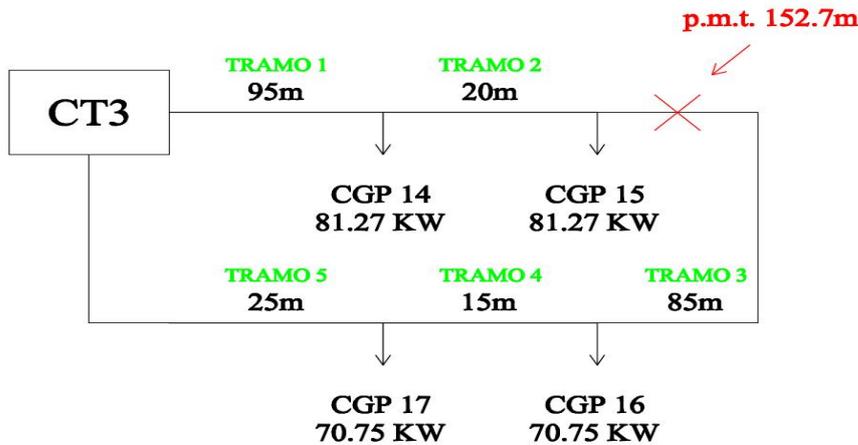


$$f.d.c = K_{\theta} \cdot K_{resistividad} \cdot K_{profundidad} \cdot K_{agrupamiento} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,88 = 0,88$$

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

## 2.2.5.2 Anillo 1 CT3.

El anillo consta del siguiente circuito.



### 2.2.5.2.1 Calculo punto de mínima tensión.

El cálculo del punto de mínima tensión se realiza a través de la siguiente fórmula:

$$p. m. t. = \frac{\sum(P \cdot L)}{\sum P}$$

Con la ayuda de una tabla en Excel nos queda:

Calculo punto minina tension Anillo 1					
Tramo	Ltramo	Lorigen	Potencia	P*L	p.m.t.
1	95	95	81,27	7720,65	
2	20	115	81,27	9346,05	
3	85	200	70,75	14150	
4	15	215	70,75	15211,25	
5	25	240			
		240	304,04	46427,95	152,70

### 2.2.5.2.2 Calculo sección conductor y fusible RAMA1.

RAMA1:



## PROYECTO FINAL DE CARRERA

RAMA 1 anillo1						
Tramo	L tramo	Potencia	P tramo	I total	ΔU%	ΔU% origen
1	95	81,27	162,54	260,67	1,533	1,533
2	20	81,27	81,27		0,161	1,695
	115					

$$I_{\text{corregida}} = \frac{I_t}{f.d.c.} = \frac{260.67}{0.88} = 296.2 \text{ A}$$

El cable de 150 mm<sup>2</sup> nos soporta como máximo una intensidad de 260 A con lo cual seleccionamos un cable de de 240 mm<sup>2</sup> cuya intensidad máxima admisible es de 340A

El fusible a seleccionar para una I = 260.67 A es el de 315 A que nos cubre 195m > 115m

CABLE: RV 0.6/1 KV 3 x 240 + 1 x 150 Al

FUSIBLE: I<sub>n</sub> = 315 A y 195m

### 2.2.5.2.3 Calculo sección conductor y fusible RAMA2.

RAMA2:



RAMA 2 anillo1						
Tramo	L tramo	Potencia	P tramo	I total	ΔU%	ΔU% origen
5	25	70,75	141,5	226,93	0,351	0,351
4	15	70,75	70,75		0,105	0,457
	40					

$$I_{\text{corregida}} = \frac{I_t}{f.d.c.} = \frac{226.93}{0.88} = 257.87 \text{ A}$$

El cable de 150 mm<sup>2</sup> nos soporta como máximo una intensidad de 260 A con lo cual seleccionamos este cable.

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

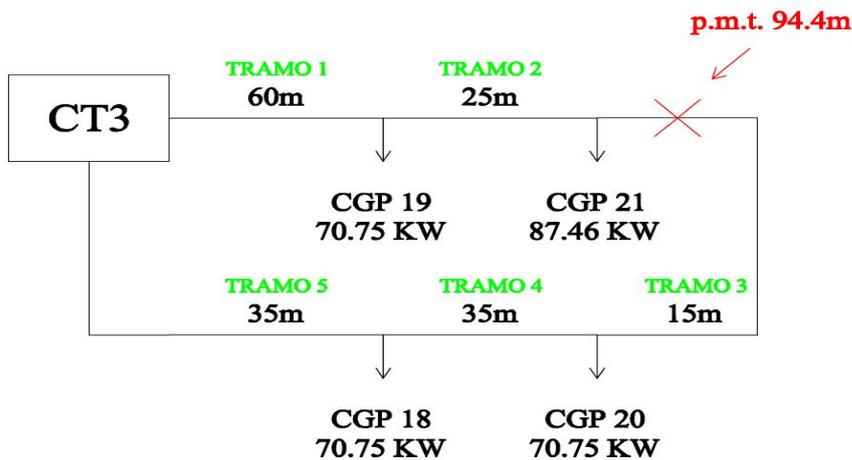
El fusible a seleccionar para una  $I = 226.93$  A es el de 250 A que nos cubre  $165m > 40m$ .

CABLE: RV 0.6/1 KV 3 x 150 + 1 x 95 Al

FUSIBLE:  $I_n = 250$  A y 165m

### 2.2.5.3 Anillo 2 CT3.

El anillo consta del siguiente circuito.



#### 2.2.5.3.1 Calculo punto de mínima tensión.

El cálculo del punto de mínima tensión se realiza a través de la siguiente fórmula:

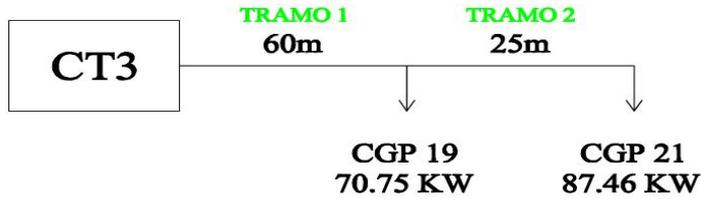
$$p.m.t. = \frac{\sum(P \cdot L)}{\sum P}$$

Con la ayuda de una tabla en Excel nos queda:

Calculo punto minina tension Anillo 2					
Tramo	Ltramo	Lorigen	Potencia	P*L	p.m.t.
1	60	60	70,75	4245	
2	25	85	87,46	7434,1	
3	15	100	70,75	7075	
4	35	135	70,75	9551,25	
5	35	170			
		170	299,71	28305,35	94,44

2.2.5.3.2 Calculo sección conductor y fusible RAMA1.

RAMA1:



RAMA 1 anillo2						
Tramo	L tramo	Potencia	P tramo	I total	ΔU%	ΔU% origen
1	60	70,75	158,21	253,73	0,943	0,943
2	25	87,46	87,46		0,217	1,160
	85					

$$I_{correctada} = \frac{I_t}{f.d.c.} = \frac{253.73}{0.88} = 288.32 A$$

El cable de 150 mm<sup>2</sup> nos soporta como máximo una intensidad de 260 A con lo cual seleccionamos un cable de de 240 mm<sup>2</sup> cuya intensidad máxima admisible es de 340A

El fusible a seleccionar para una I = 253.73 A es el de 315 A que nos cubre 195m > 85m

CABLE: RV 0.6/1 KV 3 x 240 + 1 x 150 Al

FUSIBLE: I<sub>n</sub> = 315 A y 195m

2.2.5.3.3 Calculo sección conductor y fusible RAMA2.

RAMA2:



## PROYECTO FINAL DE CARRERA

RAMA 2 anillo2						
Tramo	L tramo	Potencia	P tramo	I total	$\Delta U\%$	$\Delta U\%$ origen
5	35	70,75	141,5	226,93	0,492	0,492
4	35	70,75	70,75		0,246	0,738
	70					

$$I_{\text{corregida}} = \frac{I_t}{f.d.c.} = \frac{226.93}{0.88} = 257.87 \text{ A}$$

El cable de 150 mm<sup>2</sup> nos soporta como máximo una intensidad de 260 A con lo cual seleccionamos este cable.

El fusible a seleccionar para una I = 226.93 A es el de 250 A que nos cubre 165m > 70m

CABLE: RV 0.6/1 KV 3 x 150 + 1 x 95 Al

FUSIBLE: In = 250 A y 165m

### 2.2.6 Anillos CT4.

El transformador consta de dos anillos que alimentan a distintas parcelas de la urbanización.

#### 2.2.6.1 Datos y tablas de corrección para el cálculo de la sección y fusible de los anillos.

Para saber la sección del conductor debemos de tener en cuenta la intensidad que este soporta y la caída de tensión de este, la calculamos con las siguientes ecuaciones:

$$\Delta U\% = \frac{P \cdot L}{10 \cdot u^2} \cdot (R + X \operatorname{tg} \varphi)$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

Tipos de cable:

Resistencia y reactancia

Sección de fase en mm <sup>2</sup>	R - 20° en $\Omega/\text{km}$	X en $\Omega/\text{km}$
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
<b>Longitudes en metros <sup>(1)</sup></b>						

Intensidad soportada por los distintos cables:

**TABLA A.1 (UNE 211435):**  
**CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)**

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm <sup>2</sup>	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1) 
<b>ALUMINIO</b>			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390
<b>COBRE</b>			
25	125	105	115
50	185	155	185
95	260	225	285
150	340	300	390
240	445	400	540

Debemos de aplicar varios factores de corrección a la hora de elegir el cable obtenemos el factor de corrección del catálogo de Prysmian:

**TABLA A.8 (UNE 211435):**  
**FACTORES DE CORRECCIÓN PARA DISTINTAS PROFUNDIDADES DE SOTERRAMIENTO (CABLES SOTERRADOS)**

Cables de 0,6/1 kV		
Profundidad, m	Soterrados	En tubular
0,50	1,04	1,03
0,60	1,02	1,01
0,70	1,00	1,00
0,80	0,99	0,99
1,00	0,97	0,97
1,25	0,95	0,96
1,50	0,93	0,95
1,75	0,92	0,94
2,00	0,91	0,93
2,50	0,89	0,91
3,00	0,88	0,90



# PROYECTO FINAL DE CARRERA

**TABLA A.6 (UNE 211435):  
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA DISTINTAS TEMPERATURAS (CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS Y CABLES SOTERRADOS)**

Temperatura máxima del conductor °C	Temperatura del aire ambiente en cables en galerías, °C									
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
90*	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	
105	1,14	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	

Temperatura máxima del conductor °C	Temperatura del terreno en cables soterrados, °C									
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
90*	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78	
105	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,83	



\* Los cables para redes subterráneas de distribución (Retenax Flam, Retenax Flex, Retenax Flam armados y Al Voltalene Flamex) soportan un máximo de 90 °C en el conductor en régimen permanente.

**TABLA A.7 (UNE 211435):  
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA RESISTIVIDAD TÉRMICA DEL TERRENO DISTINTA DE 1,5 K·m/W (CABLES SOTERRADOS)**

Sección del conductor mm <sup>2</sup>	Cables instalados en tubos soterrados. Un circuito por tubo							
	Resistividad del terreno							
	0,8 K·m/W	0,9 K·m/W	1 K·m/W	1,5 K·m/W	2 K·m/W	2,5 K·m/W	3 K·m/W	
25	1,12	1,10	1,08	1,00	0,93	0,88	0,83	
35	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,88	0,83	
50	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,83	
70	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82	
95	1,14	1,12	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82	
120	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82	
150	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82	
185	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82	
240	1,15	1,12	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81	
300	1,15	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81	
400	1,16	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81	



Si los cables van directamente enterrados tenemos:

Sección del conductor mm <sup>2</sup>	Cables directamente soterrados en triángulo en contacto							
	Resistividad del terreno							
	0,8 K·m/W	0,9 K·m/W	1 K·m/W	1,5 K·m/W	2 K·m/W	2,5 K·m/W	3 K·m/W	
25	1,25	1,20	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75	
35	1,25	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75	
50	1,26	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,74	
70	1,27	1,22	1,17	1,00	0,89	0,81	0,74	
95	1,28	1,22	1,18	1,00	0,89	0,80	0,74	
120	1,28	1,22	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74	
150	1,28	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74	
185	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74	
240	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,73	
300	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,80	0,73	
400	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,79	0,73	



**TABLA A.9.2 (UNE 211435):  
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 kV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos agrupados	Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm					
	Contacto	200	400	600	800	
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96	
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91	
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89	
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87	
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86	
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85	
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-	
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-	
10	0,48	0,61	0,71	-	-	

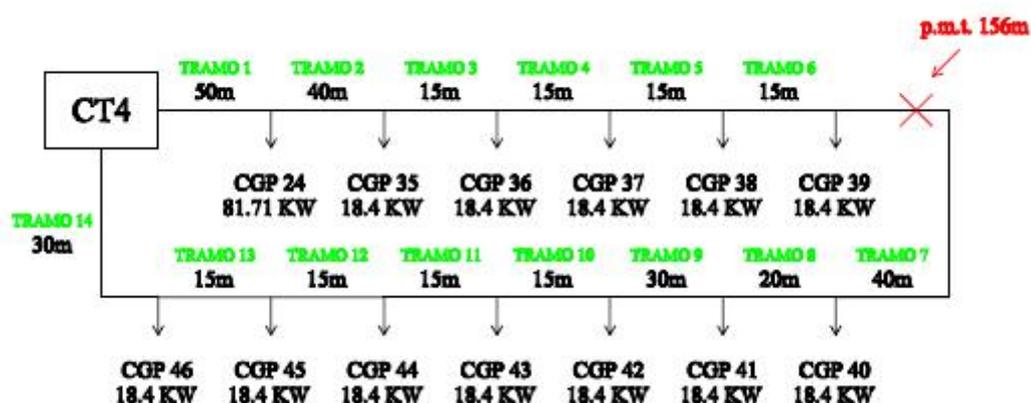


$$f.d.c = K_{\theta} \cdot K_{resistividad} \cdot K_{profundidad} \cdot K_{agrupamiento} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,88 = 0,88$$

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

## 2.2.6.2 Anillo 1 CT4.

El anillo consta del siguiente circuito.



### 2.2.6.2.1 Cálculo punto de mínima tensión.

El cálculo del punto de mínima tensión se realiza a través de la siguiente fórmula:

$$p.m.t. = \frac{\sum(P \cdot L)}{\sum P}$$

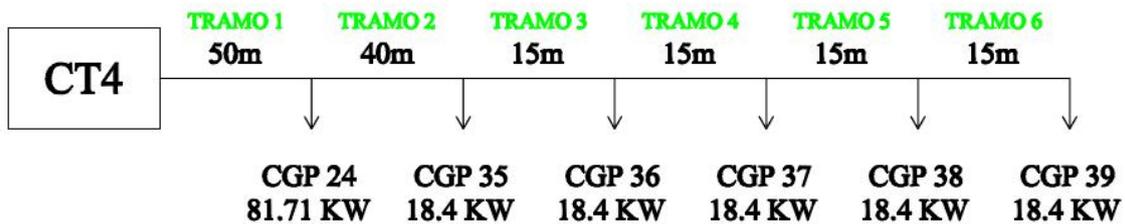
Con la ayuda de una tabla en Excel nos queda:

Cálculo punto mínima tensión Anillo 1					
Tramo	Ltramo	Lorigen	Potencia	P*L	p.m.t.
1	50	50	81,71	4085,5	
2	40	90	18,4	1656	
3	15	105	18,4	1932	
4	15	120	18,4	2208	
5	15	135	18,4	2484	
6	15	150	18,4	2760	
7	40	190	18,4	3496	
8	20	210	18,4	3864	
9	30	240	18,4	4416	
10	15	255	18,4	4692	
11	15	270	18,4	4968	
12	15	285	18,4	5244	
13	15	300	18,4	5520	
14	30	330			
		330	302,51	47325,5	156,44

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

## 2.2.6.2.2 Calculo sección conductor y fusible RAMA1.

RAMA1:



RAMA 1 anillo1						
Tramo	L tramo	Potencia	P tramo	I total	ΔU%	ΔU% origen
1	50	81,71	173,71	278,59	0,862	0,862
2	40	18,4	92		0,365	1,228
3	15	18,4	73,6		0,110	1,338
4	15	18,4	55,2		0,082	1,420
5	15	18,4	36,8		0,055	1,475
6	15	18,4	18,4		0,027	1,502
	150					

$$I_{correctada} = \frac{I_t}{f.d.c.} = \frac{278.59}{0.88} = 316.58 A$$

El cable de 150 mm<sup>2</sup> nos soporta como máximo una intensidad de 260 A con lo cual seleccionamos un cable de de 240 mm<sup>2</sup> cuya intensidad máxima admisible es de 340A

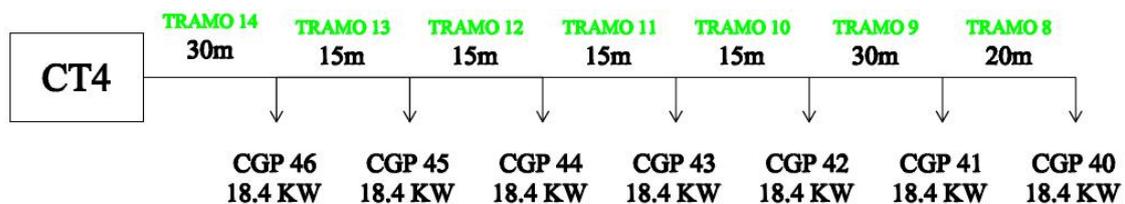
El fusible a seleccionar para una I = 278.59 A es el de 315 A que nos cubre 195m >150m

CABLE: RV 0.6/1 KV 3 x 240 + 1 x 150 AI

FUSIBLE: I<sub>n</sub> = 315 A y 195m

## 2.2.6.2.3 Calculo sección conductor y fusible RAMA2.

RAMA2:



## PROYECTO FINAL DE CARRERA

RAMA 2 anillo1						
Tramo	L tramo	Potencia	P tramo	I total	ΔU%	ΔU% origen
14	30	18,4	128,8	206,56	0,384	0,384
13	15	18,4	110,4		0,164	0,548
12	15	18,4	92		0,137	0,685
11	15	18,4	73,6		0,110	0,795
10	15	18,4	55,2		0,082	0,877
9	30	18,4	36,8		0,110	0,987
8	20	18,4	18,4		0,037	1,023
	140					

$$I_{\text{corregida}} = \frac{I_t}{f.d.c.} = \frac{206.56}{0.88} = 234.72 \text{ A}$$

El cable de 150 mm<sup>2</sup> nos soporta como máximo una intensidad de 260 A con lo cual seleccionamos este cable.

