

Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



**industriales**

etsii UPCT

## INDICE GENERAL

**Titulación:** INGENIERÍA TÉCNICA  
INDUSTRIAL  
**Intensificación:** ELECTRICIDAD  
**Alumno/a:** CAROLINA MUÑOZ ROSIQUE  
**Director/a/s:** JUAN JOSÉ PORTERO  
RODRIGUEZ  
ALFREDO CONESA TEJERINA

Cartagena, Octubre de 2014

1. MEMORIA.....	5
1.1. Objeto del proyecto.....	5
1.2. Titulares de la instalación al principio y al final.....	5
1.3. Usuario de la instalación.....	5
1.4. Emplazamiento de la instalación.....	5
1.5. Legislación y normativa aplicable.....	5
1.6. Plazo de ejecución de las instalaciones.....	6
1.7. Descripción de la instalación.....	6
1.7.1.Descripción genérica de la instalación.....	6
1.7.2.Descripción de la red de baja tensión.....	6
1.7.2.1.Trazado.....	15
1.7.2.2.Inicio y final de línea.....	15
1.7.2.3.Cruzamientos, paralelismos, etc.....	15
1.7.2.4.Relación de propietarios afectados con dirección y D.N.I.....	17
1.7.2.5.Puesta a tierra.....	17
1.7.3.Descripción de la red de media tensión.....	17
1.7.3.1.Trazado.....	17
1.7.3.2.Puntos de entronque.....	17
1.7.3.3.Longitud.....	18
1.7.3.4.Relación de cruzamientos, paralelismos, etc.....	18
1.7.3.5.Relación de propietarios afectados, con dirección y D.N.I.....	20
1.7.3.6.Materiales.....	20
1.7.3.7.Conductores.....	20
1.7.3.8.Accesorios.....	20
1.7.3.9.Protecciones eléctricas de principio y fin de línea.....	21
1.7.3.10.Zanjas y sistemas de enterramiento.....	21
1.7.3.11.Medidas de señalización y seguridad.....	21
1.7.3.12.Puesta a tierra.....	22
1.7.4.Descripción Centros de Transformación.....	22
1.7.4.1.Características de los materiales.....	22
1.7.4.2.Cimentación.....	23

1.7.4.3.Solera y pavimento. ....	23
1.7.4.4.Cerramientos exteriores. ....	24
1.7.4.5.Tabiquería interior. ....	24
1.7.4.6.Cubiertas. ....	24
1.7.4.7.Forjados y cubiertas. ....	24
1.7.4.8.Enlucidos y Pinturas. ....	24
1.7.4.9.Varios. ....	24
1.7.5.Instalación eléctrica. ....	27
1.7.5.1.Características de la red de alimentación. ....	27
1.7.5.2.Características de la aparamenta de alta tensión. ....	27
1.7.5.2.1.Celda de entrada y salida. ....	29
1.7.5.2.2.Celda de protección. ....	31
1.7.5.2.3.Celda de media tensión. ....	33
1.7.5.2.4.Celda del transformador. ....	33
1.7.5.3.Características del material vario de alta tensión. ....	33
1.7.5.3.1.Embarrado general. ....	33
1.7.5.3.2.Piezas de conexión. ....	33
1.7.5.3.3.Aisladores de apoyo. ....	34
1.7.5.3.4.Aisladores de paso. ....	34
1.7.5.4.Medida de la energía eléctrica. ....	34
1.7.5.5.Puesta a tierra. ....	34
1.7.5.5.1.Tierra de protección. ....	34
1.7.5.5.2.Tierra de servicio. ....	35
1.7.5.6.Cuadro general de B.T. Justificación y diseño. ....	35
1.7.5.7.Instalaciones secundarias. ....	37
1.7.5.7.1.Alumbrado. ....	37
1.7.5.7.2.Baterías de condensadores. ....	37
1.7.5.7.3.Protección contra incendios. ....	37
1.7.5.7.4.Ventilación. ....	37
1.7.5.7.5.Medidas de seguridad. ....	38
1.7.6.Descripción obra civil. ....	39

2. CALCULOS JUSTIFICATIVOS. ....	10
2.1. Red de Baja tensión. ....	10
2.1.1. Centro de Transformación 1. ....	15
2.1.1.1. Anillo 1. ....	16
2.1.1.1.1. Previsión de potencia. ....	16
2.1.1.1.2. Intensidad. ....	17
2.1.1.1.3. Caída de tensión. ....	22
2.1.1.1.4. Resultado de cálculos. ....	23
2.1.1.2. Anillo 2. ....	23
2.1.1.2.1. Previsión de potencia. ....	23
2.1.1.2.2. Intensidad. ....	24
2.1.1.2.3. Caída de tensión. ....	29
2.1.1.2.4. Resultado de cálculos. ....	30
2.1.2. Centro de Transformación 2. ....	31
2.1.2.1. Anillo 1. ....	31
2.1.2.1.1. Previsión de potencia. ....	31
2.1.2.1.2. Intensidad. ....	32
2.1.2.1.3. Caída de tensión. ....	36
2.1.2.1.4. Resultado de cálculos. ....	37
2.1.2.2. Anillo 2. ....	37
2.1.2.2.1. Previsión de potencia. ....	37
2.1.2.2.2. Intensidad. ....	39
2.1.2.2.3. Caída de tensión. ....	43
2.1.2.2.4. Resultado de cálculos. ....	44
2.1.2.3. Anillo 3. ....	45
2.1.2.3.1. Previsión de potencia. ....	45
2.1.2.3.2. Intensidad. ....	46
2.1.2.3.3. Caídas de tensión. ....	51
2.1.2.3.4. Resultado de cálculos. ....	52
2.1.3. Centro de Transformación 3. ....	52
2.1.3.1. Anillo 1. ....	52
2.1.3.1.1. Previsión de potencia. ....	52

2.1.3.1.2.Intensidad. ....	53
2.1.3.1.3.Caídas de tensión. ....	58
2.1.3.1.4.Resultado de cálculos. ....	59
2.1.3.2.Anillo 2. ....	59
2.1.3.2.1.Previsión de potencia. ....	59
2.1.3.2.2.Intensidad. ....	60
2.1.3.2.3.Caídas de tensión. ....	65
2.1.3.2.4.Resultado de cálculos. ....	66
2.1.4.Centro de Transformación 4. ....	66
2.1.4.1.Anillo 1. ....	66
2.1.4.1.1.Previsión de potencia. ....	66
2.1.4.1.2.Intensidad. ....	68
2.1.4.1.3.Caídas de tensión. ....	74
2.1.4.1.4.Resultado de cálculos. ....	75
2.1.4.2.Anillo 2. ....	75
2.1.4.2.1.Previsión de potencia. ....	75
2.1.4.2.2.Intensidad. ....	76
2.1.4.2.3.Caídas de tensión. ....	81
2.1.4.2.4.Resultado de cálculos. ....	83
2.1.5.Centro de Transformación 5. ....	83
2.1.5.1.Anillo 1. ....	83
2.1.5.1.1.Previsión de potencia. ....	83
2.1.5.1.2.Intensidad. ....	85
2.1.5.1.3.Caídas de tensión. ....	90
2.1.5.1.4.Resultado de cálculos. ....	91
2.1.5.2.Anillo 2. ....	91
2.1.5.2.1.Previsión de potencia. ....	91
2.1.5.2.2.Intensidad. ....	92
2.1.5.2.3.Caídas de tensión. ....	97
2.1.5.2.4.Resultado de cálculos. ....	99
2.1.6.Centro de Transformación 6. ....	99
2.1.6.1.Anillo 1. ....	99

2.1.6.1.1.Previsión de potencia.....	99
2.1.6.1.2.Intensidad. ....	101
2.1.6.1.3.Caídas de tensión.....	105
2.1.6.1.4.Resultado de cálculos. ....	107
2.1.6.2.Anillo 2.....	107
2.1.6.2.1.Previsión de potencia.....	107
2.1.6.2.2.Intensidad. ....	108
2.1.6.2.3.Caídas de tensión.....	113
2.1.6.2.4.Resultado de cálculos. ....	114
2.1.7.Centro de Transformación 7.....	114
2.1.7.1.Anillo 1.....	114
2.1.7.1.1.Previsión de potencia.....	114
2.1.7.1.2.Caídas de tensión.....	120
2.1.7.1.3.Resultado de cálculos. ....	121
2.1.7.2.Anillo 2.....	122
2.1.7.2.1.Previsión de potencia.....	122
2.1.7.2.2.Intensidad. ....	123
2.1.7.2.3.Caídas de tensión.....	127
2.1.7.2.4.Resultado de cálculos. ....	128
2.1.8.Centro de Transformación 8.....	129
2.1.8.1.Anillo 1.....	129
2.1.8.1.1.Previsión de potencia.....	129
2.1.8.1.2.Intensidad. ....	130
2.1.8.1.3.Caídas de tensión.....	135
2.1.8.1.4.Resultado de cálculos. ....	136
2.1.8.2.Anillo 2.....	136
2.1.8.2.1.Previsión de potencia.....	136
2.1.8.2.2.Intensidad. ....	137
2.1.8.2.3.Caídas de tensión.....	142
2.1.8.2.4.Resultado de cálculos. ....	143
2.1.9.Centro de Transformación 9.....	143
2.1.9.1.Anillo 1.....	143

2.1.9.1.1.Previsión de potencia.....	143
2.1.9.1.2.Intensidad. ....	144
2.1.9.1.3.Caídas de Tensión.....	148
2.1.9.1.4.Resultado de cálculos. ....	149
2.1.9.2.Anillo 2. ....	149
2.1.9.2.1.Previsión de potencia.....	149
2.1.9.2.2.Intensidad. ....	150
2.1.9.2.3.Caídas de tensión. ....	155
2.1.9.2.4.Resultado de cálculos. ....	156
2.1.10.Centro de Transformación 10. ....	157
2.1.10.1.Anillo 1. ....	157
2.1.10.1.1.Previsión de potencia.....	157
2.1.10.1.2.Intensidad. ....	158
2.1.10.1.3.Caídas de tensión. ....	163
2.1.10.1.4.Resultado de cálculos. ....	164
2.1.10.2.Anillo 2. ....	164
2.1.10.2.1.Previsión de potencia.....	164
2.1.10.2.2.Intensidad. ....	165
2.1.10.2.3.Caídas de tensión. ....	169
2.1.10.2.4.Resultado de cálculos. ....	170
2.1.11.Centro de Transformación 11. ....	171
2.1.11.1.Anillo 1. ....	171
2.1.11.1.1.Previsión de potencia.....	171
2.1.11.1.2.Intensidad. ....	172
2.1.11.1.3.Caídas de Tensión.....	177
2.1.11.1.4.Resultado de cálculos. ....	179
2.1.11.2.Anillo 2. ....	179
2.1.11.2.1.Previsión de potencia.....	179
2.1.11.2.2.Intensidad. ....	180
2.1.11.2.3.Caídas de tensión. ....	185
2.1.11.2.4.Resultado de cálculos. ....	186
2.1.12.Centro de Transformación 12. ....	186

2.1.12.1.Anillo 1.....	186
2.1.12.1.1.Previsión de potencia.....	186
2.1.12.1.2.Intensidad.....	188
2.1.12.1.3.Caídas de tensión.....	192
2.1.12.1.4.Resultado de cálculos.....	194
2.1.12.2.Anillo 2.....	194
2.1.12.2.1.Previsión de potencia.....	194
2.1.12.2.2.Intensidad.....	195
2.1.12.2.3.Caídas de tensión.....	200
2.1.12.2.4.Resultado de cálculos.....	201
2.1.13.Centro de Transformación 13.....	202
2.1.13.1.Anillo 1.....	202
2.1.13.1.1.Previsión de potencia.....	202
2.1.13.1.2.Intensidad.....	203
2.1.13.1.3.Caídas de tensión.....	208
2.1.13.1.4.Resultado de cálculos.....	209
2.1.13.2.Anillo 2.....	209
2.1.13.2.1.Previsión de potencia.....	209
2.1.13.2.2.Intensidad.....	210
2.1.13.2.3.Caídas de tensión.....	215
2.1.13.2.4.Resultado de cálculos.....	216
2.1.14.Centro de Transformación 14.....	216
2.1.14.1.Anillo 1.....	216
2.1.14.1.1.Previsión de potencia.....	216
2.1.14.1.2.Intensidad.....	217
2.1.14.1.3.Caídas de tensión.....	222
2.1.14.1.4.Resultado de cálculos.....	223
2.1.14.2.Anillo 2.....	223
2.1.14.2.1.Previsión de potencia.....	223
2.1.14.2.2.Intensidad.....	224
2.1.14.2.3.Caídas de tensión.....	229
2.1.14.2.4.Resultado de cálculos.....	230

2.1.15.Centro de Transformación 15.....	230
2.1.15.1.Anillo 1.....	230
2.1.15.1.1.Previsión de potencia.....	230
2.1.15.1.2.Intensidad.....	232
2.1.15.1.3.Caídas de tensión.....	236
2.1.15.1.4.Resultado de cálculos.....	238
2.1.15.2.Anillo 2.....	238
2.1.15.2.1.Previsión de potencia.....	238
2.1.15.2.2.Intensidad.....	239
2.1.15.2.3.Caídas de tensión.....	244
2.1.15.2.4.Resultado de cálculos.....	245
2.2. Red de Media Tensión.....	246
2.2.1.Acometida – Centro de Transformación y Reparto.....	246
2.2.1.1.Previsión de potencia.....	246
2.2.1.2.Intensidad y densidad de corriente.....	246
2.2.1.3.Caída de tensión.....	248
2.2.1.4.Cortocircuito.....	249
2.2.1.5.Resultado de cálculos.....	249
2.2.1.6.Análisis de las tensiones transferibles al exterior por tuberías, raíles, vallas, conductores de neutro, blindajes de cables, circuitos de señalización y de los puntos especialmente peligrosos y estudio de las formas de eliminación o reducción.....	249
2.2.2.Anillo de Media Tensión.....	250
2.2.2.1.Previsión de potencia.....	250
2.2.2.2.Intensidad y densidad de corriente.....	251
2.2.2.3.Caída de tensión.....	252
2.2.2.4.Cortocircuito.....	255
2.2.2.5.Resultado de cálculos.....	255
2.2.2.6.Análisis de las tensiones transferibles al exterior por tuberías, raíles, vallas, conductores de neutro, blindajes de cables, circuitos de señalización y de los puntos especialmente peligrosos y estudio de las formas de eliminación o reducción.....	255
2.2.3.Centro de Transformación y Reparto – Centro de Transformación Abonado. ...	256
2.2.3.1.Previsión de potencia.....	256
2.2.3.2.Caída de tensión.....	257

2.2.3.3.Cortocircuito.....	259
2.2.3.4.Resultado de cálculos.....	259
2.2.3.5.Análisis de las tensiones transferibles al exterior por tuberías, raíles, vallas, conductores de neutro, blindajes de cables, circuitos de señalización y de los puntos especialmente peligrosos y estudio de las formas de eliminación o reducción.....	259
2.3. Centros de Transformación.....	260
2.3.1.Centro de Transformación PFU-5/20 y PFU-4/20.....	260
2.3.1.1.Intensidad de alta tensión.....	260
2.3.1.2.Intensidad de baja tensión.....	260
2.3.1.3.Cortocircuito.....	261
2.3.1.3.1.Observaciones.....	261
2.3.1.3.2.Cálculo de las Corrientes de Cortocircuito.....	261
2.3.1.3.3.Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.....	262
2.3.1.3.4.Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.....	262
2.3.1.4.Dimensionado del embarrado.....	262
2.3.1.4.1.Comprobación por densidad de corriente.....	262
2.3.1.4.2.Comprobación por sollicitación electrodinámica.....	263
2.3.1.4.3.Comprobación por sollicitación térmica.....	263
2.3.1.5.Selección de fusibles de alta y baja tensión.....	263
2.3.1.6.Dimensionado de la ventilación del C.T.....	264
2.3.1.7.Dimensionado del pozo apagafuegos.....	264
2.3.1.8.Cálculos de las instalaciones de puesta a tierra.....	264
2.3.1.8.1.Investigación de las características del suelo.....	264
2.3.1.8.2.Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra, y del tiempo máximo de eliminación del defecto.....	264
2.3.1.8.3.Diseño preliminar de la instalación de tierra.....	265
2.3.1.8.4.Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.....	265
2.3.1.8.5.Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación.....	270
2.3.1.8.6.Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación.....	271
2.3.1.8.7.Cálculo de las tensiones aplicadas.....	271
2.3.1.8.8.Investigación de las tensiones transferibles al exterior.....	272
2.3.1.8.9.Corrección y ajuste del diseño inicial, estableciendo el definitivo.....	274
2.3.2.Centro de Transformación miniBLOCK-24.....	274