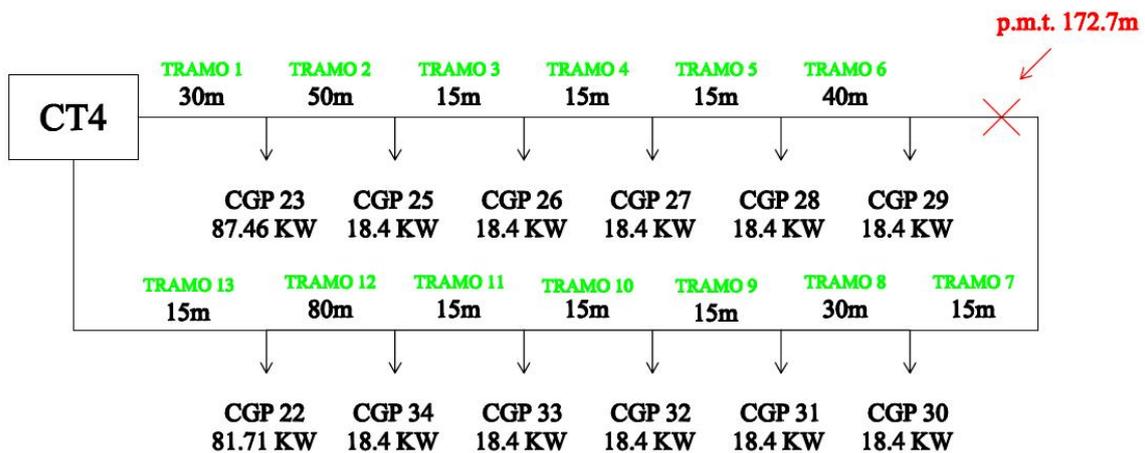
El fusible a seleccionar para una I = 206.56 A es el de 250 A que nos cubre 165m >140m.

CABLE: RV 0.6/1 KV 3 x 150 + 1 x 95 Al

FUSIBLE: In = 250 A y 165m

### 2.2.6.3 Anillo 2 CT4.

El anillo consta del siguiente circuito .



#### 2.2.6.3.1 Calculo punto de mínima tensión.

El cálculo del punto de mínima tensión se realiza a través de la siguiente fórmula:

$$p.m.t. = \frac{\sum(P \cdot L)}{\sum P}$$

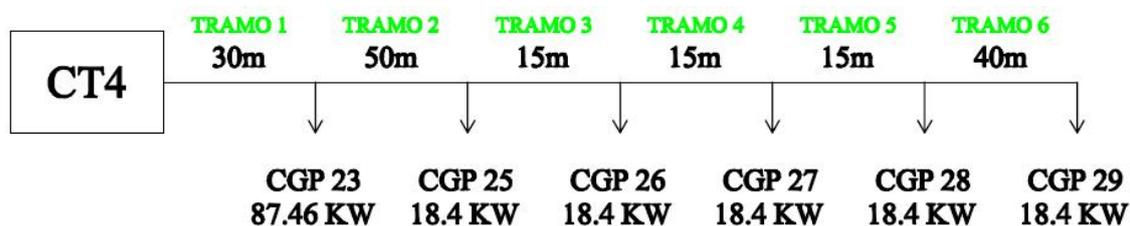
## PROYECTO FINAL DE CARRERA

Con la ayuda de una tabla en Excel nos queda:

Calculo punto minima tension Anillo 2					
Tramo	Ltramo	Lorigen	Potencia	P*L	p.m.t.
1	30	30	87,46	2623,8	
2	50	80	18,4	1472	
3	15	95	18,4	1748	
4	15	110	18,4	2024	
5	15	125	18,4	2300	
6	40	165	18,4	3036	
7	15	180	18,4	3312	
8	30	210	18,4	3864	
9	15	225	18,4	4140	
10	15	240	18,4	4416	
11	15	255	18,4	4692	
12	80	335	81,71	27372,85	
13	15	350			
		350	353,17	61000,65	172,72

### 2.2.6.3.2 Calculo sección conductor y fusible RAMA1.

RAMA1:



RAMA 1 anillo2						
Tramo	L tramo	Potencia	P tramo	I total	ΔU%	ΔU% origen
1	30	87,46	179,46	287,81	0,535	0,535
2	50	18,4	92		0,457	0,991
3	15	18,4	73,6		0,110	1,101
4	15	18,4	55,2		0,082	1,183
5	15	18,4	36,8		0,055	1,238
6	40	18,4	18,4		0,073	1,311
	165					

$$I_{\text{corregida}} = \frac{I_t}{f.d.c.} = \frac{287.81}{0.88} = 327.05 \text{ A}$$

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

El cable de 150 mm<sup>2</sup> nos soporta como máximo una intensidad de 260 A con lo cual seleccionamos un cable de de 240 mm<sup>2</sup> cuya intensidad máxima admisible es de 340A

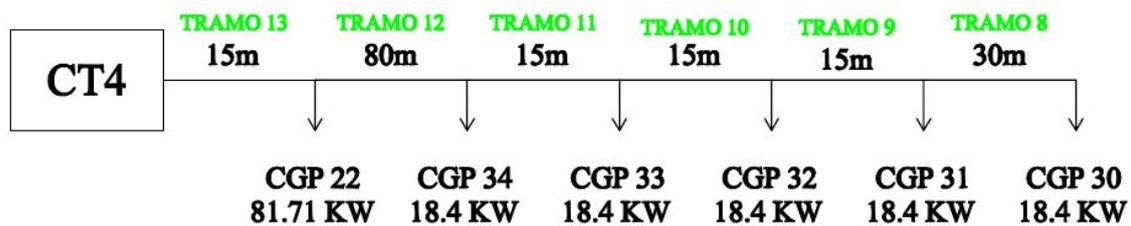
El fusible a seleccionar para una I = 287.81 A es el de 315 A que nos cubre 195m > 165m

CABLE: RV 0.6/1 KV 3 x 240 + 1 x 150 Al

FUSIBLE: I<sub>n</sub> = 315 A y 195m

### 2.2.6.3.3 Calculo sección conductor y fusible RAMA2.

RAMA2:



RAMA 2 anillo2						
Tramo	L tramo	Potencia	P tramo	I total	ΔU%	ΔU% origen
13	15	81,71	173,71	278,59	0,259	0,259
12	80	18,4	92		0,731	0,990
11	15	18,4	73,6		0,110	1,099
10	15	18,4	55,2		0,082	1,181
9	15	18,4	36,8		0,055	1,236
8	30	18,4	18,4		0,055	1,291
	170					

$$I_{\text{corregida}} = \frac{I_t}{f.d.c.} = \frac{278.59}{0.88} = 316.58 \text{ A}$$

El cable de 150 mm<sup>2</sup> nos soporta como máximo una intensidad de 260 A con lo cual seleccionamos un cable de de 240 mm<sup>2</sup> cuya intensidad máxima admisible es de 340A

El fusible a seleccionar para una I = 278.59 A es el de 315 A que nos cubre 195m > 170m

CABLE: RV 0.6/1 KV 3 x 240 + 1 x 150 Al

FUSIBLE: I<sub>n</sub> = 315 A y 195m

### 2.2.7 Anillos CT5.

El transformador consta de dos anillos que alimentan a distintas parcelas de la urbanización.

#### 2.2.7.1 Datos y tablas de corrección para el cálculo de la sección y fusible de los anillos.

Para saber la sección del conductor debemos de tener en cuenta la intensidad que este soporta y la caída de tensión de este, la calculamos con las siguientes ecuaciones:

$$\Delta U\% = \frac{P \cdot L}{10 \cdot u^2} \cdot (R + X \operatorname{tg} \varphi)$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

Tipos de cable:

Resistencia y reactancia

Sección de fase en mm <sup>2</sup>	R - 20° en Ω/km	X en Ω/km
50	0,641	0,080
95	0,320	0,076
150	0,206	0,075
240	0,125	0,070

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros <sup>(1)</sup>						

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

Intensidad soportada por los distintos cables:

TABLA A.1 (UNE 211435):  
CABLES DE DISTRIBUCIÓN TIPO RV O AL XZ1(S) DE 0,6/1 kV (CABLES SOTERRADOS Y CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS)

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm <sup>2</sup>	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1) 
<b>ALUMINIO</b>			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390
<b>COBRE</b>			
25	125	105	115
50	185	155	185
95	260	225	285
150	340	300	390
240	445	400	540

Debemos de aplicar varios factores de corrección a la hora de elegir el cable obtenemos el factor de corrección del catálogo de Prysmian:

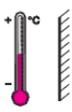
TABLA A.8 (UNE 211435):  
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA DISTINTAS PROFUNDIDADES DE SOTERRAMIENTO (CABLES SOTERRADOS)

Cables de 0,6/1 kV		
Profundidad, m	Soterrados	En tubular
0,50	1,04	1,03
0,60	1,02	1,01
0,70	1,00	1,00
0,80	0,99	0,99
1,00	0,97	0,97
1,25	0,95	0,96
1,50	0,93	0,95
1,75	0,92	0,94
2,00	0,91	0,93
2,50	0,89	0,91
3,00	0,88	0,90



TABLA A.6 (UNE 211435):  
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA DISTINTAS TEMPERATURAS (CABLES EN GALERÍAS SUBTERRÁNEAS Y CABLES SOTERRADOS)

Temperatura máxima del conductor °C	Temperatura del aire ambiente en cables en galerías, °C									
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
90*	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	
105	1,14	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	

Temperatura máxima del conductor °C	Temperatura del terreno en cables soterrados, °C									
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
90*	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78	
105	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,83	



\* Los cables para redes subterráneas de distribución (Retenax Flam, Retenax Flex, Retenax Flam armados y Al Voltalene Flamex) soportan un máximo de 90 °C en el conductor en régimen permanente.

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

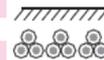
**TABLA A.7 (UNE 211435):**  
**FACTORES DE CORRECCIÓN PARA RESISTIVIDAD TÉRMICA DEL TERRENO DISTINTA DE 1,5 K-m/W (CABLES SOTERRADOS)**

Cables instalados en tubos soterrados. Un circuito por tubo							
Sección del conductor mm <sup>2</sup>	Resistividad del terreno						
	0,8 K-m/W	0,9 K-m/W	1 K-m/W	1,5 K-m/W	2 K-m/W	2,5 K-m/W	3 K-m/W
25	1,12	1,10	1,08	1,00	0,93	0,88	0,83
35	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,88	0,83
50	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,83
70	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
95	1,14	1,12	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
120	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
150	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
185	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
240	1,15	1,12	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
300	1,15	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
400	1,16	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81



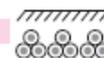
Si los cables van directamente enterrados tenemos:

Cables directamente soterrados en triángulo en contacto							
Sección del conductor mm <sup>2</sup>	Resistividad del terreno						
	0,8 K-m/W	0,9 K-m/W	1 K-m/W	1,5 K-m/W	2 K-m/W	2,5 K-m/W	3 K-m/W
25	1,25	1,20	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
35	1,25	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
50	1,26	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,74
70	1,27	1,22	1,17	1,00	0,89	0,81	0,74
95	1,28	1,22	1,18	1,00	0,89	0,80	0,74
120	1,28	1,22	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
150	1,28	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
185	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
240	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,73
300	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,80	0,73
400	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,79	0,73



**TABLA A.9.2 (UNE 211435):**  
**FACTORES DE CORRECCIÓN PARA AGRUPAMIENTO DE CABLES DE 0,6 /1 KV (CABLES SOTERRADOS)**

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

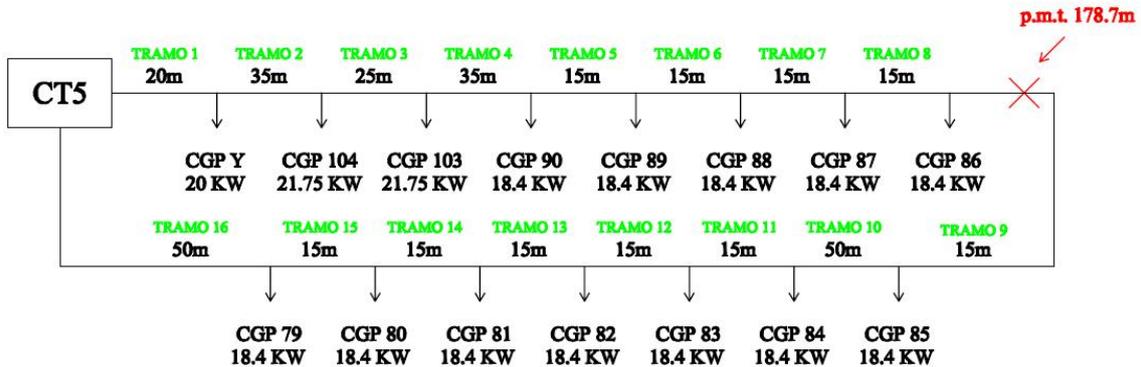


$$f.d.c = K_{\theta} \cdot K_{resistividad} \cdot K_{profundidad} \cdot K_{agrupamiento} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,88 = 0,88$$

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

## 2.2.7.2 Anillo 1 CT5.

El anillo consta del siguiente circuito.



### 2.2.7.2.1 Calculo punto de mínima tensión.

El cálculo del punto de mínima tensión se realiza a través de la siguiente fórmula:

$$p.m.t. = \frac{\sum(P \cdot L)}{\sum P}$$

Con la ayuda de una tabla en Excel nos queda:

Calculo punto minina tension Anillo 1					
Tramo	Ltramo	Lorigen	Potencia	P*L	p.m.t.
1	20	20	20	400	
2	35	55	21,75	1196,25	
3	25	80	21,75	1740	
4	35	115	18,4	2116	
5	15	130	18,4	2392	
6	15	145	18,4	2668	
7	15	160	18,4	2944	
8	15	175	18,4	3220	
9	15	190	18,4	3496	
10	50	240	18,4	4416	
11	15	255	18,4	4692	
12	15	270	18,4	4968	
13	15	285	18,4	5244	
14	15	300	18,4	5520	
15	15	315	18,4	5796	
16	50	365			
		365	284,3	50808,25	178,71

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

## 2.2.7.2.2 Calculo sección conductor y fusible RAMA1.

RAMA1:



RAMA 1 anillo1						
Tramo	L tramo	Potencia	P tramo	I total	ΔU%	ΔU% origen
1	20	20	155,5	249,38	0,309	0,309
2	35	21,75	135,5		0,471	0,780
3	25	21,75	113,75		0,282	1,062
4	35	18,4	92		0,320	1,382
5	15	18,4	73,6		0,110	1,492
6	15	18,4	55,2		0,082	1,574
7	15	18,4	36,8		0,055	1,629
8	15	18,4	18,4		0,027	1,656
	175					

$$I_{\text{corregida}} = \frac{I_t}{f.d.c.} = \frac{249.38}{0.88} = 283.38 \text{ A}$$

El cable de 150 mm<sup>2</sup> nos soporta como máximo una intensidad de 260 A con lo cual seleccionamos un cable de de 240 mm<sup>2</sup> cuya intensidad máxima admisible es de 340A

El fusible a seleccionar para una I= 249.38 A es el de 250 A que nos cubre 260m > 175m

CABLE: RV 0.6/1 KV 3 x 240 + 1 x 150 AI

FUSIBLE: I<sub>n</sub> = 250 A y 260m

## 2.2.7.2.3 Calculo sección conductor y fusible RAMA2.

RAMA2:



## PROYECTO FINAL DE CARRERA

RAMA 2 anillo1						
Tramo	L tramo	Potencia	P tramo	I total	ΔU%	ΔU% origen
16	50	18,4	128,8	206,56	0,639	0,639
15	15	18,4	110,4		0,164	0,804
14	15	18,4	92		0,137	0,941
13	15	18,4	73,6		0,110	1,051
12	15	18,4	55,2		0,082	1,133
11	15	18,4	36,8		0,055	1,188
10	50	18,4	18,4		0,091	1,279
	175					

$$I_{\text{corregida}} = \frac{I_t}{f. d. c.} = \frac{206.56}{0.88} = 234.72 \text{ A}$$

El cable de 150 mm<sup>2</sup> nos soporta como máximo una intensidad de 260 A con lo cual seleccionamos este cable.

El fusible a seleccionar para una I = 206.56 A es el de 250 A que nos cubre 165m > 150m

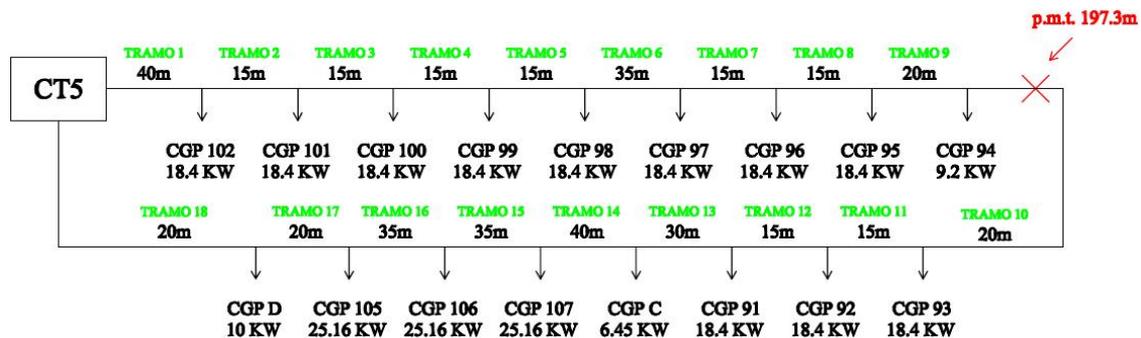
El cable seleccionado es válido pero al ser un anillo la sección de las dos ramas debe de ser la misma con lo cual el cable seleccionado es el de 240mm<sup>2</sup>

CABLE: RV 0.6/1 KV 3 x 240 + 1 x 150 Al

FUSIBLE: In = 250 A y 260m

### 2.2.7.3 Anillo 2 CT5.

El anillo consta del siguiente circuito.