2.3.2.1.Intensidad de alta tensión. ....	274
2.3.2.2.Intensidad de baja tensión.....	274
2.3.2.3.Cortocircuitos. ....	275
2.3.2.3.1.Observaciones.....	275
2.3.2.3.2.Cálculo de las Corrientes de Cortocircuito.....	275
2.3.2.3.3.Cortocircuito en el lado de Media Tensión. ....	276
2.3.2.3.4.Cortocircuito en el lado de Baja Tensión. ....	276
2.3.2.4.Dimensionado del embarrado. ....	276
2.3.2.4.1.Comprobación por densidad de corriente. ....	276
2.3.2.4.2.Comprobación por sollicitación electrodinámica. ....	276
2.3.2.4.3.Comprobación por sollicitación térmica.....	277
2.3.2.4.4.Protección contra sobrecargas y cortocircuitos. ....	277
2.3.2.4.5.Dimensionado de los puentes de MT. ....	278
2.3.2.4.6.Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación. ....	278
2.3.2.4.7.Dimensionado del pozo apagafuegos. ....	278
2.3.2.4.8.Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra.....	278
2.3.2.4.9.Investigación de las características del suelo. ....	278
2.3.2.4.10.Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto. ....	278
2.3.2.4.11.Diseño preliminar de la instalación de tierra. ....	279
2.3.2.4.12.Cálculo de la resistencia del sistema de tierra. ....	279
2.3.2.4.13.Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación. ....	281
2.3.2.4.14.Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación. ....	282
2.3.2.4.15.Cálculo de las tensiones aplicadas.....	282
2.3.2.4.16.Investigación de las tensiones transferibles al exterior. ....	283
2.3.2.4.17.Corrección y ajuste del diseño inicial.....	284
2.4. Diseño del armado del entronque aéreo subterráneo. ....	285

3. PLIEGO DE CONDICIONES.....	4
3.1. Generalidades.....	4
3.2. INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN.....	4
3.2.1.Calidad de los materiales. Condiciones y ejecución.....	4
3.2.1.1.Conductores: Tendido, empalmes, terminales, cruces y protecciones.....	5
3.2.1.2.Señalización.....	6
3.2.1.3.Empalmes y terminales.....	7
3.2.1.4.Accesorios.....	7
3.2.1.5.Medidas eléctricas.....	7
3.2.1.6.Obra Civil.....	8
3.2.1.7.Zanjas: Ejecución, tendido, cruzamientos, señalización y acabado.....	8
3.2.2.Normas generales para la ejecución de las instalaciones.....	9
3.2.3.Revisiones y pruebas reglamentarias al finalizar la obra.....	11
3.2.4.Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.....	11
3.2.5.Revisiones, inspecciones y pruebas periódicas reglamentarias a efectuar por parte de instaladores, de mantenedores y/o de organismos de control.....	12
3.3. INSTALACIÓN MEDIA TENSIÓN.....	12
3.3.1.Calidad de los materiales. Condiciones y ejecución.....	12
3.3.1.1.Conductores: Tendido, empalmes, terminales, cruces y protecciones.....	13
3.3.1.2.Obra Civil.....	17
3.3.1.3. .Zanjas: ejecución, tendido, cruzamientos, paralelismos, señalización y acabado.....	17
3.3.2.Normas generales para la ejecución de las instalaciones.....	19
3.4. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN MINIBLOCK.....	20
3.4.1.Calidad de los materiales.....	20
3.4.1.1.Obra Civil.....	20
3.4.1.2.Aparamenta de Alta Tensión.....	21
3.4.1.3.Transformadores de potencia.....	21
3.4.2.Normas de ejecución de las instalaciones.....	22
3.4.3.Pruebas reglamentarias.....	22
3.4.3.1.Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.....	22
3.4.3.2.Certificados y documentación.....	23

---

3.4.4.Libro de órdenes. ....	23
3.5. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PFU-5/20 y PFU-4/20. ....	23
3.5.1.Calidad de los materiales. ....	23
3.5.1.1.Obra Civil. ....	23
3.5.1.2.Aparamenta de Alta Tensión. ....	23
3.5.1.3.Transformadores de potencia.....	24
3.5.2.Equipos de medida. ....	24
3.5.3.Normas de ejecución de las instalaciones.....	25
3.5.4.Pruebas reglamentarias. ....	25
3.5.5.Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad. ....	26
3.5.6.Certificados y documentación. ....	26
3.5.7.Libro de órdenes. ....	26

---

4. PRESUPUESTO. ....	3
4.1. Presupuesto Baja Tensión. ....	3
4.2. Presupuesto Media Tensión. ....	4
4.3. Presupuesto Centros de Transformación. ....	5
4.3.1. Centro de Transformación PFU-5/20. ....	5
4.3.2. Presupuesto Centro de Transformación PFU-4/20. ....	11
4.3.3. Presupuesto Centro de Transformación miniBLOCK. ....	18
4.4. Diversos materiales eléctricos. ....	23
4.5. Presupuesto total. ....	24

## 5. PLANOS

1. Situación
2. Emplazamiento
3. Anillo de Media Tensión, Acometida y Abonado.
4. Centro de Transformación 1
5. Centro de Transformación 2
6. Centro de Transformación 3.
7. Centro de Transformación 4.
8. Centro de Transformación 5
9. Centro de Transformación 6
10. Centro de Transformación 7
11. Centro de Transformación 8
12. Centro de Transformación 9
13. Centro de Transformación 10
14. Centro de Transformación 11
15. Centro de Transformación 12
16. Centro de Transformación 13
17. Centro de Transformación 14
18. Centro de Transformación 15
19. Zanjas acera
20. Zanjas calzada
21. Esquema Unifilar
22. Dimensiones miniBLOCK
23. Dimensiones PFU-5
24. Planta del entronque
25. Puesta a tierra centros de transformación
26. Dimensiones PFU-4
27. Perfil y detalles del entronque A/S
28. Puesta a tierra PFU-4

---

6. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD. ....	4
6.1. Objeto.....	4
6.2. Características generales de la obra. ....	4
6.2.1.Descripción de la obra y situación.....	4
6.2.2. Servicios higiénicos.....	4
6.3. Riesgos laborables.....	4
6.3.1.Movimientos de tierras. ....	4
6.3.2.Cimentación y estructura. ....	5
6.3.3.Instalación eléctrica. ....	6
6.4. Instalaciones provisionales y asistencia sanitaria.....	7
6.5. Normativa aplicable. ....	8
6.5.1.Normas Oficiales. ....	8
6.5.2.Normas Iberdrola.....	9
6.6. Estudio específico obra construcción centros de transformación. ....	9
6.6.1.Objeto. ....	9
6.6.2.Características generales de la obra.....	10
6.6.3.Riesgos laborables evitables completamente. ....	10
6.6.4.Riesgos laborables no eliminables completamente. ....	11
6.6.4.1.Toda la obra.....	11
6.6.4.2.Movimientos de tierras. ....	12
6.6.4.3.Montaje y puesta en tensión. ....	12
6.6.5.Riesgos Laborables especiales.....	13
6.6.6.Instalaciones provisionales y asistencia sanitaria. ....	14
6.6.7.Previsiones para trabajos posteriores.....	14
6.6.8.Normas de seguridad aplicables en la obra. ....	14