#### 2.2.7.3.1 Calculo punto de mínima tensión.

El cálculo del punto de mínima tensión se realiza a través de la siguiente fórmula:

$$p. m. t. = \frac{\sum(P \cdot L)}{\sum P}$$

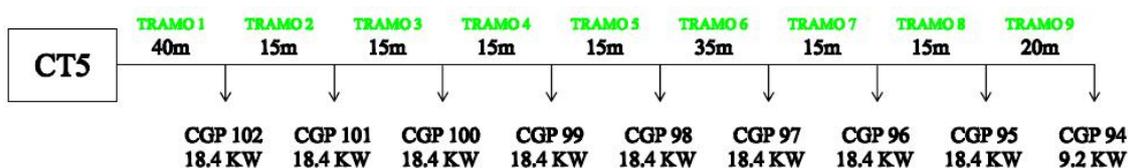
## PROYECTO FINAL DE CARRERA

Con la ayuda de una tabla en Excel nos queda:

Calculo punto minima tension Anillo 2					
Tramo	Ltramo	Lorigen	Potencia	P*L	p.m.t.
1	40	40	18,4	736	
2	15	55	18,4	1012	
3	15	70	18,4	1288	
4	15	85	18,4	1564	
5	15	100	18,4	1840	
6	35	135	18,4	2484	
7	15	150	18,4	2760	
8	15	165	18,4	3036	
9	20	185	9,2	1702	
10	20	205	18,4	3772	
11	15	220	18,4	4048	
12	15	235	18,4	4324	
13	30	265	6,45	1709,25	
14	40	305	25,16	7673,8	
15	35	340	25,16	8554,4	
16	35	375	25,16	9435	
17	20	395	10	3950	
18	20	415			
	415		303,53	59888,45	197,31

### 2.2.7.3.2 Calculo sección conductor y fusible RAMA1.

RAMA1:



RAMA 1 anillo2						
Tramo	L tramo	Potencia	P tramo	I total	ΔU%	ΔU% origen
1	40	18,4	165,6	265,58	0,658	0,658
2	15	18,4	147,2		0,219	0,877
3	15	18,4	128,8		0,192	1,069
4	15	18,4	110,4		0,164	1,233
5	15	18,4	92		0,137	1,370
6	35	18,4	73,6		0,256	1,626
7	15	18,4	55,2		0,082	1,708
8	15	18,4	36,8		0,055	1,763
9	20	18,4	18,4		0,0365424	1,800
	185					

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

$$I_{\text{corregida}} = \frac{I_t}{f.d.c.} = \frac{265.58}{0.88} = 301.79 \text{ A}$$

El cable de 150 mm<sup>2</sup> nos soporta como máximo una intensidad de 260 A con lo cual seleccionamos un cable de 240 mm<sup>2</sup> cuya intensidad máxima admisible es de 340A

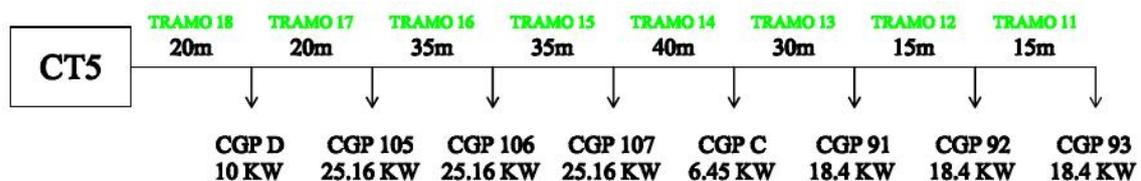
El fusible a seleccionar para una I = 265.58 A es el de 315 A que nos cubre 195m > 185m

CABLE: RV 0.6/1 KV 3 x 240 + 1 x 150 AI

FUSIBLE: I<sub>n</sub> = 315 A y 195m

### 2.2.7.3.3 Calculo sección conductor y fusible RAMA2.

RAMA2:



RAMA 2 anillo2						
Tramo	L tramo	Potencia	P tramo	I total	ΔU%	ΔU% origen
18	20	10	147,13	235,96	0,292	0,292
17	20	25,16	137,13		0,272	0,565
16	35	25,16	111,97		0,389	0,954
15	35	25,16	86,81		0,302	1,255
14	40	6,45	61,65		0,245	1,500
13	30	18,4	55,2		0,164	1,665
12	15	18,4	36,8		0,055	1,720
11	15	18,4	18,4		0,027	1,747
	210					

$$I_{\text{corregida}} = \frac{I_t}{f.d.c.} = \frac{235.96}{0.88} = 268.13 \text{ A}$$

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

El cable de  $150 \text{ mm}^2$  nos soporta como máximo una intensidad de 260 A con lo cual seleccionamos un cable de  $240 \text{ mm}^2$  cuya intensidad máxima admisible es de 340A

El fusible a seleccionar para una  $I = 235.96 \text{ A}$  es el de 250 A que nos cubre  $260\text{m} > 210\text{m}$

CABLE: RV 0.6/1 KV 3 x 240 + 1 x 150 Al

FUSIBLE:  $I_n = 250 \text{ A}$  y 260m

## **3 PLIEGO DE CONDICIONES**

### **3.1 Condiciones generales**

#### **3.1.1 Alcance.**

El presente Pliego de Condiciones tiene por objeto definir al Contratista el alcance del trabajo y la ejecución cualitativa del mismo.

El trabajo eléctrico consistirá en la instalación eléctrica de la red de media y baja tensión, además de la instalación de los centros de transformación.

El alcance del trabajo del contratista incluye el diseño y preparación de todos los planos, diagramas, especificaciones, lista de material y requisitos para la adquisición de la instalación del trabajo.

#### **3.1.2 Reglamentos y normas**

Todas las unidades de obra se ejecutarán cumpliendo las prescripciones indicadas en los Reglamentos de Seguridad y Normas Técnicas de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones, tanto de ámbito nacional como municipal.

Se adaptaran además a las condiciones particulares impuestas por la empresa distribuidora de energía eléctrica (Iberdrola).

#### **3.1.3 Disposiciones generales**

El Contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del trabajo correspondiente, la contratación del seguro obligatorio, subsidio familiar y de vejez, seguro de enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la norma UNE 24042 "Contratación de Obras. Condiciones Generales", siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

El Contratista deberá estar clasificado, según el orden del Ministerio de Hacienda, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondientes al Proyecto y que se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares, en caso de que proceda. Igualmente deberá ser Instalador, provisto del correspondiente documento de calificación empresarial.

## **3.1.4 Ejecución de las obras**

### **3.1.4.1 Comienzo**

El Contratista dará comienzo la obra en el plazo que figure en el contrato establecido con la Propiedad, o en su defecto a los quince días de la adjudicación definitiva o de su firma.

El Contratista está obligado a notificar por escrito o personalmente en forma directa al Técnico Director la fecha de comienzo de los trabajos.

### **3.1.4.2 Ejecución**

La obra se ejecutará en el plazo que se estipule en el contrato suscrito con la Propiedad o en su defecto en el que figure en las condiciones de este pliego.

Cuando el Contratista, de acuerdo, con alguno de los extremos contenidos en el presente Pliego de Condiciones, o bien en el contrato establecido con la Propiedad, solicite una inspección para poder realizar algún trabajo anterior que esté condicionado por la misma, vendrá obligado a tener preparada para dicha inspección, una cantidad de obra que corresponda a un ritmo normal de trabajo.

Cuando el ritmo de trabajo establecido por el Contratista, no sea el normal, o bien a petición de una de las partes, se podrá convenir una programación de inspecciones obligatorias de acuerdo con el plan de obra.

### **3.1.4.3 Libro de órdenes**

El Contratista dispondrá en la obra de un Libro de Ordenes en el que se escribirán las que el Técnico Director estime darle a través del encargado o persona responsable, sin perjuicio de las que le de por oficio cuando lo crea necesario y que tendrá la obligación de firmar el enterado.

## **3.1.5 Interpretación y desarrollo del proyecto**

La interpretación técnica de los documentos del Proyecto, corresponde al Técnico Director. El Contratista está obligado a someter a éste cualquier duda, aclaración o contradicción que surja durante la ejecución de la obra por causa del Proyecto, o circunstancias ajenas, siempre con la suficiente antelación en función de la importancia del asunto.

El Contratista se hace responsable de cualquier error de la ejecución motivado por la omisión de esta obligación y consecuentemente deberá rehacer a su costa los trabajos que correspondan a la correcta interpretación del Proyecto.

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

El Contratista está obligado a realizar todo cuanto sea necesario para la buena ejecución de la obra, aún cuando no se halle explícitamente expresado en el pliego de condiciones o en los documentos del proyecto.

El Contratista notificará por escrito o personalmente en forma directa al Técnico Director y con suficiente antelación las fechas en que quedarán preparadas para inspección, cada una de las partes de obra para las que se ha indicado la necesidad o conveniencia de la misma o para aquellas que, total o parcialmente deban posteriormente quedar ocultas. De las unidades de obra que deben quedar ocultas, se tomarán antes de ello, los datos precisos para su medición, a los efectos de liquidación y que sean suscritos por el Técnico Director de hallarlos correctos.

De no cumplirse este requisito, la liquidación se realizará en base a los datos o criterios de medición aportados por éste.

### **3.1.6 Obras complementarias**

El Contratista tiene la obligación de realizar todas las obras complementarias que sean indispensables para ejecutar cualquiera de las unidades de obra especificadas en cualquiera de los documentos del Proyecto, aunque en él, no figuren explícitamente 296 mencionadas dichas obras complementarias. Todo ello sin variación del importe contratado.

### **3.1.7 Modificaciones**

El Contratista está obligado a realizar las obras que se le encarguen resultantes de modificaciones del Proyecto, tanto en aumento como disminución o simplemente variación, siempre y cuando el importe de las mismas no altere en más o menos de un 25% del valor contratado.

La valoración de las mismas se hará de acuerdo a los valores establecidos en el presupuesto entregado por el Contratista y que ha sido tomado como base del contrato.

El Técnico Director de obra está facultado para introducir las modificaciones de acuerdo con su criterio, en cualquier unidad de obra, durante la construcción, siempre que cumplan las condiciones técnicas referidas en el proyecto y de modo que ello no varíe el importe total de la obra.

### **3.1.8 Obra defectuosa**

Cuando el Contratista halle cualquier unidad de obra que no se ajuste a lo especificado en el proyecto o en este Pliego de Condiciones, el Técnico Director podrá aceptarlo o rechazarlo; en el primer caso, éste fijará el precio que crea justo con

arreglo a las diferencias que hubiera, estando obligado el Contratista a aceptar dicha valoración, en el otro caso, se reconstruirá a expensas del Contratista la parte mal ejecutada sin que ello sea motivo de reclamación económica o de ampliación del plazo de ejecución.

### **3.1.9 Medios auxiliares**

Serán de cuenta del Contratista todos los medios y máquinas auxiliares que sean precisos para la ejecución de la obra. En el uso de los mismos estará obligado a hacer cumplir todos los Reglamentos de Seguridad en el trabajo vigentes y a utilizar los medios de protección de sus operarios.

### **3.1.10 Conservación de obras**

Es obligación del Contratista la conservación en perfecto estado de las unidades de obra realizadas hasta la fecha de la recepción definitiva por la Propiedad, y corren a su cargo los gastos derivados de ello.

### **3.1.11 Recepción de las obras**

#### **3.1.11.1 Recepción provisional**

Una vez terminadas las obras, tendrá lugar la recepción provisional y para ello se practicará en ellas un detenido reconocimiento por el Técnico Director y la Propiedad en presencia del Contratista, levantando acta y empezando a correr desde ese día el plazo de garantía si se hallan en estado de ser admitida.

De no ser admitida se hará constar en el acta y se darán instrucciones al Contratista para subsanar los defectos observados, fijándose un plazo para ello, expirando el cual se procederá a un nuevo reconocimiento a fin de proceder la recepción provisional.

#### **3.1.11.2 Plazo de garantía**

El plazo de garantía será como mínimo de un año, contado desde la fecha de la recepción provisional, o bien en el que se establezca en el contrato también contado desde la misma fecha.

Durante este período queda a cargo del Contratista la conservación de las obras y arreglo de los desperfectos causados por asiento de las mismas o por mala construcción.

### **3.1.11.3 Recepción definitiva**

Se realizará después de transcurrido el plazo de garantía de igual forma que la provisional.

A partir de esta fecha cesará la obligación del Contratista de conservar y reparar a su cargo las obras, si bien subsistirán las responsabilidades que pudiera tener por defectos ocultos y deficiencias de causa dudosa.

### **3.1.12 Contratación de la empresa**

#### **3.1.12.1 Modo de contratación**

El conjunto de las instalaciones las realizará la empresa escogida por concurso o subasta.

#### **3.1.12.2 Presentación**

Las empresas seleccionadas para dicho concurso deberán presentar sus proyectos en sobre lacrado, antes del 4 de Junio del 2012 en el domicilio del propietario.

#### **3.1.12.3 Selección**

La empresa escogida será anunciada la semana siguiente a la conclusión del plazo de entrega. Dicha empresa será escogida de mutuo acuerdo con el propietario y el director de la obra, sin posible reclamación por parte de las otras empresas concursantes.

### **3.1.13 Fianza**

En el contrato se establecerá la fianza que el Contratista deberá depositar en garantía del cumplimiento del mismo, o se convendrá una retención sobre los pagos realizados a cuenta de obra ejecutada.

De no estipularse la fianza en el contrato se entiende que se adopta como garantía una retención del 5% sobre los pagos a cuenta citados.

En el caso de que el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, o a atender la garantía, la Propiedad podrá ordenar ejecutarlas a un tercero, abonando su importe con cargo a la retención o fianza, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho la Propiedad si el importe de la fianza no bastase.

La fianza retenida se abonará al Contratista en un plazo no superior a treinta días una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra.

## **3.1.14 Condiciones económicas**

### **3.1.14.1 Abono de la obra**

En el contrato se deberá fijar detalladamente la forma y plazos que se abonarán las obras. Las liquidaciones parciales que pueden establecerse tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a las certificaciones que resulten de la liquidación final. No suponiendo, dichas liquidaciones, aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Terminadas las obras se procederá a la liquidación final que se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en el contrato.

### **3.1.14.2 Precios**

El Contratista presentará, al formalizarse el contrato, relación de los precios de las unidades de obra que integran el proyecto, los cuales de ser aceptados tendrán valor contractual y se aplicarán a las posibles variaciones que pueda haber.

Estos precios unitarios, se entiende que comprenden la ejecución total de la unidad de obra, incluyendo todos los trabajos aún los complementarios y los materiales así como la parte proporcional de imposición fiscal, las cargas laborales y otros gastos repercutibles.

En caso de tener que realizarse unidades de obra no previstas en el proyecto, se fijará su precio entre el Técnico Director y el Contratista antes de iniciar la obra y se presentará a la propiedad para su aceptación o no.

### **3.1.14.3 Revisión de precios**

En el contrato se establecerá si el contratista tiene derecho a revisión de precios y la fórmula a aplicar para calcularla. En defecto de esta última, se aplicará a juicio del Técnico Director alguno de los criterios oficiales aceptados.

### **3.1.14.4 Penalizaciones**

Por retraso en los plazos de entrega de las obras, se podrán establecer tablas de penalización cuyas cuantías y demoras se fijarán en el contrato.

### **3.1.14.5 Contrato**

El contrato se formalizará mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes. Comprenderá la adquisición de todos los materiales, transporte, mano de obra, medios auxiliares para la ejecución de la obra proyectada en el plazo estipulado, así como la reconstrucción de las unidades defectuosas, la realización de las obras complementarias y las derivadas de las

modificaciones que se introduzcan durante la ejecución, éstas 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 en testimonio de que los conocen y aceptan.

### **3.1.14.6 Responsabilidades**

El Contratista es el responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el Proyecto y el contrato. Como consecuencia de ello vendrá obligada a la demolición de lo mal ejecutado y a su reconstrucción correctamente sin que sirva de excusa el que el Técnico Director haya examinado y reconocido las obras.

El Contratista es el único responsable de todas las contravenciones que él o su personal cometan durante la ejecución de las obras u operaciones relacionadas con las mismas.

También es responsable de los accidentes o daños que por errores, inexperiencia o empleo de métodos inadecuados se produzcan a la propiedad, a los vecinos o terceros en general.

El Contratista es el único responsable del incumplimiento de las disposiciones vigentes en la materia laboral respecto de su personal y por tanto los accidentes que puedan sobrevenir y de los derechos que puedan derivarse de ellos.

### **3.1.14.7 Rescisión del contrato**

Se consideran causas suficientes para la rescisión del contrato las siguientes:

1. Primera: muerte o incapacidad del Contratista.
2. Segunda: la quiebra del Contratista.
3. Tercera: modificación del proyecto cuando produzca alteración en más o menos 25% del valor contratado.
4. Cuarta: modificación de las unidades de obra en número superior al 40% del original.
5. Quinta: la no iniciación de las obras en el plazo estipulado cuando sea por causas ajenas a la Propiedad.
6. Sexta: la suspensión de las obras ya iniciadas siempre que el plazo de suspensión sea mayor de seis meses.

7. Séptima: incumplimiento de las condiciones del contrato cuando implique mala fe.
8. Octava: terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a completar ésta.
9. Novena: actuación de mala fe en la ejecución de los trabajos.
10. Décima: destajar o subcontratar la totalidad o parte de la obra a terceros sin la autorización del Técnico Director y la Propiedad.

### **3.1.14.8 Liquidación**

Siempre que se rescinda el contrato por causas anteriores o bien por acuerdo de ambas partes, se abonará al Contratista las unidades de obra ejecutadas y los materiales acopiados a pie de obra y que reúnan las condiciones y sean necesarios para la misma.

Cuando se rescinda el contrato llevará implícito la retención de la fianza para obtener los posibles gastos de conservación del período de garantía y los derivados del mantenimiento hasta la fecha de nueva adjudicación.

### **3.1.15 Condiciones facultativas**

#### **3.1.15.1 Normas a seguir**

El diseño de la instalación eléctrica estará de acuerdo con las exigencias o recomendaciones expuestas en la última edición de los siguientes códigos:

- Reglamento electrotécnico de baja tensión e instrucciones complementarias.
- Normas UNE.
- Publicaciones del comité electrotécnico internacional (CEI).
- Plan nacional y ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo.
- Normas de la compañía suministradora (IBERDROLA).

## **3.1.15.2 Personal**

El Contratista tendrá al frente de la obra un encargado con autoridad sobre los demás operarios y conocimientos acreditados y suficientes para la ejecución de la obra.

El encargado recibirá, cumplirá y transmitirá las instrucciones y órdenes del Técnico Director de la obra.

El Contratista tendrá en la obra, el número y clase de operarios que haga falta para el volumen y naturaleza de los trabajos que se realicen, los cuales será de reconocida aptitud y experimentados en el oficio. El Contratista estará obligada separar de la obra, a aquel personal que a juicio del Técnico Director no cumpla con sus obligaciones, realice el trabajo defectuosamente, bien por falta de conocimientos o por obrar de mala fe.

## **3.2 Pliego de condiciones de la red de MT**

### **3.2.1. Calidad de los materiales. Condiciones y ejecución.**

Todos los materiales empleados serán de primera calidad. Cumplirán las especificaciones y tendrán las características indicadas en el proyecto y en las normas técnicas generales, y además en las de la compañía distribuidora de energía, para este tipo de materiales. Toda especificación o característica de materiales que figuren en uno solo de los documentos del proyecto, aún sin figurar en los otros, es igualmente obligatoria.

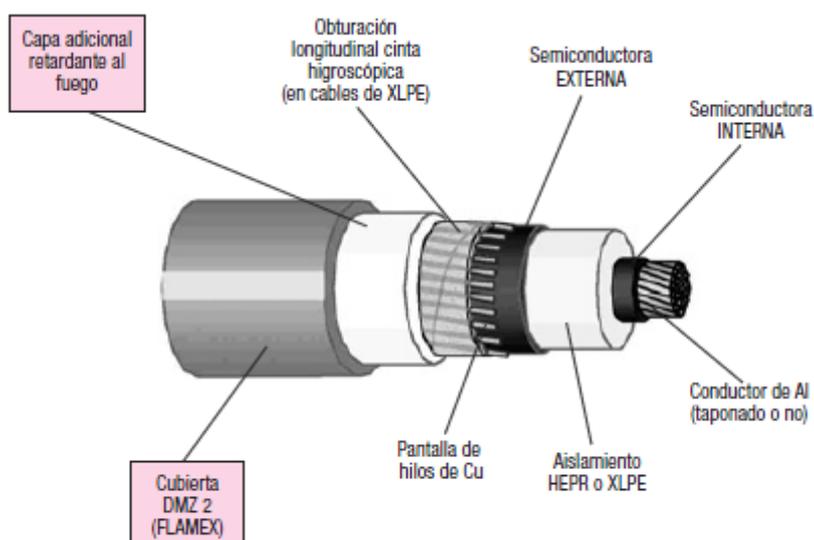
En caso de existir contradicción u omisión en los documentos del proyecto, el Contratista tendrá la obligación de ponerlo de manifiesto al Técnico Director de la Obra, quien decidirá sobre el particular. En ningún caso podrá suplir la falta directamente, sin la autorización expresa.

Una vez adjudicada la obra y antes de iniciarse, el Contratista presentará al Técnico Director los catálogos, cartas muestra, certificados de garantía o de homologación de los materiales que vayan a emplearse. No podrán utilizarse materiales que no hayan sido aceptados por el Técnico Director.

#### **3.2.1.1. Conductores: Tendido, empalmes, terminales, cruces y protecciones.**

Se utilizarán conductores de aluminio de Prysmian del tipo EPROTENAX-H COMPACT 12/20 KV de sección 150 mm<sup>2</sup> Al.

La constitución del conductor será la representada en la siguiente figura:



El conductor estará constituido por un elemento circular compacto de clase 2 según la norma UNE 21 022, de aluminio.

El aislamiento estará constituido por un dieléctrico seco extruido, mediante el proceso denominado “triple extrusión”, éste será una mezcla a base etileno propileno de alto módulo (HEPR).

La pantalla sobre el conductor estará constituida por una capa de mezcla semiconductora extruida, adherida al aislamiento en toda su superficie, de espesor medio mínimo de 0,5 mm y sin acción nociva sobre el conductor y el aislamiento.

La pantalla sobre el aislamiento estará constituida por una parte no metálica asociada a una parte metálica. La parte no metálica estará formada por una de mezcla semiconductora extruida, separable en frío, de espesor medio mínimo de 0,5 mm. La parte metálica estará

constituida por una corona de alambres de Cu dispuestos en hélice a paso largo y una cinta de Cu, de una sección de 1 mm<sup>2</sup> como mínimo, aplicada con un paso no superior a cuatro veces el diámetro sobre la corona de alambres.

La cubierta exterior estará constituida por un compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1) de color rojo.

Para la protección del medio ambiente el material de cubierta exterior del cable no contendrá hidrocarburos volátiles, halógenos ni metales pesados con excepción del plomo, del que se admitirá un contenido inferior al 0,5%.

Además el cable, en su diseño y construcción, permitirá una fácil separación y recuperación de los elementos constituyentes para el reciclado o tratamiento adecuado de los mismos al final de su vida útil.

Los conductores llevarán inscritas sobre la cubierta de forma legible e indeleble las marcas siguientes:

- Nombre del fabricante y/o marca registrada.
- Designación completa del cable.
- Año de fabricación (dos últimas cifras).
- Indicación de calidad concertada, cuando la tenga.
- Identificación para la trazabilidad (nº de partida u otro).

La separación entre marcas no será superior a 30 cm.

### **3.2.1.1.1. Tendido de los cables.**

#### **3.2.1.1.1.1. Manejo y preparación de bobinas.**

Cuando se desplace la bobina en tierra rodándola, hay que fijarse en el sentido de rotación, generalmente indicado en ella con una flecha, con el fin de evitar que se afloje el cable enrollado en la misma.

La bobina no debe almacenarse sobre un suelo blando.

Antes de comenzar el tendido del cable se estudiará el punto más apropiado para situar la bobina, generalmente por facilidad de tendido. En el caso de suelos con pendiente suele ser conveniente el canalizar cuesta abajo. También hay que tener en cuenta que si hay muchos pasos con tubo, se debe procurar colocar la bobina en la parte más alejada de los mismos, con el fin de evitar que pase la mayor parte del cable por los tubos.

Para el tendido la bobina estará siempre elevada y sujeta por un barrón y gatos de potencia apropiada al peso de la misma.

#### **3.2.1.1.1.2. Tendido de cables en zanja.**

Los cables deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado, evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc.... y teniendo siempre en cuenta que el radio de curvatura del cable debe ser superior a 20 veces su diámetro durante su tendido, y superior a 10 veces su diámetro una vez instalado.

Cuando los cables se tiendan a mano, los obreros estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja.

También se puede canalizar mediante cabrestantes, tirando del extremo del cable, al que se habrá adoptado una cabeza apropiada, y con un esfuerzo de tracción por mm<sup>2</sup> de conductor que no debe sobrepasar el que indique el fabricante del mismo. En cualquier caso, el esfuerzo no será superior a 5 kg/mm<sup>2</sup> para cables unipolares con

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

conductores de cobre. En el caso de aluminio debe reducirse a la mitad. Será imprescindible la colocación de dinamómetro para medir dicha tracción mientras se tiende.

El tendido será obligatoriamente sobre rodillos que puedan girar libremente y contruidos de forma que no puedan dañar el cable. Se colocarán en las curvas los rodillos de curva precisos de forma que el radio de curvatura no sea menor de veinte veces el diámetro del cable.

Durante el tendido del cable se tomarán precauciones para evitar al cable esfuerzos importantes, así como que sufra golpes o rozaduras. No se permitirá desplazar el cable, lateralmente, por medio de palancas u otros útiles, sino que se deberá hacer siempre a mano.

Sólo de manera excepcional se autorizará desenrollar el cable fuera de la zanja, en casos muy específicos y siempre bajo la vigilancia del Supervisor de la Obra. Cuando la temperatura ambiente sea inferior a 0 grados centígrados no se permitirá hacer el tendido del cable debido a la rigidez que toma el aislamiento.

La zanja en toda su longitud, deberá estar cubierta con una capa de 10 cm de arena de mina o de río lavada, limpia y suelta en el fondo, antes de proceder al tendido del cable. No se dejará nunca el cable tendido en una zanja abierta, sin haber tomado antes la precaución de cubrirlo con la capa de unos 10 cm de espesor de idénticas características que las anteriores.

En ningún caso se dejarán los extremos del cable en la zanja sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de los mismos.

Cuando dos cables se canalicen para ser empalmados, si están aislados con papel impregnado, se cruzarán por lo menos un metro con objeto de sanear las puntas y si tienen aislamiento de plástico el cruzamiento será como mínimo de 50 cm. Las zanjas, una vez abiertas y antes de tender el cable, se recorrerán con detenimiento para comprobar que se encuentran sin piedras u otros elementos duros que puedan dañar a los cables en su tendido.

Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios, se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas, al terminar los trabajos, en la misma forma en que se encontraban primitivamente. Si involuntariamente se causara alguna avería en dichos servicios, se avisará con toda urgencia a la oficina de control de obras y a la empresa correspondiente, con el fin de que procedan a su reparación. El encargado de la obra por parte del Contratista, tendrá las señas de los servicios públicos, así como su número de teléfono, por si tuviera que llamar comunicando la avería producida.

Si las pendientes son muy pronunciadas, y el terreno es rocoso e impermeable, se está expuesto a que la zanja sirva de drenaje, con lo que se originaría un arrastre de la arena que sirve de lecho a los cables. En este caso, si es un talud, se deberá hacer la zanja al bies para disminuir la pendiente, y de no ser posible, conviene que en esa zona se lleve la canalización entubada y recibida con cemento.

Cuando dos o más cables de media tensión discurren paralelos entre dos subestaciones, centros de reparto, centros de transformación, etc..., deberán señalizarse debidamente, para facilitar su identificación en futuras aperturas de la zanja utilizando para ello cada metro y medio, cintas adhesivas de colores distintos para cada circuito, y en fajas de anchos diferentes para cada fase si son unipolares. De todos modos, al ir separados sus ejes 20 cm mediante un ladrillo o rasilla colocado de canto a lo largo de toda la zanja, se facilitará el reconocimiento de estos cables que además no deben cruzarse en todo el recorrido entre dos Centros de Transformación.

En el caso de canalizaciones con cables unipolares de media tensión formando ternas, la identificación es más dificultosa y por ello es muy importante que los cables o mazos de cables no cambien de posición en todo su recorrido como acabamos de indicar.

Además se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Cada metro y medio serán colocados por fase con una vuelta de cinta adhesiva y permanente, indicando fase 1, fase 2 y fase 3, utilizando para ello los colores normalizados cuando se trate de cables unipolares.
- Por otro lado, cada metro y medio envolviendo las tres fases, se colocarán unas vueltas de cinta adhesiva que agrupe dichos conductores y los mantenga unidos, salvo indicación en contra del Supervisor de Obras. En el caso de varias ternas de cables en mazos, las vueltas de cinta citadas deberán ser de colores distintos que permitan distinguir un circuito de otro.
- Cada metro y medio, envolviendo cada conductor de media tensión tripolar, serán colocadas unas vueltas de cinta adhesiva y permanente de un color distinto para cada circuito, procurando además que el ancho de la faja sea distinto en cada uno.

### **3.2.1.1.1.3. Tendido de los cables en tubulares.**

Cuando el cable se tienda a mano o con cabrestantes y dinamómetro, y haya que pasar el mismo por un tubo, se facilitará esta operación mediante una cuerda, unida a la extremidad del cable, que llevará incorporado un dispositivo de manga tira cables,

teniendo cuidado de que el esfuerzo de tracción sea lo más débil posible, con el fin de evitar alargamiento de la funda de plomo, según se ha indicado anteriormente.

Se situará un obrero en la embocadura de cada cruce de tubo, para guiar el cable y evitar el deterioro del mismo o rozaduras en el tramo del cruce.

Los cables de media tensión unipolares de un mismo circuito, pasarán todos juntos por un mismo tubo dejándolos sin encintar dentro del mismo.

Nunca se deberán pasar dos cables trifásicos de media tensión por un tubo.

En aquellos casos especiales que a juicio del Supervisor de la Obra se instalen los cables unipolares por separado, cada fase pasará por un tubo y en estas circunstancias los tubos no podrán ser nunca metálicos.

Se evitarán en lo posible las canalizaciones con grandes tramos entubados y si esto no fuera posible se construirán arquetas intermedias en los lugares marcados en el proyecto, o en su defecto donde indique el Supervisor de Obra.

Una vez tendido el cable, los tubos se taparán perfectamente con cinta de yute Pirelli Tupir o similar, para evitar el arrastre de tierras, roedores, etc..., por su interior y servir a la vez de almohadilla del cable. Para ello se sierra el rollo de cinta en sentido radial y se ajusta a los diámetros del cable y del tubo quitando las vueltas que sobren.

### **3.2.1.1.2. Empalmes.**

Se realizarán los correspondientes empalmes indicados en el proyecto, cualquiera que sea su aislamiento: papel impregnado, polímero o plástico.

Para su confección se seguirán las normas dadas por el Director de Obra o en su defecto las indicadas por el fabricante del cable o el de los empalmes.

En los cables de papel impregnado se tendrá especial cuidado en no romper el papel al doblar las venas del cable, así como en realizar los baños de aceite con la frecuencia necesaria para evitar huecos. El corte de los rollos de papel se hará por rasgado y no con tijera, navaja, etc...

En los cables de aislamiento seco, se prestará especial atención a la limpieza de las trazas de cinta semiconductora pues ofrecen dificultades a la vista y los efectos de una deficiencia en este sentido pueden originar el fallo del cable en servicio.

### **3.2.1.1.3. Terminales.**

Se utilizará el tipo indicado en el proyecto, siguiendo para su confección las normas que dicte el Director de Obra o en su defecto el fabricante del cable o el de los terminales.

En los cables de papel impregnado se tendrá especial cuidado en las soldaduras, de forma que no queden poros por donde pueda pasar humedad, así como en el relleno de las botellas, realizándose éste con calentamiento previo de la botella terminal y de forma que la pasta rebase por la parte superior.

### **3.2.1.1.4. Transporte de bobinas de cables.**

La carga y descarga, sobre camiones o remolques apropiados, se hará siempre mediante una barra adecuada que pase por el orificio central de la bobina.

Bajo ningún concepto se podrá retener la bobina con cuerdas, cables o cadenas que abracen la bobina y se apoyen sobre la capa exterior del cable enrollado, asimismo no se podrá dejar caer la bobina al suelo desde un camión o remolque.

### **3.2.1.2. Accesorios.**

Los empalmes, terminales y derivaciones, se elegirán de acuerdo a la naturaleza, composición y sección de los cables, y no deberán aumentar la resistencia eléctrica de éstos.

Los terminales deberán ser, asimismo, adecuados a las características ambientales (interior, exterior, contaminación, etc.). Los empalmes y terminales se realizarán siguiendo las instrucciones de montaje dadas por el fabricante.

### **3.2.1.3. Obra civil.**

La obra civil llevada a cabo en esta parte del proyecto consiste en la apertura de las zanjas (en acera, cruce de calles y enterramiento de la línea de media tensión aérea) por donde discurrirán las distintas líneas, los tipos de zanjas se describen en el siguiente apartado en el cual veremos distintas disposiciones según el número de conductores a introducir en ellas.

### **3.2.1.4. Zanjas: Ejecución, tendido, cruzamientos, paralelismos, señalización y acabado.**

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán en el pavimento las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud.

Si ha habido la posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas existentes, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas. Antes de proceder a la apertura de zanjas, se abrirán catas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.

Los cables se alojarán directamente enterrados bajo la acera a una altura de 1m, en zanjas de 1,10 m de profundidad mínima y una anchura que permitan las operaciones de apertura y tendido, con un valor mínimo de 0,35 m.

El radio de curvatura después de colocado el cable será como mínimo, 15 veces el diámetro. Los radios de curvatura en operaciones de tendido será superior a 20 veces su diámetro.

Los cruces de calzadas serán perpendiculares al eje de la calzada o vial, procurando evitarlos, si es posible sin perjuicio del estudio económico de la instalación en proyecto, y si el terreno lo permite.

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

El lecho de la zanja debe ser liso y estar libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. En el mismo se colocará una capa de arena de mina o de río lavada, limpia y suelta, exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, y el tamaño del grano estará comprendido entre 0,2 y 3 mm, de un espesor mínimo de 0,10 m, sobre la que se depositará el cable o cables a instalar.

Encima irá otra capa de arena de idénticas características y con unos 0,10 m de espesor, y sobre ésta se instalará una protección mecánica a todo lo largo del trazado del cable, esta protección estará constituida por un tubo de plástico cuando exista 1 línea, y por un tubo y una placa cubrecables cuando el número de líneas sea mayor, las características de las placas cubrecables serán las establecidas en las NI 52.95.01. A continuación se tenderá una capa de tierra procedente de la excavación y con tierras de préstamo de, arena, todo-uno o zahorras, de 0,25 m de espesor, apisonada por medios manuales. Se cuidará que esta capa de tierra esté exenta de piedras o cascotes.

Sobre esta capa de tierra, y a una distancia mínima del suelo de 0,10 m y 0,30 m de la parte superior del cable se colocará una cinta de señalización como advertencia de la presencia de cables eléctricos, las características, color, etc., de esta cinta serán las establecidas en la NI 29.00.01.

El tubo de 160 mm Ø que se instale como protección mecánica, incluirá en su interior, como mínimo, 4 mono ductos de 40 mm Ø, según NI 52.95.03, para poder ser utilizado como conducto de cables de control y redes multimedia. Se dará continuidad en todo el recorrido de este tubo, al objeto de facilitar el tendido de los cables de control, incluido en las arquetas y calas de tiro si las hubiera y obras de mantenimiento, garantizándose su estanqueidad en todo el trazado.

A continuación se terminará de rellenar la zanja con tierra procedente de la excavación y con tierras de préstamo de, arena, todo-uno o zahorras, debiendo de utilizar para su apisonado y compactación medios mecánicos. Después se colocará una capa de tierra vegetal o un firme de hormigón de H-200 de unos 0,12 m de espesor y por último se repondrá el pavimento a ser posible del mismo tipo y calidad del que existía antes de realizar la apertura.

Para los cruzamientos la zanja tendrá una anchura mínima de 0,35 m para la colocación de dos tubos rectos de 160 mm Ø aumentando la anchura en función del número de tubos a instalar. Cuando se considere necesario instalar tubo para los cables de control, se instalará un tubo más, destinado a este fin. Se dará continuidad en todo su recorrido, al objeto de facilitar el tendido de los cables de control, incluido en las arquetas y calas de tiro si las hubiera.

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

La profundidad de la zanja dependerá del número de tubos, pero será la suficiente para que los situados en el plano superior queden a una profundidad aproximada de 0,7 m, tomada desde la rasante del terreno a la parte inferior del tubo.

En el fondo de la zanja y en toda la extensión se colocará una solera de limpieza de unos 0,05 m aproximadamente de espesor de hormigón H-200, sobre la que se depositarán los tubos dispuestos por planos. A continuación se colocará otra capa de hormigón H-200 con un espesor de 0,10 m por encima de los tubos y envolviéndolos completamente.

La canalización deberá tener una señalización colocada de la misma forma que la indicada en el caso anterior o marcado sobre el propio tubo, para advertir de la presencia de cables de alta tensión.

Y por último, se hace el relleno de la zanja, dejando libre el espesor del pavimento, para este relleno se utilizará hormigón H-200, en las canalizaciones que no lo exijan las Ordenanzas Municipales la zona de relleno será de todo-uno o zahorra.

Después se colocará un firme de hormigón de H-200 de unos 0,30 m de espesor y por último se repondrá el pavimento a ser posible del mismo tipo y calidad del que existía antes de realizar la apertura.

### **3.2.2. Normas generales para la ejecución de las instalaciones.**

El diseño de la instalación eléctrica estará de acuerdo con las exigencias o recomendaciones expuestas en la última edición de los siguientes códigos:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Complementarias.
- Normas UNE.
- Publicaciones del Comité Electrotécnico Internacional (CEI).
- Plan nacional y Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo.
- Normas de la Compañía Suministradora (Iberdrola).

Todos los materiales, aparatos, máquinas y conjuntos integrados en los circuitos de instalación proyectada cumplen las normas, especificaciones técnicas y homologaciones que le son establecidas como de obligado cumplimiento por el Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Por lo tanto la instalación se ajustará a los planos, materiales y calidades de dicho proyecto, salvo orden facultativa en contra.

Corresponderá al Contratista la responsabilidad de la ejecución de las instalaciones que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

El Contratista tendrá al frente de la obra un encargado con autoridad sobre los demás operarios y conocimientos acreditados y suficientes para la ejecución de la obra.

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

El encargado recibirá, cumplirá y transmitirá las instrucciones y órdenes del Técnico Director de la obra.

El Contratista tendrá en la obra, el número y clase de operarios que hagan falta para el volumen y naturaleza de los trabajos que se realicen, los cuáles serán de reconocida aptitud y experimentados en el oficio. El Contratista estará obligado a separar de la obra, a aquel personal que a juicio del Técnico Director no cumpla con sus obligaciones, realice el trabajo defectuosamente, bien por falta de conocimientos o por obrar de mala fe.