# **MEMORIA**

# INDICE

<b>1. MEMORIA.....</b>	<b>5</b>
1.1. Objeto del proyecto. ....	5
1.2. Titulares de la instalación al principio y al final. ....	5
1.3. Usuario de la instalación. ....	5
1.4. Emplazamiento de la instalación.....	5
1.5. Legislación y normativa aplicable.....	5
1.6. Plazo de ejecución de las instalaciones.....	6
1.7. Descripción de la instalación.....	6
1.7.1. Descripción genérica de la instalación. ....	6
1.7.2. Descripción de la red de baja tensión. ....	6
1.7.2.1. Trazado.....	15
1.7.2.2. Inicio y final de línea.....	15
1.7.2.3. Cruzamientos, paralelismos, etc. ....	15
1.7.2.4. Relación de propietarios afectados con dirección y D.N.I. ....	17
1.7.2.5. Puesta a tierra. ....	17
1.7.3. Descripción de la red de media tensión.....	17
1.7.3.1. Trazado.....	17
1.7.3.2. Puntos de entronque.....	17
1.7.3.3. Longitud.....	18
1.7.3.4. Relación de cruzamientos, paralelismos, etc. ....	18
1.7.3.5. Relación de propietarios afectados, con dirección y D.N.I. ....	20
1.7.3.6. Materiales.....	20
1.7.3.7. Conductores. ....	20
1.7.3.8. Accesorios.....	20
1.7.3.9. Protecciones eléctricas de principio y fin de línea. ....	21
1.7.3.10. Zanjas y sistemas de enterramiento ....	21
1.7.3.11. Medidas de señalización y seguridad.....	21
1.7.3.12. Puesta a tierra. ....	22
1.7.4. Descripción Centros de Transformación. ....	22
1.7.4.1. Características de los materiales.....	22
1.7.4.2. Cimentación. ....	23

1.7.4.3.	Solera y pavimento.....	23
1.7.4.4.	Cerramientos exteriores.....	24
1.7.4.5.	Tabiquería interior.....	24
1.7.4.6.	Cubiertas. ....	24
1.7.4.7.	Forjados y cubiertas. ....	24
1.7.4.8.	Enlucidos y Pinturas. ....	24
1.7.4.9.	Varios.....	24
1.7.5.	Instalación eléctrica.....	27
1.7.5.1.	Características de la red de alimentación. ....	27
1.7.5.2.	Características de la apartamenta de alta tensión. ....	27
1.7.5.2.1.	Celda de entrada y salida. ....	29
1.7.5.2.2.	Celda de protección. ....	31
1.7.5.2.3.	Celda de media tensión.....	33
1.7.5.2.4.	Celda del transformador. ....	33
1.7.5.3.	Características del material vario de alta tensión. ....	33
1.7.5.3.1.	Embarrado general.....	33
1.7.5.3.2.	Piezas de conexión. ....	33
1.7.5.3.3.	Aisladores de apoyo. ....	34
1.7.5.3.4.	Aisladores de paso. ....	34
1.7.5.4.	Medida de la energía eléctrica. ....	34
1.7.5.5.	Puesta a tierra. ....	34
1.7.5.5.1.	Tierra de protección.....	34
1.7.5.5.2.	Tierra de servicio.....	35
1.7.5.6.	Cuadro general de B.T. Justificación y diseño. ....	35
1.7.5.7.	Instalaciones secundarias.....	37
1.7.5.7.1.	Alumbrado.....	37
1.7.5.7.2.	Baterías de condensadores. ....	37
1.7.5.7.3.	Protección contra incendios.....	37
1.7.5.7.4.	Ventilación. ....	37
1.7.5.7.5.	Medidas de seguridad.....	38
1.7.6.	Descripción obra civil. ....	39



## **1. MEMORIA**

### **1.1. Objeto del proyecto.**

Por parte del departamento de electricidad de la universidad politécnica de Cartagena, se pide el desarrollo para una parcela dada, del diseño de:

- Red de distribución de baja tensión para suministro de energía eléctrica a viviendas de tipo unifamiliar y colectivo, así como la alimentación de zonas ajardinadas y de equipamientos social y juvenil.
- Centros de transformación necesarios para satisfacer la demanda de energía eléctrica del conjunto de la instalación.
- Red subterránea de media tensión para alimentar a los centros de transformación.

El objeto de este proyecto es ser entregado como proyecto final de carrera para la obtención del título de Ingeniero Técnico Industrial, especialidad en electricidad.

### **1.2. Titulares de la instalación al principio y al final.**

El titular al inicio de la instalación es el Departamento de Electricidad de la Universidad Politécnica de Cartagena, con domicilio: Calle Doctor Fleming 30202 Cartagena.

El titular al final de la instalación es la empresa suministradora de Iberdrola S.A.

### **1.3. Usuario de la instalación.**

Los usuarios son aquellas personas físicas que van a hacer uso de las distintas viviendas que se encuentran en el polígono residencial, así como los propietarios del equipamiento social y juvenil.

### **1.4. Emplazamiento de la instalación.**

El emplazamiento de la parcela del presente proyecto se encuentra ubicado en Fuente Álamo, término municipal del Campo de Cartagena, provincia de Murcia, se puede ver con más detalle en los planos de situación y emplazamiento que se adjunta en los siguiente documentos.

### **1.5. Legislación y normativa aplicable.**

-Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en Centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. Aprobado por real decreto 3.275/1982, de noviembre, B.O.E. 1-12-82.

- Real decreto 223/2008 de 15 de febrero, por el que se aprueba el nuevo Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas Eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Reglamento electrotécnico para baja tensión. Aprobado por decreto 842/2002, de 2 de agosto, B.O.E. 224 de 18-09-02.
- Instrucciones técnicas complementarias, denominadas ITC-BT.
- 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).
- Normas UNE y recomendaciones UNESA.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.
- Normas particulares de Iberdrola.
- Contenidos mínimos en proyectos (resolución de 3 de julio de 2.003 de la Dirección general de industria, energía y minas).
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

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

El plazo de ejecución de las instalaciones está estipulado en seis meses desde el comienzo de las obras.

## **1.7. Descripción de la instalación.**

### **1.7.1. Descripción genérica de la instalación.**

Mediante un entronque aéreo-subterráneo de media tensión proporcionado por Iberdrola se alimenta el centro de transformación y reparto.

Desde este Centro de Transformación y Reparto se alimenta, por un lado, un anillo de media tensión formado por 15 Centros de Transformación. Estos Centros de Transformación disponen a su vez de dos anillos de baja tensión los cuales alimentan a las distintas viviendas que componen el polígono y a las distintas cargas que están distribuidas por éste.

### **1.7.2. Descripción de la red de baja tensión.**

La red de baja tensión suministra a todas las parcelas del polígono, cada una con su correspondiente potencia. El polígono consta de diferentes parcelas donde podemos

encontrar viviendas unifamiliares, edificios de varias viviendas con sus correspondientes garajes, jardines, equipamiento social y juvenil, así como alumbrados viales.

La red está formada por 30 anillos distintos, cumpliendo con la potencia y longitud convenientes para el buen funcionamiento de la misma y la adecuación con la legislación normativas vigentes.

Los conductores a utilizar son de tipo AL XZ1 0.6/1 kV de la casa Prysmian. Es un conductor de aluminio, rígido, cuya temperatura en servicio permanente es de 90°. Mientras que en cortocircuito es de 250°. El aislamiento es una mezcla de polietileno reticulado (XLPE), y la cubierta es una mezcla especial cero halógenos.

Según el MT 1.10.14 de Iberdrola, es su apartado 8, se recomienda no instalar secciones menores de 150mm<sup>2</sup> en aluminio. Por lo que, aunque las condiciones nos permitía instalar secciones menores, deberemos aumentar dicha sección hasta 150 mm<sup>2</sup>.

A continuación muestro la relación de parcelas que suministra cada centro de transformación, así como la sección, el tipo de fusible a utilizar, la longitud de los anillos y el punto de mínima tensión en cada caso.

### CT1

- Parcela 15 (viviendas unifamiliares electrificación elevada)
- Parcela 21 (viviendas unifamiliares electrificación elevada)
- Zona Jardín 1
- Alumbrado Vial
- Parcela 20 (5 escaleras con electrificación básica)

	Anillo 1		Anillo 2	
	Rama 1	Rama 2	Rama 1	Rama 2
Longitud (m)	549.58		287.32	
P.M.T. (m)	324.15		136.58	
Fusible (A)	200	200	315	315
Sección	3x240+1x150mm <sup>2</sup>		3x240+1x150mm <sup>2</sup>	

## CT2

- Parcela 20 (3 escaleras con viviendas de electrificación básica)
- Parcela 19 (7 escaleras con viviendas de electrificación básica)

	Anillo 1		Anillo 2		Anillo 3	
	Rama 1	Rama 2	Rama 1	Rama 2	Rama 1	Rama 2
Longitud (m)	151.07		227.49		108.79	
P.M.T. (m)	52.99		101.815		46.77	
Fusible (A)	315	315	250	250	250	250
Sección	3x240+1x150mm <sup>2</sup>		3x150+1x95mm <sup>2</sup>		3x150+1x95mm <sup>2</sup>	

## CT3

- Parcela 20 (1 escaleras con viviendas de electrificación básica)
- Parcela 19 (6 escaleras con viviendas de electrificación básica)
- Zona Jardín 2

	Anillo 1		Anillo 2	
	Rama 1	Rama 2	Rama 1	Rama 2
Longitud (m)	162.47		309.76	
P.M.T. (m)	57.94		170.05	
Fusible (A)	315	315	250	250
Sección	3x240+1x150mm <sup>2</sup>		3x150+1x95mm <sup>2</sup>	

### **CT4**

- Parcela 17 (viviendas unifamiliares electrificación elevada)
- Parcela 18 (viviendas unifamiliares electrificación elevada)
- Parcela 19 (2 escaleras con viviendas de electrificación básica)
- Parcela 20 (1 escalera con vivienda de electrificación básica)
- Equipamiento Social
- Alumbrado Vial

	Anillo 1		Anillo 2	
	Rama 1	Rama 2	Rama 1	Rama 2
Longitud (m)	461.12		564.51	
P.M.T. (m)	200.64		290.7	
Fusible (A)	250	250	200	200
Sección	3x240+1x150mm <sup>2</sup>		3x240+1x150mm <sup>2</sup>	

### **CT5**

- Parcela 11 (viviendas unifamiliares de electrificación elevada)
- Parcela 13 (viviendas unifamiliares de electrificación elevada)
- Parcela 14 (7 viviendas unifamiliares de electrificación elevada)
- Parcela 16 (viviendas unifamiliares de electrificación elevada)
- Zona Jardín 3

	Anillo 1		Anillo 2	
	Rama 1	Rama 2	Rama 1	Rama 2
Longitud (m)	386.83		703.55	
P.M.T. (m)	172.98		388.62	
Fusible (A)	315	315	160	160
Sección	3x240+1x150mm <sup>2</sup>		3x240+1x150mm <sup>2</sup>	

### CT6

- Parcela 7 (viviendas unifamiliares de electrificación elevada)
- Parcela 11 (viviendas unifamiliares de electrificación elevada)
- Parcela 9 (3 escaleras con viviendas de electrificación básica)
- Parcela 8 (1 escalera con viviendas de electrificación básica)

	Anillo 1		Anillo 2	
	Rama 1	Rama 2	Rama 1	Rama 2
Longitud (m)	585.85		412.47	
P.M.T. (m)	241.56		110.36	
Fusible (A)	200	200	200	200
Sección	3x240+1x150mm <sup>2</sup>		3x240+1x150mm <sup>2</sup>	

### CT7

- Parcela 9 (5 escaleras con viviendas de electrificación básica)
- Parcela 12 (14 viviendas unifamiliares de electrificación elevada)
- Parcela 14 (3 viviendas unifamiliares de electrificación elevada)

	Anillo 1		Anillo 2	
	Rama 1	Rama 2	Rama 1	Rama 2
Longitud (m)	431.99		317.29	
P.M.T. (m)	174.42		169.72	
Fusible (A)	250	250	315	315
Sección	3x240+1x150mm <sup>2</sup>		3x240+1x150mm <sup>2</sup>	

### CT8

-Parcela 8 (7 escaleras con viviendas de electrificación básica)

-Zona Jardín 4

	Anillo 1		Anillo 2	
	Rama 1	Rama 2	Rama 1	Rama 2
Longitud (m)	112.2		258.46	
P.M.T. (m)	60.88		118.79	
Fusible (A)	315	315	315	315
Sección	3x240+1x150mm <sup>2</sup>		3x240+1x150mm <sup>2</sup>	

### CT9

-Parcela 4 (6 escaleras con viviendas de electrificación básica)

-Parcela 7 (viviendas unifamiliares con electrificación elevada)

	Anillo 1		Anillo 2	
	Rama 1	Rama 2	Rama 1	Rama 2
Longitud (m)	78.95		397.94	
P.M.T. (m)	49.98		115.81	
Fusible (A)	315	315	250	250
Sección	3x240+1x150mm <sup>2</sup>		3x240+1x150mm <sup>2</sup>	

### CT10

-Parcela 5 (viviendas colectivas con electrificación básica)

	Anillo 1		Anillo 2	
	Rama 1	Rama 2	Rama 1	Rama 2
Longitud (m)	67.86		192.88	
P.M.T. (m)	42.16		86.48	
Fusible (A)	315	315	315	315
Sección	3x240+1x150mm <sup>2</sup>		3x240+1x150mm <sup>2</sup>	

### CT11

-Parcela 9 (4 escaleras con viviendas de electrificación básica)

-Parcela 10 (viviendas unifamiliares de electrificación elevada)

-Parcela 12 (4 viviendas unifamiliares de electrificación elevada)

	Anillo 1		Anillo 2	
	Rama 1	Rama 2	Rama 1	Rama 2
Longitud (m)	444.08		273.03	
P.M.T. (m)	186.68		125.12	
Fusible (A)	250	250	315	315
Sección	3x240+1x150mm <sup>2</sup>		3x240+1x150mm <sup>2</sup>	

### **CT12**

- Parcela 2 (viviendas unifamiliares de electrificación elevada)
- Parcela 6 (viviendas unifamiliares de electrificación elevada)

	Anillo 1		Anillo 2	
	Rama 1	Rama 2	Rama 1	Rama 2
Longitud (m)	664.18		442.38	
P.M.T. (m)	331.266		190.31	
Fusible (A)	200	200	160	160
Sección	3x240+1x150mm <sup>2</sup>		3x150+1x95mm <sup>2</sup>	

### **CT13**

- Parcela 5 (7 escaleras con viviendas de electrificación básica)
- Zona Jardín 5

	Anillo 1		Anillo 2	
	Rama 1	Rama 2	Rama 1	Rama 2
Longitud (m)	91.9		224.36	
P.M.T. (m)	29.25		100.67	
Fusible (A)	315	315	315	315
Sección	3x240+1x150mm <sup>2</sup>		3x240+1x150mm <sup>2</sup>	

### CT14

-Parcela 4 (viviendas colectivas con electrificación básica)

	Anillo 1		Anillo 2	
	Rama 1	Rama 2	Rama 1	Rama 2
Longitud (m)	71.9		206.7	
P.M.T. (m)	42.96		85.017	
Fusible (A)	315	315	315	315
Sección	3x240+1x150mm <sup>2</sup>		3x240+1x150mm <sup>2</sup>	

### CT15

- Parcela 1 (viviendas unifamiliares con electrificación elevada)
- Parcela 3 (viviendas unifamiliares con electrificación elevada)
- Parcela 4 (viviendas colectivas con electrificación básica)
- Parcela 7 (viviendas unifamiliares con electrificación elevada)
- Alumbrado Vial
- Equipamiento Juvenil
- Zona Jardín 6

	Anillo 1		Anillo 2	
	Rama 1	Rama 2	Rama 1	Rama 2
Longitud (m)	643.6		576.43	
P.M.T. (m)	260.73		380.94	
Fusible (A)	160	160	160	160
Sección	3x240+1x150mm <sup>2</sup>		3x240+1x150mm <sup>2</sup>	

### **1.7.2.1. Trazado.**

Los conductores transcurrirán bajo acera directamente enterrados, salvo en los tramos que deban transcurrir bajo calzada, que irán bajo tubo. El recorrido debe ser el menor posible a la vez que rectilíneo.