Las canalizaciones, salvo casos de fuerza mayor, se ejecutarán en terrenos de dominio público, bajo las aceras y evitando ángulos pronunciados.

El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales, cuidando de no afectar a las cimentaciones de los mismos.

Antes de comenzar los trabajos de apertura de zanjas, se marcarán en el terreno las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud y las zonas donde se dejen llaves para la contención del terreno.

Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas existentes, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas. Antes de proceder a la apertura de zanjas, se abrirán catas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.

Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de las zanjas como de los pasos que sean necesarios para los accesos a los portales, garajes, etc..., así como las chapas de hierro que hayan de colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos.

Al marcar el trazado de las zanjas, se tendrá en cuenta el radio mínimo de curvatura de las mismas, que no podrá ser inferior a 10 veces el diámetro de los cables que se vayan a canalizar en la posición definitiva y 20 veces en el tendido.

Las zanjas se harán verticales hasta la profundidad determinada, colocándose entubaciones en los casos en que la naturaleza del terreno lo haga preciso.

La zona de trabajo estará adecuadamente vallada, y dispondrá de las señalizaciones necesarias y de iluminación nocturna en ámbar rojo.

El vallado debe abarcar todo elemento que altere la superficie vial (caseta, maquinaria, materiales apilados, etc), será continuo en todo su perímetro y con vallas consistentes y perfectamente alineadas, delimitando los espacios destinados a viandantes, tráfico rodado y canalización. La obra estará identificada mediante letreros normalizados por los ayuntamientos.

Se instalará la señalización vertical necesaria para garantizar la seguridad de los viandantes, automovilistas y personal de la obra. Las señales de tránsito a disponer serán, como mínimo, las exigidas por el código de circulación y las ordenanzas vigentes.

### **3.3 Pliego de condiciones de la red de BT**

#### **3.3.1. Calidad de los materiales. Condiciones y ejecución.**

Todos los materiales empleados serán de primera calidad. Cumplirán las especificaciones y tendrán las características indicadas en el proyecto y en las normas técnicas generales, y además en las de la compañía distribuidora de energía, para este tipo de materiales.

Toda especificación o característica de materiales que figuren en uno solo de los documentos del proyecto, aún sin figurar en los otros, es igualmente obligatoria.

En caso de existir contradicción u omisión en los documentos del proyecto, el Contratista tendrá la obligación de ponerlo de manifiesto al Técnico Director de la Obra, quien decidirá sobre el particular. En ningún caso podrá suplir la falta directamente, sin la autorización expresa.

Una vez adjudicada la obra y antes de iniciarse, el Contratista presentará al Técnico Director los catálogos, cartas muestra, certificados de garantía o de homologación de los materiales que vayan a emplearse. No podrán utilizarse materiales que no hayan sido aceptados por el Técnico Director.

##### **3.3.1.1. Conductores: Tendido, empalmes, terminales, cruces y protecciones.**

Se utilizarán cables con aislamiento de dieléctrico seco:

**Cable tipo RV/XZ1(S)-0,6/1 KV 3x240+1x150mm<sup>2</sup> AL**

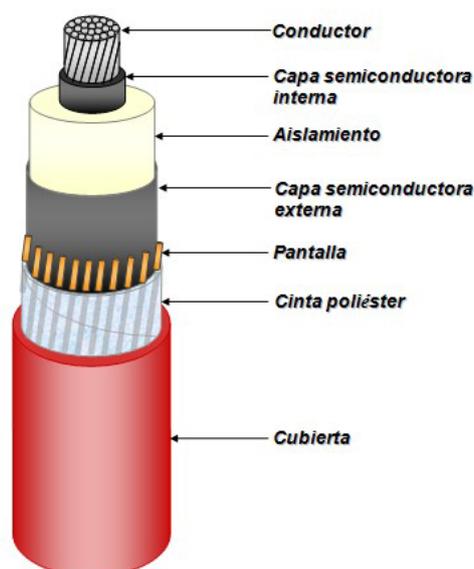
Todas las líneas serán siempre de cuatro conductores, tres para fase y uno para neutro.

Las conexiones de los conductores subterráneos se efectuarán siguiendo métodos o sistemas que garanticen una perfecta continuidad del conductor y de su aislamiento.

La utilización de las diferentes secciones será la siguiente:

- Las secciones de 240 mm<sup>2</sup> se utilizarán en la red subterránea de distribución en BT y en los puentes de unión de los transformadores de potencia con sus correspondientes cuadros de distribución de BT.
- La sección de 150 mm<sup>2</sup>, se utilizará como neutro de la sección de 240 mm<sup>2</sup> línea de derivación de la red general y acometidas.

La constitución del cable se muestra en la figura:



Los conductores llevarán inscritas sobre la cubierta de forma legible e indeleble las marcas siguientes:

- Nombre del fabricante.
- Designación completa.
- Año de fabricación (dos últimas cifras).
- Indicación de calidad concertada (cuando la tenga).

La separación entre marcas no será superior a 30 cm.

### 3.3.1.1.1. Tendido de los cables.

Para el tendido la bobina estará siempre elevada, sujeta por barras y gatos adecuados al peso de la misma y dispositivos de frenado.

El desenrollado del conductor se realizará de forma que éste salga por la parte superior de la bobina.

El fondo de la zanja deberá estar cubierto en toda su longitud con una capa de 10 cm de arena de mina o de río lavada, limpia y suelta, antes de proceder al tendido de los cables.

Los cables deben de ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado, evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc..., y teniendo en cuenta siempre que el radio de curvatura en el tendido de los mismos, aunque sea accidentalmente, no debe ser inferior a 20 veces su diámetro.

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

Para la coordinación de movimientos de tendido se dispondrá de personal y los medios de comunicación adecuados.

Cuando los cables se tiendan a mano, los operarios estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja.

También se puede tender mediante cabrestantes, tirando del extremo del cable al que se le habrá adaptado una cabeza apropiada y con un esfuerzo de tracción por milímetro cuadrado de conductor que no debe exceder de 3 kg/mm<sup>2</sup>. Será imprescindible la colocación de dinamómetros para medir dicha tracción.

El tendido se hará obligatoriamente por rodillos que puedan girar libremente y contruidos de forma que no dañen el cable, dispuestos sobre el fondo de la zanja, para evitar el rozamiento del cable con el terreno.

Durante el tendido, se tomarán precauciones para evitar que el cable sufra esfuerzos importantes, golpes o rozaduras.

En las curvas, se tomarán las medidas oportunas para evitar rozamientos laterales de cable. No se permitirá desplazar lateralmente el cable por medio de palancas u otros útiles, deberá hacerse siempre a mano.

Solo de manera excepcional se autorizará desenrollar el cable fuera de la zanja y siempre sobre rodillos.

No se dejarán nunca los cables tendidos en una zanja abierta sin haber tomado antes la precaución de cubrirlos con la capa de arena fina y la protección de la placa.

En todo momento, las puntas de los cables deberán estar selladas mediante capuchones termorretráctiles o cintas autovulcanizadas para impedir los efectos de la humedad, no dejándose los extremos de los cables en la zanja sin haber asegurado antes la buena estanqueidad de los mismos.

Cuando dos cables que se canalicen vayan a ser empalmados, se solaparán al menos en una longitud de 50 cm.

Las zanjas se recorrerán con detenimiento antes de tender el cable para comprobar que se encuentran sin piedras u otros elementos duros que puedan dañar a los cables en su tendido.

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios, se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas, al terminar los trabajos, en las mismas condiciones en que se encontraban primitivamente.

Si involuntariamente se causara alguna avería a dichos servicios, se avisará con toda urgencia a la Empresa correspondiente con el fin de que procedan a su reparación.

Cada metro y medio, envolviendo las tres fases y el neutro, se colocará una sujeción que agrupe dichos conductores y los mantenga unidos, evitando la dispersión de los mismos por efecto de las corrientes de cortocircuito o dilataciones.

Antes de pasar el cable por una canalización entubada, se limpiará la misma para evitar que queden salientes que puedan dañarlos.

En las entradas de los tubulares se evitará que el cable roce el borde de los mismos.

Para los cruces de calles y carreteras:

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores conforme con lo establecido en la ITC-BT-21, recubiertos de hormigón en toda su longitud a una profundidad mínima de 0,80 m. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

### **3.3.1.1.2. Protección mecánica y de sobreintensidad.**

#### **- Protección mecánica:**

Las líneas eléctricas subterráneas deben estar protegidas contra posibles averías producidas por hundimiento de tierras, por contacto con cuerpos duros y por choque de herramientas metálicas en eventuales trabajos de excavación.

Para señalar la existencia de las mismas y protegerlas, a la vez, se colocará encima de la capa de arena, una placa de protección y/o tubo.

La anchura se incrementará hasta cubrir todas las cuaternas en caso de haber más de una.

#### **- Protección de sobreintensidad:**

Con carácter general, los conductores estarán protegidos por los fusibles existentes contra sobrecargas y cortocircuitos.

Para la adecuada protección de los cables contra sobrecargas, mediante fusibles de la clase gG.

Cuando se prevea la protección de conductor por fusibles contra cortocircuitos, deberá tenerse en cuenta la longitud de la línea que realmente protege y que se indica en el siguiente cuadro en metros.

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
Longitudes en metros (1)						

### 3.3.1.1.3. Señalización.

Todo conjunto de cables debe estar señalado por una cinta de atención, de acuerdo con la RU 0205, colocada a 40 cm aproximadamente, por encima de la placa de protección. Cuando en la misma zanja existan líneas de tensión diferente (Baja y Media Tensión), en diferentes planos verticales, debe colocarse dicha cinta encima de la conducción superior.

### 3.3.1.1.4. Empalmes y terminales.

Para la confección de empalmes y terminales se seguirán los procedimientos establecidos por el fabricante y homologados por las empresas.

El técnico supervisor conocerá y dispondrá de la documentación necesaria para evaluar la confección del empalme o terminación.

En concreto se revisarán las dimensiones del pelado de cubierta, utilización de manguitos o terminales adecuados y su engaste con el utillaje necesario, limpieza y reconstrucción del aislamiento. Los empalmes se identificarán con el nombre del operario y sólo se utilizarán los materiales homologados.

La reconstrucción del aislamiento deberá efectuarse con las manos bien limpias, depositando los materiales que componen el empalme sobre una lona limpia y seca. El montaje deberá efectuarse ininterrumpidamente.

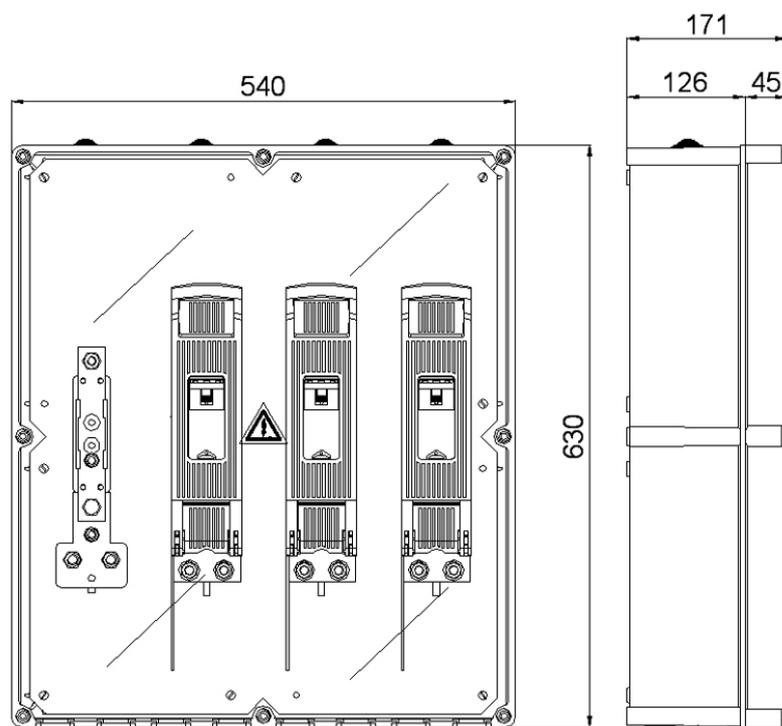
Los empalmes unipolares se efectuarán escalonados, por lo tanto deberán cortarse los cables con distancias a partir de sus extremos de 50 mm, aproximadamente.

En el supuesto que el empalme requiera una protección mecánica, se efectuará el procedimiento de confección adecuado, utilizando además la caja de poliéster indicada para cada caso.

### 3.3.1.1.5. Cajas generales de protección (CGP).

Son cajas destinadas a alojar los elementos de protección de las líneas repartidoras y señalización del principio de la propiedad de las instalaciones de los usuarios.

Las cajas generales de protección se colocarán empotradas en las fachadas de los edificios. Se utilizarán las correspondientes cajas.



Las características técnicas de las CGP son:

- Envolvente de doble aislamiento, tipo UNINTER módulo 7060, cuba fabricada en poliéster reforzado con fibra de vidrio y tapa de policarbonato transparente.
- Tres bases de 250 A, con dispositivo extintor de arco y detector de fusión.
- Neutro amovible con pletina de conexión para terminales.
- Las conexiones eléctricas se efectúan con tornillería de acero inoxidable.
- Tornillos de acero inoxidable embutidos en las pletinas de entrada y salida de abonado, para el conexionado de terminales bimetálicos hasta 240 mm<sup>2</sup>.
- Complemento: puerta metálica referencia 931.132-IB.
- Esquema 10/BUC.

### 3.3.1.1.6 Armarios de distribución.

Su utilización será para ir en conjunto con las cajas generales de protección y medida, ya que estas no admiten la sección del cable proyectado en los anillos.

Serán las de tipo Maxinter CS-250/400-E.

Las características técnicas son:

- Envolvente de poliéster reforzado con fibra de vidrio, tipo MAXINTER.

- Grado de protección IP 43 UNE 20 234 e IK09 UNE EN 50 102.
- Tres bases unipolares cerradas BUC tamaño 1 o tamaño 2, con dispositivo extintor de arco y tornillería de conexión M10 de acero inoxidable.
- Neutro amovible con tornillería de conexión M10 de acero inoxidable.

### **3.3.1.2 Accesorios.**

Los empalmes, terminales y derivaciones, se elegirán de acuerdo a la naturaleza, composición y sección de los cables, y no deberán aumentar la resistencia eléctrica de éstos. Los terminales deberán ser, asimismo, adecuados a las características ambientales (interior, exterior, contaminación, etc.). Los empalmes y terminales se realizarán siguiendo las instrucciones de montaje dadas por el fabricante.

### **3.3.1.3 Medidas eléctricas.**

Una vez terminadas las obras, se realizarán las medidas eléctricas correspondientes de: puesta a tierra del neutro de la instalación para comprobar su buen funcionamiento y corregirlo en caso contrario; también se comprobará la continuidad de los conductores para localizar posibles fallos que se hayan producido en su tendido; y por último se medirán las tensiones entre fases, y entre fases y neutro al inicio y al final de la instalación para comprobar que estas se encuentran dentro de los límites impuestos.

### **3.3.1.4. Obra civil.**

La obra civil llevada a cabo en esta parte del proyecto consiste en la apertura de las zanjas (en acera y cruce de calles) por donde discurrirán las distintas líneas, los tipos de zanjas se describen en el siguiente apartado en el cual veremos distintas disposiciones según el número de conductores a introducir en ellas.

### **3.3.1.5. Zanjas: Ejecución, tendido, cruzamientos, señalización y acabado.**

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán en el pavimento las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud.

Si ha habido la posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas existentes, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas.

Antes de proceder a la apertura de zanjas, se abrirán catas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.

Los cables de BT se alojarán directamente enterrados bajo la acera a una altura de 0,70 m, en zanjas de 0,80 m de profundidad mínima y una anchura que permitan las operaciones de apertura y tendido, con un valor mínimo de 0,60 m.

El lecho de la zanja debe ser liso y estar libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. En el mismo se colocará una capa de arena de mina o de río lavada, limpia y suelta,

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, y el tamaño del grano estará comprendido entre 0,2 y 3 mm, de un espesor mínimo de 0,10 m, sobre la que se depositarán los cables a instalar.

Por encima del cable se colocará otra capa de arena de idénticas características y con unos 0,10 m de espesor, y sobre ésta se instalará una protección mecánica a todo lo largo del trazado del cable, esta protección estará constituida por un tubo de plástico cuando existan 1 ó 2 líneas, y por un tubo y una placa cubrecables cuando el número de líneas sea mayor, las características de las placas cubrecables serán las establecidas en las NI 52.95.01.

Las dos capas de arena cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener 0,05 m entre los cables y las paredes laterales. A continuación se tenderá una capa de tierra procedente de la excavación y tierras de préstamo, arena, todo-uno o zahorras, de 0,25 m de espesor, apisonada por medios manuales. Se cuidará que esta capa de tierra esté exenta de piedras o cascotes.

Sobre esta capa de tierra, y a una distancia mínima del suelo de 0,10 m y 0,25 m de la parte superior del cable se colocará una cinta de señalización, como advertencia de la presencia de cables eléctricos, Las características, color, etc., de esta cinta serán las establecidas en la NI 29.00.01.

El tubo de 160 mm Ø que se instalará como protección mecánica, podrá utilizarse, cuando sea necesario, como conducto para cables de control, red multimedia e incluso para otra línea de BT. Este tubo se dará continuidad en todo su recorrido, al objeto de facilitar el tendido de los cables de control, incluido en las arquetas y calas de tiro si las hubiera.

Y por último se terminará de rellenar la zanja con tierra procedente de la excavación y tierras de préstamo, arena, todo-uno o zahorras, debiendo de utilizar para su apisonado y compactación medios mecánicos. Después se colocará una capa de tierra vegetal o un firme de hormigón de H-200 de unos 0,12 m de espesor y por último se repondrá el pavimento a ser posible del mismo tipo y calidad del que existía antes de realizar la apertura.

Para los cruzamientos la zanja tendrá una anchura mínima de 0,35 m, para la colocación de dos tubos de 160 mm Ø, aumentando la anchura en función del número de tubos a instalar. Cuando se consideré necesario instalar tubo para los cables de control, se instalará un tubo más de red de 160 mm Ø, destinado a este fin. Este tubo se dará continuidad en todo su recorrido. Los tubos podrán ir colocados en uno, dos o tres planos.

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

La profundidad de la zanja dependerá del número de tubos, pero será la suficiente para que los situados en el plano superior queden a una profundidad aproximada de 0,80 m, tomada desde la rasante del terreno a la parte inferior del tubo.

En el fondo de la zanja y en toda la extensión se colocará una solera de limpieza de unos 0,05 m aproximadamente de espesor de hormigón H-200, sobre la que se depositarán los tubos dispuestos por planos. A continuación se colocará otra capa de hormigón H-200 con un espesor de 0,10 m por encima de los tubos y envolviéndolos completamente. Y por último, se hace el relleno de la zanja, dejando libre el espesor del firme y pavimento, para este relleno se utilizará hormigón H-200, en las canalizaciones que no lo exijan las Ordenanzas Municipales la zona de relleno será de todo-uno o zahorra.