La profundidad, hasta la parte inferior del cable, no será menor de 0.70m en acera o de 0.80m en calzada.

### **1.7.2.2. Inicio y final de línea.**

Por cada transformador hay 4 inicios y 4 finales de línea. El principio de las ramas de cada anillo tiene su inicio en el centro de transformación correspondiente, mientras que la carga donde desemboca cada rama es considerada el final de línea. En los cálculos justificativos y en los planos adjuntos se observa donde está el final de cada una de las ramas.

### **1.7.2.3. Cruzamientos, paralelismos, etc.**

El ITC-BT-07, en su apartado 2.2 nos dice:

#### Cruzamientos

A continuación se fijan, para cada uno de los casos indicados, las condiciones a que deben responder los cruzamientos de cables subterráneos de baja tensión directamente enterrados.

-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 0.80m. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

-Ferrocarriles

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores conforme con lo establecido en la ITC-BT-21, recubiertos de hormigón y siempre que sea posible, perpendiculares a la vía, y a una profundidad mínima de 1.3m respecto a la cara inferior de la traviesa. Dichos tubos rebasarán las vías férreas en 1.5m por cada extremo.

-Otros cables de energía eléctrica

Siempre que sea posible, se procurará que los cables de baja tensión discurren por encima de los de alta tensión.

La distancia mínima entre un cable de baja tensión y otros cables de energía eléctrica será: 0.25m con cables de alta tensión y 0.10m con cables de baja tensión. La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1m.

Cuando no puedan respetarse estas distancia en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

#### -Cables de telecomunicación

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0.20m. La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

Estas restricciones no se deben aplicar a los cables de fibra óptica con cubiertas dieléctricas. Todo tipo de protección en la cubierta del cable debe ser aislante.

#### Proximidades y paralelismo

Los cables subterráneos de baja tensión directamente enterrados deberán cumplir las condiciones y distancias de proximidad que se indican a continuación, procurando evitar que queden en el mismo plano vertical que las demás conducciones.

#### -Otros cables de energía eléctrica

Los cables de baja tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 0.10m con los cables de baja tensión y 0.25m con los cables de alta tensión. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

En el caso de que un mismo propietario canalice a la vez varios cables de baja tensión, podrá instalarlos a menos distancia, incluso en contacto.

#### -Cables de telecomunicación

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0.20m. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

#### Acometidas (conexiones de servicio)

En el caso de que el cruzamiento o paralelismo entre cables eléctricos y canalizaciones de los servicios descritos anteriormente, se produzcan en el tramo de la acometida a un edificio deberá mantenerse una distancia mínima de 0.20m.

Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, la canalización instalada más recientemente se dispondrá entubada según lo prescrito en el apartado 2.1.2.

La canalización de la acometida eléctrica, en la entrada al edificio, deberá taponarse hasta conseguir una estanqueidad adecuada.

#### **1.7.2.4. Relación de propietarios afectados con dirección y D.N.I.**

No procede.

#### **1.7.2.5. Puesta a tierra.**

El conductor neutro de las redes subterráneas de distribución pública, se conectará a tierra en el centro de transformación en la forma prevista en el Reglamento Técnico de Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación; fuera del centro de transformación se conectará a tierra en otros puntos de la red, con objeto de disminuir su resistencia global a tierra.

El neutro se conectará a tierra a lo largo de la red, en todas las cajas generales de protección o en las cajas de seccionamiento o en las cajas generales de protección medida, consistiendo dicha puesta a tierra en una pica, unida al borne del neutro mediante un conductor aislado de 50mm<sup>2</sup> de Cu, como mínimo. El conductor neutro no podrá ser interrumpido en las redes de distribución.

### **1.7.3. Descripción de la red de media tensión.**

#### **1.7.3.1. Trazado.**

La red de media tensión transcurre bajo acera directamente enterrada, a excepción cuando atraviesa calzada que debe ir bajo tubo. La profundidad de la zanja se especifica en el apartado de cruzamientos, paralelismo, etc.

La red de media tensión incluye aquellos conductores que unen:

- Entronque aéreo-subterráneo y Centro de Transformación y Reparto.
- Anillo de media tensión.
- Centro de Transformación y Reparto y Centro de abonado.

#### **1.7.3.2. Puntos de entronque.**

El punto de entronque es el proporcionado por la compañía eléctrica y que podemos ver en el plano de situación.

### **1.7.3.3. Longitud.**

Tenemos tres líneas de media tensión:

-Entronque de la acometida proporcionada por Iberdrola hasta el Centro de Transformación y Reparto.

Longitud → 256.8m

-Anillo de media tensión de los quince Centros de Transformación.

Longitud → 2432.58m

-Centro de Transformación y Reparto hasta Centro de Abonado.

Longitud → 230.08m

### **1.7.3.4. Relación de cruzamientos, paralelismos, etc.**

#### Cruzamientos

A continuación se fijan, para cada uno de los casos indicados, las condiciones a que deben responder los cruzamientos de cables subterráneos de AT.

#### Calles y carreteras

Los cables se colocarán en canalizaciones entubadas hormigonadas en toda su longitud. La profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie no será inferior a 0.6 metros. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

#### Ferrocarriles

Los cables se colocarán en canalizaciones entubadas hormigonadas, perpendiculares a la vía siempre que sea posible. La parte superior del tubo más próximo a la superficie quedará a una profundidad mínima de 1.1 metros respecto de la cara inferior de la travesía. Dichas canalizaciones entubadas rebasarán las vías férreas en 1.5 metros por cada extremo.

#### Otros cables de energía eléctrica

Siempre que sea posible, se procurará que los cables de alta tensión discurren por debajo de los de baja tensión.

La distancia mínima entre un cable de energía eléctrica de AT y otros cables de energía eléctrica será de 0.25 metros. La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 metro. Cuando no puedan respetarse estas distancias, el cable instalado más recientemente se dispondrá separado mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450N y que soporten un impacto de energía de 20J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90mm, 28J si es superior a 90mm y menor o igual a 140mm y de 40J cuando es superior a 140mm.

#### Cables de telecomunicación

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0.20 metros. La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 metro. Cuando no puedan respetarse estas distancias, el cable instalado más recientemente se dispondrá separado mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450N y que soporten un impacto de energía de 20J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90mm, 28J si es superior a 90mm y menor o igual a 140mm y de 40J cuando es superior a 140mm.

#### Proximidades y paralelismos

Los cables subterráneos de AT deberán cumplir las condiciones y distancias de proximidad que se indican a continuación, procurando evitar que queden en el mismo plano vertical que las demás conducciones.

#### Otros cables de energía eléctrica

Los cables de AT podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 0.25 metros. Cuando no pueda respetarse esta distancia la conducción más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450N y que soporten un impacto de energía de 20J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90mm, 28J si es superior a 90mm y menor o igual a 140mm y de 40J cuando es superior a 140mm.

En el caso que un mismo propietario canalice a la vez varios cables de AT del mismo nivel de tensiones, podrá instalarlos a menor distancia, pero los mantendrá separados entre sí con cualquiera de las protecciones citadas anteriormente.

#### Cables de telecomunicación

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0.20m. Cuando no pueda mantenerse esta distancia, la canalización más reciente instalada se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450N y que soporten un impacto de energía de 20J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90mm, 28J si es superior a 90mm y menor o igual a 140mm y de 40J cuando es superior a 140mm.

#### Acometidas (conexiones de servicio)

En el caso de que alguno de los dos servicios que se cruzan o discurren paralelos sea una acometida o conexión de servicio a un edificio, deberá mantenerse entre ambos una distancia mínima de 0.30 metros. Cuando no pueda respetarse esta distancia, la conducción más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450N y que soporten un impacto de energía de 20J si el diámetro

exterior del tubo no es superior a 90mm, 28J si es superior a 90mm y menor o igual a 140mm y de 40J cuando es superior a 140mm.

La entrada de las acometidas o conexiones de servicio a los edificios, tanto cables de B.1 como AT en el caso de acometidas eléctricas, deberá taponarse hasta conseguir su estanqueidad.