Después se colocará un firme de hormigón de H-200 de unos 0,30 m de espesor y por último se repondrá el pavimento a ser posible del mismo tipo y calidad del que existía antes de realizar la apertura.

Los tipos de zanja a utilizar para las distintas disposiciones de los conductores quedan reflejados en los planos 18 y 19.

### **3.3.2. Normas generales para la ejecución de las instalaciones.**

El diseño de la instalación eléctrica estará de acuerdo con las exigencias y recomendaciones expuestas en la última edición de los siguientes códigos:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Complementarias.
- Normas UNE.
- Publicaciones del Comité Electrotécnico Internacional (CEI).
- Plan nacional y Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo.
- Normas de la Compañía Suministradora (Iberdrola).

Todos los materiales, aparatos, máquinas y conjuntos integrados en los circuitos de instalación proyectada cumplen las normas, especificaciones técnicas y homologaciones que le son establecidas como de obligado cumplimiento por el Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Por lo tanto la instalación se ajustará a los planos, materiales y calidades de dicho proyecto, salvo orden facultativa en contra.

Corresponderá al Contratista la responsabilidad de la ejecución de las instalaciones que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

El Contratista tendrá al frente de la obra un encargado con autoridad sobre los demás operarios y conocimientos acreditados y suficientes para la ejecución de la obra.

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

El encargado recibirá, cumplirá y transmitirá las instrucciones y órdenes del Técnico Director de la obra.

El Contratista tendrá en la obra, el número y clase de operarios que hagan falta para el volumen y naturaleza de los trabajos que se realicen, los cuáles serán de reconocida aptitud y experimentados en el oficio. El Contratista estará obligado a separar de la obra, a aquel personal que a juicio del Técnico Director no cumpla con sus obligaciones, realice el trabajo defectuosamente, bien por falta de conocimientos o por obrar de mala fe.

Las canalizaciones, salvo casos de fuerza mayor, se ejecutarán en terrenos de dominio público, bajo las aceras y evitando ángulos pronunciados.

El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales, cuidando de no afectar a las cimentaciones de los mismos.

Antes de comenzar los trabajos de apertura de zanjas, se marcarán en el terreno las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud y las zonas donde se dejen llaves para la contención del terreno.

Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas existentes, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas. Antes de proceder a la apertura de zanjas, se abrirán catas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.

Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de las zanjas como de los pasos que sean necesarios para los accesos a los portales, garajes, etc...., así como las chapas de hierro que hayan de colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos.

Al marcar el trazado de las zanjas, se tendrá en cuenta el radio mínimo de curvatura de las mismas, que no podrá ser inferior a 10 veces el diámetro de los cables que se vayan a canalizar en la posición definitiva y 20 veces en el tendido.

Las zanjas se harán verticales hasta la profundidad determinada, colocándose entubaciones en los casos en que la naturaleza del terreno lo haga preciso.

La zona de trabajo estará adecuadamente vallada, y dispondrá de las señalizaciones necesarias y de iluminación nocturna en ámbar rojo.

El vallado debe abarcar todo elemento que altere la superficie vial (caseta, maquinaria, materiales apilados, etc), será continuo en todo su perímetro y con vallas consistentes y perfectamente alineadas, delimitando los espacios destinados a viandantes, tráfico rodado y canalización. La obra estará identificada mediante letreros normalizados por los ayuntamientos.

Se instalará la señalización vertical necesaria para garantizar la seguridad de los viandantes, automovilistas y personal de la obra. Las señales de tránsito a disponer serán, como mínimo, las exigidas por el código de circulación y las ordenanzas vigentes.

### **3.3.3 Revisiones y pruebas reglamentarias al finalizar la obra.**

Antes de la puesta en servicio del sistema eléctrico, el Contratista habrá de hacer los ensayos adecuados para probar, a la entera satisfacción del Técnico Director de obra, que todos los equipos, aparatos y cableado han sido instalados correctamente de acuerdo con las normas establecidas y están en condiciones satisfactorias de trabajo.

Todos los ensayos serán presenciados por el Ingeniero que representa al Técnico Director de obra.

Los resultados de los ensayos serán pasados en certificados indicando fecha y nombre de la persona a cargo del ensayo, así como categoría profesional. Los cables, antes de ponerse en funcionamiento, se someterán a un ensayo de resistencia de aislamiento entre las fases, y entre fases y tierra. En los cables enterrados, estos ensayos de resistencia de aislamiento se harán antes y después de efectuar el rellenado y compactado.

Antes de poner el aparellaje bajo tensión, se medirá la resistencia de aislamiento de cada embarrado entre fases y entre fases y tierra. Las medidas deben repetirse con los interruptores en posición de funcionamiento y contactos abiertos.

Todo relé de protección que sea ajustable será calibrado y ensayado, usando contador de ciclos, caja de carga, amperímetro y voltímetro, según se necesite.

Se dispondrá en lo posible, de un sistema de protección selectiva. De acuerdo con esto, los relés de protección se elegirán y coordinarán para conseguir un sistema que permita actuar primero el dispositivo de interrupción más próximo a la falta.

El Contratista preparará curvas de coordinación de relés y calibrado de éstos para todos los sistemas de protección previstos.

Se comprobarán los circuitos secundarios de los transformadores de intensidad y tensión aplicando corrientes o tensión a los arrollamientos secundarios de los transformadores y comprobando que los instrumentos conectados a estos secundarios funcionan.

Todos los interruptores automáticos se colocarán en posición de prueba y cada interruptor será cerrado y disparado desde su interruptor de control. Los interruptores deben ser disparados por accionamiento manual y aplicando corriente a los relés de protección. Se comprobarán todos los enclavamientos.

### **3.3.4 Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.**

Para el uso de las instalaciones, primero éstas habrán tenido que pasar sus respectivas revisiones y pruebas para comprobar su correcto funcionamiento; el mantenimiento de las mismas será realizado por la empresa suministradora de energía ateniéndose a toda la reglamentación respectiva al tipo de instalación proyectada; la seguridad para las personas encargadas de la ejecución y mantenimiento de las instalaciones será la emitida en los siguientes documentos:

- Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- R.D. 1627/1997 de 24 de Octubre de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- R.D. 485/1997 de 14 de Abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- R.D. 1215/1997 de 18 de Julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- R.D. 773/1997 de 30 de Mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

### **3.3.5 Revisiones, inspecciones y pruebas periódicas reglamentarias a efectuar por parte de instaladores, de mantenedores y/o organismos de control.**

Generalmente, asumimos que la instalación eléctrica es un tipo de instalación que una vez realizada y puesta en funcionamiento, no precisa más cuidados que un mantenimiento sustitutivo de los elementos fungibles (fusibles, lámparas, relés, etc.).

Las instalaciones eléctricas y, especialmente, los elementos de protección contra contactos eléctricos, requieren de un proceso de revisión periódica que permita conocer el estado de los equipos y subsanar las faltas, averías o fallos en los mismos.

## **3.4 Pliego de condiciones de los Centros de Transformación**

### **3.4.1 Calidad de los materiales**

#### **3.4.1.1 Obra civil.**

La(s) envolvente(s) empleada(s) en la ejecución de este proyecto cumplirán las condiciones generales prescritas en el MIE-RAT 14, Instrucción Primera del Reglamento de Seguridad en Centrales Eléctricas, en lo referente a su inaccesibilidad, pasos y accesos, conducciones y almacenamiento de fluidos combustibles y de agua,

alcantarillado, canalizaciones, cuadros y pupitres de control, celdas, ventilación, paso de líneas y canalizaciones eléctricas a través de paredes, muros y tabiques. Señalización, sistemas contra incendios, alumbrados, primeros auxilios, pasillos de servicio y zonas de protección y documentación.

### **3.4.1.2 Aparamenta de Media Tension**

Las celdas empleadas serán prefabricadas, con envolvente metálica, y que utilicen gas para cumplir dos misiones:

- - Aislamiento: El aislamiento integral en gas confiere a la aparamenta sus características de resistencia al medio ambiente, bien sea a la polución del aire, a la humedad, o incluso a la eventual sumersión del centro por efecto de riadas. Por ello, esta característica es esencial especialmente en las zonas con alta polución, en las zonas con clima agresivo (costas marítimas y zonas húmedas) y en las zonas más expuestas a riadas o entradas de agua en el centro.
- - Corte: El corte en gas resulta más seguro que el aire, debido a lo explicado para el aislamiento.

Igualmente, las celdas empleadas habrán de permitir la extensibilidad "in situ" del centro, de forma que sea posible añadir más líneas o cualquier otro tipo de función, sin necesidad de cambiar la aparamenta previamente existente en el centro.

### **3.4.1.3 Transformadores de potencia**

El transformador o transformadores instalados en este Centro de Transformación serán trifásicos, con neutro accesible en el secundario y demás características según lo indicado en la Memoria en los apartados correspondientes a potencia, tensiones primarias y secundarias, regulación en el primario, grupo de conexión, tensión de cortocircuito y protecciones propias del transformador.

Estos transformadores se instalarán, en caso de incluir un líquido refrigerante, sobre una plataforma ubicada encima de un foso de recogida, de forma que en caso de que se derrame e incendie, el fuego quede confinado en la celda del transformador, sin difundirse por los pasos de cable ni otras aberturas al resto del Centro de Transformación, si estos son de maniobra interior (tipo caseta).

Los transformadores, para mejor ventilación, estarán situados en la zona de flujo natural de aire, de forma que la entrada de aire esté situada en la parte inferior de las paredes adyacentes al mismo y las salidas de aire en la zona superior de esas paredes.

### **3.4.1.4 Equipos de medida**

Al tratarse de un Centro para distribución pública, no se incorpora medida de energía en MT, por lo que ésta se efectuará en las condiciones establecidas en cada uno de los ramales en el punto de derivación hacia cada cliente en BT, atendiendo a lo especificado en el Reglamento de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.

- Puesta en servicio

El personal encargado de realizar las maniobras estará debidamente autorizado y adiestrado.

Las maniobras se realizarán en el siguiente orden: primero se conectará el interruptor/seccionador de entrada, si lo hubiere. A continuación se conectará la aparamenta de conexión siguiente hasta llegar al transformador, con lo cual tendremos a éste trabajando para hacer las comprobaciones oportunas.

Una vez realizadas las maniobras de MT, procederemos a conectar la red de BT.

- Separación de servicio

Estas maniobras se ejecutarán en sentido inverso a las realizadas en la puesta en servicio y no se darán por finalizadas mientras no esté conectado el seccionador de puesta a tierra.

- Mantenimiento

Para dicho mantenimiento se tomarán las medidas oportunas para garantizar la seguridad del personal.

Este mantenimiento consistirá en la limpieza, engrasado y verificado de los componentes fijos y móviles de todos aquellos elementos que fuese necesario.

Las celdas tipo CGMcosmos de ORMAZABAL, empleadas en la instalación, no necesitan mantenimiento interior, al estar aislada su aparamenta interior en gas, evitando de esta forma el deterioro de los circuitos principales de la instalación.

## **3.4.2 Normas de ejecución de las instalaciones**

Todos los materiales, aparatos, máquinas, y conjuntos integrados en los circuitos de instalación proyectada cumplen las normas, especificaciones técnicas, y homologaciones que le son establecidas como de obligado cumplimiento por el Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Por lo tanto, la instalación se ajustará a los planos, materiales, y calidades de dicho proyecto, salvo orden facultativa en contra.

## **3.4.3 Pruebas reglamentarias**

Las pruebas y ensayos a que serán sometidos los equipos y/o edificios una vez terminada su fabricación serán las que establecen las normas particulares de cada producto, que se encuentran en vigor y que aparecen como normativa de obligado cumplimiento en el MIE-RAT 02.

## **3.4.4. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.**

El centro deberá estar siempre perfectamente cerrado, de forma que impida el acceso de las personas ajenas al servicio.

En el interior del centro no se podrá almacenar ningún elemento que no pertenezca a la propia instalación.

Para la realización de las maniobras oportunas en el centro se utilizará banquillo, palanca de accionamiento, guantes, etc., y deberán estar siempre en perfecto estado de uso, lo que se comprobará periódicamente.

Antes de la puesta en servicio en carga del centro, se realizará una puesta en servicio en vacío para la comprobación del correcto funcionamiento de las máquinas.

Se realizarán unas comprobaciones de las resistencias de aislamiento y de tierra de los diferentes componentes de la instalación eléctrica.

Toda la instalación eléctrica debe estar correctamente señalizada y debe disponer de las advertencias e instrucciones necesarias de modo que se impidan los errores de interrupción, maniobras incorrectas, y contactos accidentales con los elementos en tensión o cualquier otro tipo de accidente.

Se colocarán las instrucciones sobre los primeros auxilios que deben presentarse en caso de accidente en un lugar perfectamente visible.

## **3.4.5 Certificados y documentación**

Se adjuntarán, para la tramitación de este proyecto ante los organismos público competentes, las documentaciones indicadas a continuación:

- Autorización administrativa de la obra.
- Proyecto firmado por un técnico competente.
- Certificado de tensión de paso y contacto, emitido por una empresa homologada.
- Certificación de fin de obra.
- Contrato de mantenimiento.
- Conformidad por parte de la compañía suministradora.

### **3.4.6 Libro de órdenes**

Se dispondrá en este centro de un libro de órdenes, en el que se registrarán todas las incidencias surgidas durante la vida útil del citado centro, incluyendo cada visita, revisión, etc.

### **3.5 Pliego de condiciones Plan de Gestión de Residuos**

#### **3.5.1 Obligaciones Agentes Intervinientes**

Además de las obligaciones previstas en la normativa aplicable, la persona física o jurídica que ejecute la obra estará obligada a presentar a la propiedad de la misma un plan que refleje cómo llevará a cabo las obligaciones que le incumban en relación con los residuos de construcción y demolición que se vayan a producir en la obra. El plan, una vez aprobado por la dirección facultativa y aceptado por la propiedad, pasará a formar parte de los documentos contractuales de la obra.

- El poseedor de residuos de construcción y demolición, cuando no proceda a gestionarlos por sí mismo, y sin perjuicio de los requerimientos del proyecto aprobado, estará obligado a entregarlos a un gestor de residuos o a participar en un acuerdo voluntario o convenio de colaboración para su gestión. Los residuos de construcción y demolición se destinarán preferentemente, y por este orden, a operaciones de reutilización, reciclado o a otras formas de valorización y en última instancia a depósito en vertedero.
- Según exige el Real Decreto 105/2008, que regula la producción y gestión de los residuos de construcción y de demolición, el poseedor de los residuos estará obligado a sufragar los correspondientes costes de gestión de los residuos.

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

- El productor de residuos (promotor) habrá de obtener del poseedor (contratista) la documentación acreditativa de que los residuos de construcción y demolición producidos en la obra han sido gestionados en la misma ó entregados a una instalación de valorización ó de eliminación para su tratamiento por gestor de residuos autorizado, en los términos regulados en la normativa y, especialmente, en el plan o en sus modificaciones. Esta documentación será conservada durante cinco años.
- En las obras de edificación sujetas la licencia urbanística la legislación autonómica podrá imponer al promotor (productor de residuos) la obligación de constituir una fianza, o garantía financiera equivalente, que asegure el cumplimiento de los requisitos establecidos en dicha licencia en relación con los residuos de construcción y demolición de la obra, cuyo importe se basará en el capítulo específico de gestión de residuos del presupuesto de la obra.
- Todos los trabajadores intervinientes en obra han de estar formados e informados sobre el procedimiento de gestión de residuos en obra que les afecta, especialmente de aquellos aspectos relacionados con los residuos peligrosos.

### **3.5.2 Gestión de Residuos**

- Según requiere la normativa, se prohíbe el depósito en vertedero de residuos de construcción y demolición que no hayan sido sometidos a alguna operación de tratamiento previo.
- El poseedor de los residuos estará obligado, mientras se encuentren en su poder, a mantenerlos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad, así como a evitar la mezcla de fracciones ya seleccionadas que impida o dificulte su posterior valorización o eliminación.
- Se debe asegurar en la contratación de la gestión de los residuos, que el destino final o el intermedio son centros con la autorización autonómica del organismo competente en la materia. Se debe contratar sólo transportistas o gestores autorizados por dichos organismos e inscritos en los registros correspondientes.
- Para el caso de los residuos con amianto se cumplirán los preceptos dictados por el RD 396/2006 sobre la manipulación del amianto y sus derivados.

- El depósito temporal de los residuos se realizará en contenedores adecuados a la naturaleza y al riesgo de los residuos generados.
- Dentro del programa de seguimiento del Plan de Gestión de Residuos se realizarán reuniones periódicas a las que asistirán contratistas, subcontratistas, dirección facultativa y cualquier otro agente afectado. En las mismas se evaluará el cumplimiento de los objetivos previstos, el grado de aplicación del Plan y la documentación generada para la justificación del mismo.
- Se deberá asegurar en la contratación de la gestión de los RCDs, que el destino final (Planta de Reciclaje, Vertedero, Cantera, Incineradora, Centro de Reciclaje de Plásticos/Madera...) sean centros autorizados. Así mismo se deberá contratar sólo transportistas o gestores autorizados e inscritos en los registros correspondientes. Se realizará un estricto control documental, de modo que los transportistas y gestores de RCDs deberán aportar los vales de cada retirada y entrega en destino final.

### **3.5.3 Derribo y Demolición.**

- En los procesos de derribo se priorizará la retirada tan pronto como sea posible de los elementos que generen residuos contaminantes y peligrosos. Si es posible, esta retirada será previa a cualquier otro trabajo.
- Los elementos constructivos a desmontar que tengan como destino último la reutilización se retirarán antes de proceder al derribo o desmontaje de otros elementos constructivos, todo ello para evitar su deterioro.
- En la planificación de los derribos se programarán de manera consecutiva todos los trabajos de desmontaje en los que se genere idéntica tipología de residuos con el fin de facilitar los trabajos de separación.

### **3.5.4 Separación**

- El depósito temporal de los residuos valorizados que se realice en contenedores o en acopios, se debe señalar y segregar del resto de residuos de un modo adecuado.
- Los contenedores o envases que almacenen residuos deberán señalizarse correctamente, indicando el tipo de residuo, la peligrosidad, y los datos del poseedor.

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

- El responsable de la obra al que presta servicio un contenedor de residuos adoptará las medidas necesarias para evitar el depósito de residuos ajenos a la misma. Igualmente, deberá impedir la mezcla de residuos valorizables con aquellos que no lo son.
- Deberán tomarse las medidas necesarias para evitar la mezcla de residuos peligrosos con residuos no peligrosos.
- El poseedor de los residuos establecerá los medios humanos, técnicos y procedimientos de separación que se dedicarán a cada tipo de residuo generado.
- La separación en fracciones se llevará a cabo preferentemente por el poseedor de los residuos dentro de la obra. Cuando por falta de espacio físico no resulte técnicamente viable efectuar dicha separación en origen, el poseedor podrá encomendar la separación de fracciones a un gestor de residuos en una instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra. En este último caso, el poseedor deberá obtener del gestor de la instalación documentación acreditativa de que éste ha cumplido, en su nombre, la obligación de separación.
- Los contenedores de los residuos deberán estar pintados en colores que destaquen y contar con una banda de material reflectante. En los mismos deberá figurar, en forma visible y legible, la siguiente información del titular del contenedor: razón social, CIF, teléfono y número de inscripción en el Registro de Transportistas de Residuos.
- Cuando se utilicen sacos industriales y otros elementos de contención o recipientes, se dotarán de sistemas (adhesivos, placas, etcétera) que detallen la siguiente información del titular del saco: razón social, CIF, teléfono y número de inscripción en el Registro de Transportistas o Gestores de Residuos.