#### **1.7.3.5. Relación de propietarios afectados, con dirección y D.N.I.**

No procede.

#### **1.7.3.6. Materiales.**

Los materiales y su montaje cumplirán con los requisitos y ensayos de las normas UNE aplicables de entre las incluidas en la ITC-LAT 02 y demás normas y especificaciones técnicas aplicables. En el caso de que no exista norma UNE, se utilizarán las Normas Europeas (EN o HD) correspondientes y, en su defecto, se recomienda utilizar la publicación CEI correspondiente (Comisión Electrotécnica Internacional).

#### **1.7.3.7. Conductores.**

Utilizo el conductor de la casa Prysmian AL EPROTENAX H COMPACT 12/20 kV.

Tipo: AL HEPRZ1

Tensión: 12/20 kV

Norma de diseño: UNE HD 620-9E

Conductor: cuerda redonda compacta de hilos de aluminio, clase 2, según UNE EN 60228

Semiconductora interna: capa extrusionada de material conductor.

Aislamiento: etileno propileno de alto gradiente, (HEPR, 105°C)

Semiconductora externa: capa extrusionada de material conductor separable en frío.

Pantalla metálica: hilos de cobre en hélice con cinta de cobre a contraespira.

Sección total 16mm<sup>2</sup> o 25mm<sup>2</sup>.

Separador: cinta de poliéster.

Cubierta exterior: poliolefina termoplástica, Z1 Vemex. (Color rojo)

#### **1.7.3.8. Accesorios.**

Los empalmes y los terminales serán adecuados 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 el Manual Técnico de distribución correspondiente de Iberdrola cuando exista, o en su defecto, las instrucciones del fabricante. Las características de los terminales serán las establecidas en la NI 56.80.02. Los conectores para terminales de AT quedan recogidos en NI 56.86.01.

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

#### Protecciones contra sobreintensidades

Los cables estarán debidamente protegidos contra los efectos térmicos y dinámicos que puedan originarse debido a las sobre intensidades que puedan producirse en la instalación.

Para la protección contra sobre intensidades se utilizarán interruptores automáticos colocados en el inicio de las instalaciones que alimenten cables subterráneos. Las características de funcionamiento de dichos elementos de protección corresponderán a las exigencias que presente el conjunto de la instalación de la que forme parte el cable subterráneo, teniendo en cuenta las limitaciones propias de éste.

#### Protección contra sobre intensidades de cortocircuito

La protección contra cortocircuitos por medio de interruptores automáticos se establecerá de forma que la falta sea despejada en un tiempo tal, que la temperatura alcanzada por el conductor durante el cortocircuito no dañe el cable.

Las intensidades máximas de cortocircuito admisibles para los conductores y las pantallas correspondientes a tiempos de desconexión comprendidos entre 0,1 y 3 segundos, serán las indicadas en la Norma UNE 20-435.

Podrán admitirse intensidades de cortocircuito mayores a las indicadas en aquellos casos en que el fabricante del cable aporte la documentación justificativa correspondiente.

#### Protección contra sobretensiones

Los cables aislados deberán estar protegidos contra sobretensiones por medio de dispositivos adecuados, cuando la probabilidad e importancia de las mismas así lo aconsejen. Para ello, se utilizará, como regla general, pararrayos de óxido metálico, cuyas características estarán en función de las probables intensidades de corriente a tierra que puedan preverse en caso de sobretensión.

### **1.7.3.10. Zanjas y sistemas de enterramiento**

Las zanjas tendrán una profundidad mínima de 0.95m en aceras y de 1.05 en calzada. Ya que al transcurrir bajo una red de baja tensión, debe mantener una diferencia como mínimo de 0.2m, y la red de baja tensión transcurre a 0.7m en acera y 0.8m en calzada.

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

Cinta de polietileno para señalización subterránea de cables enterrados. La designación de Iberdrola es: CP-15, el color es amarillo-naranja vivo y la anchura varía sobre los 15cm.

### **1.7.3.12. Puesta a tierra.**

Las pantallas metálicas de los cables se conectarán a tierra, por lo menos en una de sus cajas terminales externas. Cuando no se conecten ambos extremos a tierra, el proyectista deberá justificar en el extremo no conectado que las tensiones provocadas por el efecto de las faltas a tierra o por inducción de tensión entre la tierra y pantalla, no producen una tensión de contacto aplicada superiores al valor indicado en la ITC-LAT 07, salvo que en este extremo la pantalla esté protegida por envolvente metálica puesta a tierra o sea inaccesible. Asimismo, también deberá justificar que el aislamiento de la cubierta es suficiente para soportar las tensiones que pueden aparecer en servicio o en caso de defecto.

### **1.7.4. Descripción Centros de Transformación.**

Los Centros estarán ubicados en una caseta o envolvente independiente destinada únicamente a esta finalidad. En ella se ha instalado toda la aparamenta y demás equipos eléctricos, así como al transformador de potencia.

Para el diseño de estos centros de transformación se han observado todas las normativas antes indicadas, teniendo en cuenta las distancias necesarias para pasillos y accesos, al igual que las distancias mínimas entre elementos en tensión que se detallan en el vigente reglamento de alta tensión.

Las dimensiones del centro de transformación y reparto deben permitir las siguientes consignas:

- El movimiento y colocación en su interior de los elementos y maquinaria necesarios para la realización adecuada de la instalación eléctrica.
- La ejecución de maniobras propias de su explotación y operaciones de mantenimiento en condiciones óptimas de seguridad para las personas que lo realicen.

Como norma general los centros de transformación deberán cumplir también las siguientes consignas:

- No contendrá canalizaciones ajenas al CT, tales como agua, aire, gas, teléfonos, etc.
- Será construido enteramente con materiales no combustibles.
- Los elementos delimitadores del CT (muros, tabiques, cubiertas, etc), así como los estructurales en él contenidos (vigas, pilares, etc) tendrán una resistencia al fuego de acuerdo con la NBE CPI-96 y los materiales constructivos del revestimiento interior (paramentos, pavimento y techo) serán de clase M0 de acuerdo con la Norma UNE 23727.
- Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial será accesible desde el exterior.
- Las piezas metálicas expuestas al exterior están tratadas adecuadamente contra la corrosión.
- Bajo la solera se disponen los orificios para la entrada de cables de Alta y Baja Tensión.

#### **1.7.4.1. Características de los materiales.**

##### Centro de transformación y reparto tipo PFU-5 de Ormazabal.

Los edificios PFU constan de una envolvente de hormigón, instalado en superficie, de estructura monobloque, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos: desde la aparamenta de Media Tensión, hasta los cuadros de Baja Tensión, incluyendo los transformadores, dispositivos de Control e interconexiones entre los diversos elementos.

La principal ventaja que presentan estos Centros de Transformación 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.

#### Centro de transformación tipo miniBLOK 24 de Ormazabal.

El miniBLOK es un Centro de Transformación compacto compartimentado, de maniobra exterior, diseñado para redes públicas de distribución eléctrica en MT.

El miniBLOK es aplicable a redes de distribución de hasta 24 kV, donde se precisa de un transformador de 400 kVA en nuestro caso.

Se trata de un producto construido de serie, ensayado y suministrados como una unidad, que consiste en un equipo compacto asociado tipo MB formado por 2 celdas de Línea y una de Protección, un Transformador, un Cuadro de Baja Tensión y las correspondientes interconexiones y elementos auxiliares, todo ello en el interior de una envolvente de hormigón. 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 aparataje 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.

#### Centro de transformación PFU-4 de Ormazabal.

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

#### **1.7.4.2. Cimentación.**

##### Centro de transformación y reparto tipo PFU-5 y PFU-4 de Ormazabal.

Para la ubicación del Centro de Transformación PFU 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.

##### Centro de transformación tipo miniBLOK 24 de Ormazabal.

No procede.

#### **1.7.4.3. Solera y pavimento.**

No procede al ser centros de transformación de tipo prefabricado.

#### **1.7.4.4. Cerramientos exteriores.**

Tanto en el tipo PFU-5 como en el tipo miniBLOCK y el PFU-4 el cerramiento exterior está compuesto por una envolvente prefabricada de hormigón armado.