### **3.5.5 Documentación**

- La entrega de los residuos de construcción y demolición a un gestor por parte del poseedor habrá de constar en documento fehaciente, en el que figure, al menos, la identificación del poseedor y del productor, la obra de procedencia y, en su caso, el número de licencia de la obra, la cantidad, expresada en

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

toneladas o en metros cúbicos, o en ambas unidades cuando sea posible, el tipo de residuos entregados, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero y la identificación del gestor de las operaciones de destino.

- El poseedor de los residuos estará obligado a entregar al productor los certificados y demás documentación acreditativa de la gestión de los residuos a que se hace referencia en el Real Decreto 105/2008 que regula la producción y gestión de los residuos de construcción y de demolición.
- El poseedor de residuos dispondrá de documentos de aceptación de los residuos realizados por el gestor al que se le vaya a entregar el residuo.
- El gestor de residuos debe extender al poseedor un certificado acreditativo de la gestión de los residuos recibidos, especificando la identificación del poseedor y del productor, la obra de procedencia y, en su caso, el número de licencia de la obra, la cantidad, expresada en toneladas o en metros cúbicos, o en ambas unidades cuando sea posible, y el tipo de residuos entregados, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002.
- Cuando el gestor al que el poseedor entregue los residuos de construcción y demolición efectúe únicamente operaciones de recogida, almacenamiento, transferencia o transporte, en el documento de entrega deberá figurar también el gestor de valorización o de eliminación ulterior al que se destinan los residuos.
- Según exige la normativa, para el traslado de residuos peligrosos se deberá remitir notificación al órgano competente de la comunidad autónoma en materia medioambiental con al menos diez días de antelación a la fecha de traslado. Si el traslado de los residuos afecta a más de una provincia, dicha notificación se realizará al Ministerio de Medio Ambiente.
- Para el transporte de los residuos peligrosos se completará el Documento de Control y Seguimiento. Este documento se encuentra en el órgano competente en materia medioambiental de la comunidad autónoma.
- El poseedor de residuos facilitará al productor acreditación fehaciente y documental que deje constancia del destino final de los residuos reutilizados. Para ello se entregará certificado con documentación gráfica.

### 3.5.6 Normativa

- Real Decreto 833/1988, de 20 de julio, por el que se aprueba, el Reglamento para la ejecución de la Ley 120/1986, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos.
- Real Decreto 952/1997, que modifica el Reglamento para la ejecución de la ley 20/1986 básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos, aprobado mediante Real Decreto 833/1998.
- LEY 10/1998, de 21 de abril, de Residuos.
- REAL DECRETO 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- REAL DECRETO 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

## **4 Estudio Básico de Seguridad y salud.**

### **4.1 Estudio básico de seguridad y salud para líneas de Media y Baja tensión.**

#### **4.1.1 Objeto**

El objeto de este estudio es dar cumplimiento al Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, identificando, analizando y estudiando los posibles riesgos laborales que puedan ser evitados, identificando las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos que no pueden eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos.

Así mismo este Estudio de Seguridad y Salud da cumplimiento a la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborables en lo referente a la obligación del empresario titular de un centro de trabajo de informar y dar instrucciones adecuadas, en relación con los riesgos existentes en el centro de trabajo y las medidas de protección y prevención correspondientes.

En base a este estudio Básico de Seguridad, el Contratista elaborará su Plan de Seguridad y Salud, en el que tendrá en cuenta las circunstancias particulares de los trabajos objeto del contrato

#### **4.1.2 Campo de aplicación**

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud es de aplicación en las obras de construcción de "Líneas Subterráneas, que se realizan dentro del Polígono Residencial de los Dolores de Cartagena"

#### **4.1.3 Normativa aplicable**

##### **4.1.3.1 Normas oficiales**

La relación de normativa que a continuación se presenta no pretende ser exhaustiva, se trata Únicamente de recoger la normativa legal vigente en el momento de la edición de este documento, que sea de aplicación y del mayor interés para la realización de los trabajos objeto del contrato al que se adjunta este Estudio Básico de Seguridad y Salud

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborables
- Decreto del 28/11/69 Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

- Decreto 24 13/1973 del 20 de septiembre. Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y las Instrucciones Técnicas Complementarias
- Ley 8/1980 de 20 de marzo. Estatuto de los Trabajadores
- Real Decreto 3275/1982 Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, y las Instrucciones Técnicas Complementarias
- Real Decreto Legislativo 1/1994, de 20 de junio. Texto Refundido de la Ley General de la Seguridad Social.
- Real Decreto 3 9/1995, de 17 de enero. Reglamento de los Servicios de Prevención
- Real Decreto 485/1997 . . . en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo
- Real Decreto 487/1997... relativo a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores
- Real Decreto 773/1997....relativo a la utilización por los trabajadores de los equipos de protección personal
- Real Decreto 1215/1997....relativo a la utilización pro los trabajadores de los equipos de trabajo
- Real Decreto 1627/1997, de octubre. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción
- Ordenanza de Seguridad e Higiene en el trabajo año 1971, capítulo VI
- Cualquier otra disposición sobre la materia actualmente en vigor o que se promulgue durante la vigencia de este documento

### **4.1.3.2 Normas Iberdrola**

- Prescripciones de Seguridad para trabajos mecánicos y diversos de AMYS
- Prescripciones de Seguridad para trabajos y maniobras en instalaciones eléctricas AMYS
- MO-NEDIS 7.02 “Plan Básico de Prevención de Riesgos para Empresas Contratistas”
- Normas y Manuales Técnicos de Iberdrola que puedan afectar a las actividades desarrolladas por el contratista, cuya relación se adjuntará a la petición de oferta.

## **4.1.4 Desarrollo del estudio**

### **4.1.4.1 Aspectos generales**

El Contratista acreditará ante la Dirección Facultativa de la obra, la adecuada formación y adiestramiento de todo el personal de la obra en materia de Prevención y Primeros Auxilios.

Así mismo, la Dirección Facultativa, comprobará que existe un plan de emergencia para atención del personal en caso de accidente y que han sido contratados los servicios asistenciales adecuados. La dirección y teléfonos de estos servicios deberá ser colocada de forma visible en lugares estratégicos de la obra.

Antes de comenzar la jornada, los mandos procederán a planificar los trabajos de acuerdo con el plan establecido, informando a todos los operados claramente las maniobras a realizar, los posibles riesgos existentes y las medidas preventivas y de protección a tener en cuenta. Deben cerciorarse de que todos lo han entendido.

### **4.1.4.2 Identificación de riesgos**

En función de las obras a realizar y de las fases de trabajos de cada una de ellas, se incorporan en los Anexos los riesgos más comunes, sin que su relación sea exhaustiva.

En el Anexo 1 se contemplan los riesgos en las fases de pruebas y puesta en servicio de las nuevas instalaciones, como etapa común para toda obra nueva.

En el Anexo 2, se identifican los riesgos específicos para las obras de Líneas Subterráneas.

### **4.1.4.3 Medidas de prevención necesarias para evitar riesgos**

En los Anexos se incluyen, junto con las medidas de protección, las acciones tendentes a evitar o disminuir los riesgos en los trabajos, además de las que con carácter general se recogen a continuación:

- Protecciones y medidas preventivas colectivas, según normativa vigente relativa a equipos y medios de seguridad colectiva
- Prohibir la permanencia de personal en la proximidad de las máquinas en movimiento
- Prohibir la entrada a la obra a todo el personal ajeno
- Establecer zonas de paso y acceso a la obra

- Balizar, señalizar y vallar el perímetro de la obra, así comí puntos singulares en el interior de la misma
- Evitar pasar o trabajar debajo de la vertical de la otros trabajos
- Establecer un mantenimiento correcto de la maquinaria
- Controlar que la carga de los camiones no sobrepase los limites establecidos y reglamentarios
- Utilizar andamios y plataformas de trabajo adecuados

#### 4.1.4.4 Protecciones

##### 1. Ropa de trabajo:

Ropa de trabajo, adecuada a la tarea a realizar por los trabajadores del contratista

##### 2. Equipos de protección. Se relacionan a continuación los equipos de protección individual y colectiva de uso más frecuente en los trabajos que desarrollan para Iberdrola. El Contratista deberá seleccionar aquellos que sean necesarios según el tipo de trabajó.

- Equipos de protección individual (EPI), de acuerdo con las normas UNE
  - Calzado de seguridad
  - Casco de seguridad
  - Guantes aislantes de la electricidad BT y AT
  - Guantes de protección mecánica
  - Pantalla contra proyecciones
  - Gafas de seguridad
  - Cinturón de seguridad
  - Discriminador de baja tensión
- Protecciones colectivas
  - Señalización: cintas, banderolas, etc.
  - Cualquier tipo de protección colectiva que se pueda requerir en el trabajo a realizar

##### 3. Equipo de primeros auxilios:

- Botiquín con los medios necesarios para realizar curas de urgencia en caso de accidente. Ubicado en el vestuario u oficina, a cargo de una persona capacitada designada por la Empresa Contratista

##### 4. Equipo de protección contra incendios:

- Extintores de polvo seco clase A, B, C

### **4.1.4.5 Características generales de la obra**

En este punto se analizan con carácter general, independientemente del tipo de obra, las diferentes servidumbres o servicios que se deben tener perfectamente definidas y solucionadas antes del comienzo de las obras.

- Descripción de la obra y situación.

La situación de la obra a realizar y el tipo de la misma se recoge en la memoria.

Se deberán tener en cuenta las dificultades que pudieran existir en los accesos, estableciendo los medios de transporte y traslado más adecuados a la orografía del terreno.

- Suministro de energía eléctrica

No se ha previsto su necesidad

- Suministro de agua potable

No se ha previsto su necesidad

- Servicios higiénicos.

Se instalarán en dos puntos del polígono con el fin de que los trabajadores puedan utilizarlos.

### **4.1.4.6 Previsiones e informaciones útiles para trabajos posteriores**

No se ha previsto su necesidad.

### **4.1.4.7 Medidas específicas relativas a trabajos que implican riesgos específicos para la seguridad y salud de los trabajadores.**

En el Anexo 1 se recogen las medidas específicas para las etapas de pruebas y puesta en servicio de la instalación, en las que el riesgo eléctrico puede estar presente.

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

## ANEXO 1

Pruebas y puesta en servicio de las instalaciones

Se indican con carácter general los posibles riesgos existentes en la puesta en servicio de las instalaciones y las medidas preventivas y de protección a adoptar para eliminarlos o minimizarlos

Actividad	Riesgo	Actividad preventiva y protecciones
<b>Pruebas y puesta en servicio</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Golpes</li><li>- Heridas</li><li>- Caídas de objetos</li><li>- Contacto eléctrico directo e indirecto en AT y BT. Arco eléctrico en AI y BT. Elementos candentes y quemaduras</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Mantenimiento equipos</li><li>- Utilización de EPI's</li><li>- Adecuación de las cargas</li><li>- Control e maniobras</li><li>- Vigilancia continuada</li><li>- Utilización de EPI's</li><li>- Coordinar con la Empresa Suministradora definiendo las maniobras eléctricas a realizar</li><li>- Seguir los procedimientos de descargó de instalaciones eléctricas</li><li>- Aplicar las 5 Reglas de Oro</li><li>- Apantallar en caso de proximidad los elementos en tensión</li><li>- Informar por parte del Jefe de Trabajo a todo el personal, la situación en la que se encuentra la zona de trabajo</li></ul>

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

## ANEXO 2

Líneas subterráneas

Riesgos y medios de protección para evitarlos o minimizarlos

Actividad	Riesgo	Acción preventiva y protecciones
<b>Acopio, carga y descarga</b>	- Golpes	- Mantenimiento equipos
	- Heridas	- Utilización de EPI's
	- Caídas de objetos	- Adecuación de las cargas
	- Atrapamientos	- Control e maniobras
		Vigilancia continuada
		Utilización de EPI's
		- Orden y limpieza
		- Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según Normativa vigente
		- Identificación de canalizaciones
		Coordinación con empresa gas
<b>Excavación, hormigonado y obras auxiliares</b>	- Caídas al mismo nivel	- Utilización de EPI's
	- Caídas a diferente nivel	- Entubamiento
	- Exposición al gas natural	- Utilización de EPI's
	- Caídas de objetos	- Utilización de EPI's
	- Desprendimientos	- Utilización de EPI's
	- Golpes y heridas	- Vallado de seguridad,
	- Oculares, cuerpos extraños	protección huecos,
	- Riesgos a terceros	información sobre posibles conducciones
	- Sobreesfuerzos	- Utilizar fajas de protección lumbar
	- Atrapamientos	- Control de maniobras y vigilancia continuada
- Eléctrico	- • Vigilancia continuada de la zona dónde se está excavando	

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

<b>izado y acondicionado del cable en apoyo LA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caídas desde altura</li> <li>- Golpes y heridas</li> <li>- Atrapamientos</li> <li>- Caídas de objetos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según Normativa vigente.</li> <li>- Utilización de EPI's</li> <li>- Control de maniobras y vigilancia continuada</li> <li>- Utilización de EPI's</li> </ul>
<b>Tendido, empalme y terminales de conductores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vuelco de maquinaria</li> <li>- Caídas desde altura</li> <li>- Golpes y heridas</li> <li>- Atrapamientos</li> <li>- Caídas de objetos</li> <li>- Sobreesfuerzos</li> <li>- Riesgos a terceros</li> <li>- Quemaduras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acondicionamiento de la zona de ubicación, anclaje correcto de las maquinas de tracción.</li> <li>- Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según. Normativa vigente</li> <li>- Utilización de EPI's</li> <li>- Control de maniobras y vigilancia continuada</li> <li>- Utilización de EPI's</li> <li>- Utilizar fajas de protección lumbar</li> <li>- Vigilancia continuada y señalización de riesgos</li> <li>- Utilización de EPI's</li> </ul>
<b>Pruebas y puesta en servicio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ver anexo 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ver anexo 1</li> </ul>

### 4.2 Estudio básico de seguridad y salud en los Centros de Transformación

#### 4.2.1 Objeto

Dar cumplimiento a las disposiciones del R.D. 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen los requisitos mínimos de seguridad y salud en las obras de construcción, identificando, analizando y estudiando los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los

riesgos que no pueden eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos.

Asimismo es objeto de este estudio de seguridad dar cumplimiento a la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales en lo referente a la obligación del empresario titular de un centro de trabajo, de informar y dar instrucciones adecuadas en relación con los riesgos existentes en el centro de trabajo y con las medidas de protección y prevención correspondientes.

### **4.2.2 Características de la obra**

#### **4.2.2.1 Suministro de energía eléctrica**

El suministro de energía eléctrica provisional de obra será facilitado por la Empresa constructora proporcionando los puntos de enganche necesarios en el lugar del emplazamiento de la obra

#### **4.2.2.2 Suministro de agua potable**

En caso de que el suministro de agua potable no pueda realizarse a través de las conducciones habituales, se dispondrán los medios necesarios para contar con la misma desde el principio de la obra.

#### **4.2.2.3 Vertido de aguas sucias de los servicios higiénicos**

Se dispondrá de servicios higiénicos suficientes y reglamentarios. Si es posible, las aguas fecales se conectarán a la red de alcantarillado existente en el lugar de las obras o en las inmediaciones.

Caso de no existir red de alcantarillado se dispondrá de un sistema que evite que las aguas fecales puedan afectar de algún modo al medio ambiente.

#### **4.2.2.4 Interferencias y servicios afectados**

No se prevé interferencias en los trabajos puesto que si bien la obra civil y el montaje pueden ejecutarse por empresas diferentes, no existe coincidencia en el tiempo. No obstante, si existe más de una empresa en la ejecución del proyecto deberá nombrarse un Coordinador de Seguridad y Salud integrado en la Dirección facultativa, que será quien resuelva en las mismas desde el punto de vista de Seguridad y Salud

en el trabajo. La designación de este Coordinador habrá de ser sometida a la aprobación del Promotor.

En obras de ampliación y/o remodelación de instalaciones en servicio, deberá existir un coordinador de Seguridad y Salud que habrá de reunir las características descritas en el párrafo anterior, quien resolverá las interferencias, adoptando las medidas oportunas que puedan derivarse.

### **4.2.3 Memoria**

Para el análisis de riesgos y medidas de prevención a adoptar, se dividen los trabajos por unidades constructivas dentro de los apartados de obra civil y montaje.

#### **4.2.3.1 Obra civil**

Descripción de la unidad constructiva, riesgos y medidas de prevención.

##### **4.2.3.1.1 Movimiento de tierras y cimentaciones**

###### a) Riesgos más frecuentes

- Caídas a las zanjas.
- Desprendimientos de los bordes de los taludes de las rampas.
- Atropellos causados por la maquinaria.
- Caídas del personal, vehículos, maquinaria o materiales al fondo de la excavación.

###### b) Medidas de preventivas

- Controlar el avance de la excavación, eliminando bolos y viseras inestables, previniendo la posibilidad de lluvias o heladas.
- Prohibir la permanencia de personal en la proximidad de las máquinas en movimiento.
- Señalizar adecuadamente el movimiento de transporte pesado y maquinaria de obra.
- Dictar normas de actuación a los operadores de la maquinaria utilizada.
- Las cargas de los camiones no sobrepasarán los límites establecidos y reglamentarios.
- Establecer un mantenimiento correcto de la maquinaria.
- Prohibir el paso a toda persona ajena a la obra.
- Balizar, señalizar y vallar el perímetro de la obra, así como los puntos singulares en el interior de la misma.

- Establecer zonas de paso y acceso a la obra.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.
- Establecer las estribaciones en las zonas que sean necesarias.

### 4.2.3.1.2 Estructura

#### a) Riesgos más frecuentes

- Caídas de altura de personas, en las fases de encofrado, desencofrado, puesta en obra del hormigón y montaje de piezas prefabricadas.
- Cortes en las manos.
- Pinchazos producidos por alambre de atar, hierros en espera, eslingas acodadas, puntas en el encofrado, etc.
- Caídas de objetos a distinto nivel (martillos, árido, etc.).
- Golpes en las manos, pies y cabeza.
- Electrocuciiones por contacto indirecto.
- Caídas al mismo nivel.
- Quemaduras químicas producidas por el cemento.
- Sobreesfuerzos.

#### b) Medidas preventivas

- Emplear bolsas porta-herramientas.
- Desencofrar con los útiles adecuados y procedimiento preestablecido.
- Suprimir las puntas de la madera conforme es retirada.
- Prohibir el trepado por los encofrados o permanecer en equilibrio sobre los mismos, o bien por las armaduras.
- Vigilar el izado de las cargas para que sea estable, siguiendo su trayectoria.
- Controlar el vertido del hormigón suministrado con el auxilio de la grúa, verificando el correcto cierre del cubo.
- Prohibir la circulación del personal por debajo de las cargas suspendidas.
- El vertido del hormigón en soportes se hará siempre desde plataformas móviles correctamente protegidas.
- Prever si procede la adecuada situación de las redes de protección, verificándose antes de iniciar los diversos trabajos de estructura.
- Las herramientas eléctricas portátiles serán de doble aislamiento y su conexión se efectuará mediante clavijas adecuadas a un cuadro eléctrico dotado con interruptor diferencial de alta sensibilidad.

- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.

### **4.2.3.1.3 Cerramientos**

#### a) Riesgos más frecuentes

- Caídas de altura.
- Desprendimiento de cargas-suspendidas.
- Golpes y cortes en las extremidades por objetos y herramientas.
- Los derivados del uso de medios auxiliares. (andamios, escaleras, etc.).

#### b) Medidas de prevención

- Señalizar las zonas de trabajo.
- Utilizar una plataforma de trabajo adecuada.
- Delimitar la zona señalizándola y evitando en lo posible el paso del personal por la vertical de los trabajos.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.

### **4.2.3.1.4 Albañilería**

#### a) Riesgos más frecuentes

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Proyección de partículas al cortar ladrillos con la paleta.
- Proyección de partículas en el uso de punteros y cortafríos.
- Cortes y heridas.
- Riesgos derivados de la utilización de máquinas eléctricas de mano.

#### b) Medidas de prevención

- Vigilar el orden y limpieza de cada uno de los tajos, estando las vías de tránsito libres de obstáculos (herramientas, materiales, escombros, etc.).
- Las zonas de trabajo tendrán una adecuada iluminación.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.
- Utilizar plataformas de trabajo adecuadas.
- Las herramientas eléctricas portátiles serán de doble aislamiento y su conexión se efectuará a un cuadro eléctrico dotado con interruptor diferencial de alta sensibilidad.

## 4.2.3.2 Montaje

Descripción de la unidad constructiva, riesgos y medidas de prevención y de protección.

### 4.2.3.2.1 Colocación de soportes y embarrados

#### a) Riesgos más frecuentes

- Caídas al distinto nivel.
- Choques o golpes.
- Proyección de partículas.
- Contacto eléctrico indirecto.

#### b) Medidas de prevención

- Verificar que las plataformas de trabajo son las adecuadas y que dispongan de superficies de apoyo en condiciones.
- Verificar que las escaleras portátiles disponen de los elementos antideslizantes.
- Disponer de iluminación suficiente.
- Dotar de las herramientas y útiles adecuados.
- Dotar de la adecuada protección personal para trabajos mecánicos y velar por su utilización.
- Las herramientas eléctricas portátiles serán de doble aislamiento y su conexión se efectuará a un cuadro eléctrico dotado con interruptor diferencial de alta sensibilidad.

### 4.2.3.2.2 Montaje de Celdas Prefabricadas o aparata, Transformadores de potencia y Cuadros de B.T

#### a) Riesgos más frecuentes

- Atrapamientos contra objetos.
- Caídas de objetos pesados.
- Esfuerzos excesivos.
- Choques o golpes.

#### b) Medidas de prevención

- Verificar que nadie se sitúe en la trayectoria de la carga.

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

- Revisar los ganchos, grilletes, etc., comprobando si son los idóneos para la carga a elevar.
- Comprobar el reparto correcto de las cargas en los distintos ramales del cable.
- Dirigir las operaciones por el jefe del equipo, dando claramente las instrucciones que serán acordes con el R.D.485/1997 de señalización.
- Dar órdenes de no circular ni permanecer debajo de las cargas suspendidas.
- Señalizar la zona en la que se manipulen las cargas.
- Verificar el buen estado de los elementos siguientes:
  - Cables, poleas y tambores
  - Mandos y sistemas de parada.
  - Limitadores de carga y finales de carrera.
  - Frenos.
- Dotar de la adecuada protección personal para manejo de cargas y velar por su utilización.
- Ajustar los trabajos estrictamente a las características de la grúa (carga máxima, longitud de la pluma, carga en punta contrapeso). A tal fin, deberá existir un cartel suficientemente visible con las cargas máximas permitidas.
- La carga será observada en todo momento durante su puesta en obra, bien por el señalita o por el enganchador.

### **4.2.3.2.3 Operaciones de puesta en tensión**

#### a) Riesgos más frecuentes

- Contacto eléctrico en A.T. y B.T.
- Arco eléctrico en A.T. y B.T.
- Elementos candentes.

#### b) Medidas de prevención

- Coordinar con la Empresa Suministradora definiendo las maniobras eléctricas necesarias.
- Abrir con corte visible o efectivo las posibles fuentes de tensión.

- Comprobar en el punto de trabajo la ausencia de tensión.
- Enclavar los aparatos de maniobra.
- Señalizar la zona de trabajo a todos los componentes de grupo de la situación en que se encuentran los puntos en tensión más cercanos.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.

#### **4.2.4 Aspectos generales**

La Dirección Facultativa de la obra acreditará la adecuada formación y adiestramiento del personal de la Obra en materia de Prevención y Primeros Auxilios. Así mismo, comprobará que existe un plan de emergencia para atención del personal en caso de accidente y que han sido contratados los servicios asistenciales adecuados. La dirección de estos Servicios deberá ser colocada de forma visible en los sitios estratégicos de la obra, con indicación del número de teléfono.

#### **Botiquín de obra**

Se dispondrá en obra, en el vestuario o en la oficina, un botiquín que estará a cargo de una persona capacitada designada por la Empresa, con los medios necesarios para efectuar las curas de urgencia en caso de accidente.

#### **4.2.5 Normativa aplicable**

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Revisión.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, reforma de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995 en materia de coordinación de actividades empresariales.
- Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 842/2002. Nuevo Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 3275/1982. Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Instrucciones Técnicas Complementarias.

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero. Reglamento de Servicios de Prevención.
- Real Decreto 485/1997 en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997 relativo a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 773/1997 relativo a la utilización por los trabajadores de los equipos de protección personal.
- Real Decreto 1215/1997 relativo a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 2177/2004. Modificación del Real Decreto 1215/1997 de disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo en materia de trabajos temporales en altura.
- Real Decreto 1627/1997 relativo a las obras de construcción.
- Real Decreto 604/2006, que modifica los Reales Decretos 39/1997 y 1627/1997.
- Ley 32/2006 reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción.
- Real Decreto 1109/2007 que desarrolla la Ley 32/2006.
- Cualquier otra disposición sobre la materia actualmente en vigor o que se promulgue durante la vigencia del documento.

## 5 Plan de gestión de residuos

### 5.1 Estimación de la cantidad de residuos generados.

En este proyecto de ICT, todos los residuos generados son “Residuos de construcción y demolición (incluida la tierra excavada de zonas contaminadas)” de la lista europea de residuos publicada en la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero (BOE 19/02/02) y en la corrección de errores de la misma (BOE 12/03/02).

Su clasificación y estimaciones se indican a continuación

<b>Zanjas y materiales eléctricos</b>	<b>Residuo</b>	<b>Densidad</b>	<b>Volumen</b>	<b>Peso TM</b>
<b>Tipo</b>	<b>Hormigon</b>	<b>850</b>	<b>0,6</b>	<b>0,5</b>
	<b>Tierra sobrante</b>	<b>1000</b>	<b>45</b>	<b>45</b>
	<b>Tuvos de PVC</b>	<b>800</b>	<b>0,5</b>	<b>0,04</b>
	<b>Restos cables</b>	<b>900</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>
<b>Total residuo generado en construcción bases CT</b>			<b>0,6</b>	<b>0,5</b>
<b>Total rediduo generado en zanjas</b>			<b>45</b>	<b>45</b>
<b>Total residuo generado en Tubos</b>			<b>0,5</b>	<b>0,04</b>
<b>Total residuos generados en cableado</b>			<b>0,5</b>	<b>0,5</b>
<b>Total residuo generado para eliminación vertedero</b>			<b>46.6</b>	<b>46.54</b>

### 5.2 Medidas para la prevención de residuos en la obra objeto del proyecto.

Se dispondrán de bolsas de transporte de 1 m<sup>3</sup> y un container de 12.5 m<sup>3</sup> en las cuales se colocarán los residuos según los tres tipos identificados, sin mezclarse, al lado de la Obra para ser retiradas por camión al vertedero.

### **5.3 Operación de reutilización, valoración o eliminación que se generen en la obra.**

Las tierras resultantes de la realización de las zanjas al ser de tipo clasificado, pueden ser reutilizadas en el cierre del mismo siendo el volumen sobrante, ya calculado, el que queda como residuo generado.

El resto de los residuos, hormigón, tubos y resto de cableado no serán reutilizados por lo que se procederá al traslado al vertedero.

### **5.4 Medidas de separación de residuos según RD 105/2008, artículo 5 punto 5.**

Tal y como se ha indicado anteriormente, se ha procedido a la separación de residuos según su naturaleza en los tres tipos antes enumerados.

Se ha procedido a reutilizar uno de los tipos de residuos generados, tierra, que se ha utilizado para el relleno.

Los residuos sobrantes se han clasificado de forma separada y dispuestos en bolsas especiales se trasladarán al vertedero.

Como puede verse en el Punto 1, los pesos de los mismos son muy inferiores a los máximos que determina el RD 105/2008 artículo 5, punto 5, siendo entregados, debidamente clasificados y separados, al Gestor de Residuos para su traslado al vertedero.

### **5.5 Planos de la instalación previstas para el manejo de residuos.**

Los residuos generados son de tan escasa entidad que no precisan de instalaciones especiales para su almacenamiento ya que son suficientes bolsas de traslado para su separación y transporte.

Por ello no se incluyen planos de instalaciones.

### **5.6 Prescripciones del pliego de prescripciones técnicas particulares.**

No siendo necesaria, en este proyecto, la existencia de instalaciones para almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones no se requiere la redacción de un pliego de prescripciones técnicas.

Simplemente es necesario señalar que las bolsas a utilizar para el almacenamiento y transporte de los residuos generados deberán satisfacer, al menos:

Bolsas de 1 m<sup>3</sup> de capacidad

Dotadas de Asas para su manejo y carga mediante grúa.

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

---

Su resistencia deberá ser tal que soporten sin romperse un contenido de peso 2 Tm por m<sup>3</sup>.

El tejido tendrá una composición porosa que impida la salida de partículas de los materiales a transportar arena, polvo o tierra.

### **5.7 Valoración del coste de la gestión de los residuos generados.**

2 Bolsas de transporte.....	10 € c/u (Precio orientativo)
1 Container de 12,5m <sup>3</sup> .....	55 c/u (Precio orientativo)

Tres viajes de camión con capacidad de carga de 4,5 TM, como mínimo, dotado de grúa portante para la carga y descarga de las bolsas y container 200 € (nota. Precio variable según zona)

Tasas por Depósito en vertedero (según Ayuntamiento)

# PROYECTO FINAL DE CARRERA

## 6. Presupuesto

### 6.1 Presupuesto Red de Media Tensión

Red de Media Tensión				
Partida	Sistema UD	Cantidad	Precio	Total €
<b>Zanja acera</b>				
Exacavacion zanja 0,8x1,1m	metro lineal	800	60,15	48.120,00 €
Arena lavada cubrimiento cables	metro cubico	600	17,30	10.380,00 €
Placa señalizacion cables	metro lineal	800	3,15	2.520,00 €
Tubo DPN 160Ø	metro lineal	800	16,30	13.040,00 €
Cinta señalizacion cable	metro lineal	1600	0,15	240,00 €
Relleno zanja	metro cubico	148	11,35	1.679,80 €
Compactacion terreno	horas	48	25,00	1.200,00 €
Colocacion acera	metro lineal	800	13,45	10.760,00 €
<b>Exacavacion cruce acera</b>				
Zanja 0,5x1,1 m	metro lineal	60	60,15	3.609,00 €
Tubo DPN 160Ø	metro lineal	230	16,30	3.749,00 €
Hormigon	metro cubico	25	63,15	1.578,75 €
Cinta señalizacion cable	metro lineal	120	0,15	18,00 €
Relleno zanja	metro cubico	25	11,35	283,75 €
Compactacion terreno	horas	24	25,00	600,00 €
Cubierta asfalto	metro cubico	5	24,80	124,00 €
<b>Material electrico</b>				
Cable HPER 3x(1x150)mm <sup>2</sup> Al	metro lineal	2900	11,70	33.930,00 €
Cinta aislate colores	UD	40	0,80	32,00 €
Cinta vulcanizada	UD	10	3,20	32,00 €
Terminales 150mm <sup>2</sup>	UD	42	11,15	468,30 €
Operarios	horas	200	18,00	3.600,00 €
<b>Medicion Radar comprobacion cables</b>				
Comprobacion radar	UD	1	2750	2.750,00 €
Preparacionmedicion	UD	1	300	300,00 €
Señalizacion zona trabajo	UD	1	300	300,00 €
<b>Total</b>				<b>139.314,60 €</b>

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

### 6.2 Presupuesto Red de Baja Tensión

Red de Baja Tensión				
Partida	Sistema UD	Cantidad	Precio	Total €
<b>Zanja acera</b>				
Exacavacion zanja 0,8x1,1m	metro lineal	3530	60,15	212.329,50 €
Arena lavada cubrimiento cables	metro cubico	2150	17,30	37.195,00 €
Placa señalizacion cables	metro lineal	3530	3,15	11.119,50 €
Tubo DPN 160Ø	metro lineal	3530	16,30	57.539,00 €
Cinta señalizacion cable	metro lineal	7060	0,15	1.059,00 €
Relleno zanja	metro cubico	552	11,35	6.265,20 €
Compactacion terreno	horas	85	25,00	2.125,00 €
Colocacion acera	metro lineal	3530	13,45	47.478,50 €
<b>Exacavacion cruce acera</b>				
Zanja 0,5x1,1 m	metro lineal	90	60,15	5.413,50 €
Tubo DPN 160Ø	metro lineal	360	16,30	5.868,00 €
Hormigon	metro cubico	35	63,15	2.210,25 €
Cinta señalizacion cable	metro lineal	180	0,15	27,00 €
Relleno zanja	metro cubico	30	11,35	340,50 €
Compactacion terreno	horas	24	25,00	600,00 €
Cubierta asfalto	metro cubico	5	24,80	124,00 €
<b>Material electrico</b>				
Cable XZ1 0,6/1 KV 3x(1x240)mm <sup>2</sup> Al	metro lineal	9468	18,45	174.684,60 €
Cable XZ1 0,6/1 KV 3x(1x150)mm <sup>2</sup> Al	metro lineal	3156	12,35	38.976,60 €
Cinta aislante colores	UD	100	0,80	80,00 €
Cinta vulcanizada	UD	30	3,20	96,00 €
Terminales 240mm <sup>2</sup>	UD	315	15,40	4.851,00 €
Terminales 150mm <sup>2</sup>	UD	105	11,15	1.170,75 €
Peana hormigon		110	20,80	2.288,00 €
CGP-10		110	15,30	1.683,00 €
Fusibles gG 315 A		5	40,15	200,75 €
Fusibles gG 250 A		15	32,10	481,50 €
Operarios	horas	700	20,00	14.000,00 €
<b>Total</b>				<b>628.206,15 €</b>

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

### 6.3 Presupuesto Centro de Transformación y Reparto

Centro de Transformacion y reparto			
Partida	Cantidad	Precio	Total €
<b>OBRA CIVIL</b>			
Edificio de Transformación: PFU-4	1	8400	8.400,00 €
<b>EQUIPO DE MEDIA TENSIÓN</b>			
Entrada / Salida 1: CGMCOSMOS-L Interruptor-seccionador	1	6212,50	6.212,50 €
Entrada / Salida 2: CGMCOSMOS-L Interruptor-seccionador	1	6212,50	6.212,50 €
Protección Transformador 1: CGMCOSMOS-P Protección fusibles	1	3500,00	3.500,00 €
Puentes MT Transformador 1: Cables MT 12/20 kV	1	1175,00	1.175,00 €
<b>TRANSFORMADOR</b>			
Transformador 1: Transformador aceite 24 kV	1	8750,00	8.750,00 €
<b>EQUIPO DE BAJA TENSIÓN</b>			
Cuadros BT - B2 Transformador 1: CBTO	1	2975,00	2.975,00 €
Puentes BT - B2 Transformador 1: Puentes transformador-cuadro	1	1200,00	1.200,00 €
<b>RED DE TIERRAS</b>			
Tierras Exteriores Prot Transformación: Anillo rectangular	1	1285,00	1.285,00 €
Tierras Exteriores Serv Transformación: Picas alineadas	1	1250,00	1.250,00 €
Tierras Interiores Prot Transformación: Instalación interior tierras	1	925,00	925,00 €
Tierras Interiores Serv Transformación: Instalación interior tierras	1	925,00	925,00 €
<b>VARIOS</b>			
Defensa de Transformador 1: Protección física transformador	1	500,00	500,00 €
Equipo de Protección y Control: ekorUCT - Unidad Compacta de Telemando	1	8500,00	8.500,00 €
Iluminación Edificio de Transformación: Equipo de iluminación	1	600,00	600,00 €
Maniobra de Transformación: Equipo de seguridad y maniobra	1	700,00	700,00 €
<b>Total</b>			<b>53.110,00 €</b>

## PROYECTO FINAL DE CARRERA

### 6.4 Presupuesto Centro de Transformación Miniblock

Centro de Transformación miniblock			
Partida	Cantidad	Precio	Total €
<b>EQUIPO DE MEDIA TENSIÓN</b>			
Edificio de Transformación: miniBLOK	4	114.100,00 €	114.100,00 €
E/S1,E/S2,PT1: CGMCOSMOS-2LP	4		
Puentes MT Transformador 1: Cables MT 12/20 kV	4		
Transformador 1: Transformador aceite 24 kV	4		
Cuadros BT - B2 Transformador 1: CBTO	4		
Puentes BT - B2 Transformador 1: Puentes transformador-cuadro	4		
<b>RED DE TIERRAS</b>			
Tierras Exteriores Prot Transformación: Anillo rectangular	1	1.128,00 €	1.285,00 €
Tierras Exteriores Serv Transformación: Picas alineadas	1	940,00 €	940,00 €
<b>VARIOS</b>			
Iluminación Edificio de Transformación: Equipo de iluminación	1	420,00 €	420,00 €
Maniobra de Transformación: Equipo de seguridad y maniobra	1	700,00 €	700,00 €
<b>Total</b>			<b>117.445,00 €</b>

### 6.5 Presupuesto total

Partida	Precio €
Red de Media Tensión	139.314,60 €
Red de Baja Tensión	628.206,15 €
Centro de Transformacion y reparto	53.110,00 €
Centro de Transformacion y reparto	117.445,00 €
Subtotal 1	938.075,75 €
Imprevistos 15%	140.711,36 €
Ingeniero 7%	65.665,30 €
Subtotal 2	1.144.452,42 €
IVA 21%	240.335,01 €
<b>Total</b>	<b>1.384.787,42 €</b>