#### **1.7.4.5. Tabiquería interior.**

No se dispone de tabiquería interior en ninguno de los centros de transformación que se tratan en este proyecto.

#### **1.7.4.6. Cubiertas.**

La cubierta está formada por piezas de hormigón armado, habiéndose diseñado de tal forma que se impidan las filtraciones y la acumulación de agua sobre ésta, desaguardo directamente al exterior desde su perímetro. Las piezas de hormigón serán con inserciones en la parte superior para su manipulación.

#### **1.7.4.7. Forjados y cubiertas.**

No procede al tratarse de centros de transformación de tipo prefabricado.

#### **1.7.4.8. Enlucidos y Pinturas.**

El acabado de las superficies exteriores se efectúa con pintura acrílica o epoxy, haciéndolo muy resistente a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.

#### **1.7.4.9. Varios.**

Centro de transformación y reparto tipo PFU-5 de Ormazabal.

- 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 lamas 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 UNESA de acuerdo a la RU 1303A.

- 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.

- Características detalladas:

Nº de transformadores: **1**

Nº reserva de celdas: **1**

Tipo de ventilación: **Normal**

Puertas de acceso peatón: **1 puerta de acceso**

Dimensiones exteriores:

Longitud: **6.080 mm**

Fondo: **2.380 mm**

Altura: **3.045 mm**

Altura vista: **2.585 mm**

Peso: **17.460 kg**

Dimensiones interiores:

Longitud: **5.900 mm**

Fondo: **2.200 mm**

Altura: **2.355 mm**

Dimensiones de la excavación:

Las dimensiones de la excavación variaran en relación al anillo de puesta a tierra.

Centro de transformación tipo miniBLOK 24 de Ormazabal.

- Características detalladas:

Nº de transformadores: **1**

Puertas de acceso peatón: **1 puerta**

Dimensiones exteriores:

Longitud: **1.890 mm**

Fondo: **1.673 mm**

Altura: **1.532 mm**

Peso: **1.950 kg**

Dimensiones de la excavación:

Las dimensiones de la excavación variaran en relación al anillo de puesta a tierra.

#### Centro de transformación PFU-4.

##### - 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 lamas 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.

##### - Características Detalladas

Nº de transformadores:	1
Nº reserva de celdas:	1
Tipo de ventilación:	Normal
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

### **1.7.5. Instalación eléctrica.**

#### **1.7.5.1. 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 compañía suministradora nos ha facilitado los datos correspondientes a la potencia de cortocircuito en el punto de acometida, esta potencia es de 350 MVA que equivale a 10 KA eficaces.

#### **1.7.5.2. Características de la aparamenta de alta tensión.**

Protección y seguridad de personas, bienes y equipos ante los efectos de arcos internos (clase IAC), acreditada con los ensayos realizados conforme a la norma IEC 62271-200.

Insensibilidad ante entornos ambientales agresivos (incluidas inundaciones temporales) larga vida útil y ausencia de mantenimiento de las partes activas proporcionadas por su aislamiento integral en gas y el uso de conectores apantallados.

Flexibilidad de configuración para todo tipo de esquemas. El conjunto de unión ORMALINK patentado en 1991 por Ormazabal aporta modularidad total y extensibilidad futura, en ambas direcciones.

Fáciles tareas de manipulación e instalación gracias a unas dimensiones y pesos reducidos. Seguridad y sencillez de operación mediante elementos de maniobra ergonómicos que integran enclavamientos de serie.

Seguridad adicional mediante unidades ekorSYS: ekorVPIS, indicador luminoso de presencia de tensión; y ekorSAS, alarma sonora de prevención de puesta a tierra.

Posibilidad de montar accesorios y realizar pruebas bajo tensión.

Tubos portafusible en posición horizontal, con acceso frontal y protegidos dentro de la cuba de gas.

Facilidad de conexión de cables, mediante bornas enchufables o atornillables, dispuestas en línea frontalmente.

La cuba, sellada y aislada en gas SF<sub>6</sub>, alberga el embarrado, los elementos de maniobra y los elementos de corte. El dieléctrico utilizado actúa como medio de aislamiento y de extinción. La cuba está provista de una membrana para dirigir de forma segura la salida de los gases en caso de arco interno, y de manómetro para el control de la presión del gas aislante.

El embarrado conexiona los pasatapas monofásicos del exterior de la celda con los elementos de corte de su interior.

Los compartimentos portafusibles proporcionan aislamiento adicional y estanqueidad contra la polución, los cambios de temperatura y condiciones climáticas adversas. Desde su interior la acción del percutor del fusible se transmite a la timonería de disparo.

El mecanismo de maniobra permite realizar las operaciones de conexión y desconexión en los circuitos de Media Tensión.

Los esquemas sinópticos frontales integran los dispositivos de señalización de posición.

Máxima fiabilidad verificada mediante el ensayo de cadena cinemática del mecanismo de señalización según IEC 62271-102.

El compartimento de cables, ubicado en la zona inferior delantera de la celda, dispone de tapa enclavada con el seccionador de puesta a tierra, la cual permite acceso frontal a los cables de Media Tensión.

La conexión de los cables aislados de Media Tensión procedentes del exterior se realiza mediante pasatapas que admiten conectores enchufables o atornillables aislados con o sin pantallas equipotenciales.

Las celdas CGMCOSMOS están diseñadas para la protección de personas y bienes ante los efectos de un arco interno según los criterios del Anexo A de la norma IEC 62271-200.

### Enclavamientos

Estas celdas disponen de enclavamientos internos de serie que permiten un servicio fiable y seguro, de acuerdo a las exigencias de la norma IEC 62271-200.

El conjunto de enclavamientos evita operaciones inseguras:

- Imposibilita cerrar simultáneamente el interruptor-seccionador y el seccionador de puesta a tierra.
- Permite la apertura de la tapa de acceso a los cables de Media Tensión únicamente con el seccionador de puesta a tierra conectado.
- Condiciona el acceso a la zona de cables / portafusibles.

Las celdas del sistema CGMCOSMOS admiten independientemente la condenación de maniobras por candado del interruptor y del seccionador de puesta a tierra.

Opcionalmente, existen dispositivos de condenación de maniobras mediante cerradura.

#### **1.7.5.2.1. Celda de entrada y salida.**

##### CGMCOSMOS-L

Celda modular con función de línea o acometida, provista de interruptor- seccionador de tres posiciones (conectado, seccionado y puesto a tierra).

Extensibilidad: derecha, izquierda y ambos lados.

- Características eléctricas:

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
<b>Tensión asignada*</b>	$U_r$ [kV]	12	24
<b>Frecuencia asignada</b>	$f_r$ [Hz]	50/60	50/60
<b>Corriente asignada</b>			
en barras e interconexión de celdas	$I_r$ [A]	400/630	400/630
acometida	$I_r$ [A]	400/630	400/630
<b>Tensión soportada asignada de corta duración a frecuencia industrial (1 min)</b>			
fase-tierra y entre fases	$U_a$ [kV]	28	50
distancia de seccionamiento	$U_a$ [kV]	32	60
<b>Tensión soportada asignada a impulso de tipo rayo</b>			
fase-tierra y entre fases	$U_p$ [kV]	75	125
distancia de seccionamiento	$U_p$ [kV]	85	145
<b>Clasificación arco interno</b>	IAC AFL	16 kA 1 s / 20** kA 1 s	
<b>Grado de protección</b>	IP	IP33 + IPX7	

<b>Interruptor-Seccionador s/ IEC 60265-1 + IEC 62271-102</b>				
<b>Corriente admisible asignada de corta duración (circuito principal)</b>				
Valor $t_k = 1 \text{ s o } 3 \text{ s}$	$I_k$	[kA]	16/20**/25*	16/20**
Valor de cresta	$I_p$	[kA]	40/52**/62,5*	40/52**
<b>Poder de corte asignado de corriente principalmente activa</b>	$I_{ca}$	[A]	400/630	
<b>Poder de corte asignado de cables en vacío</b>	$I_{c0}$	[A]	50/1,5	
<b>Poder de corte asignado de bucle cerrado</b>	$I_{cc}$	[A]	400/630	
<b>Poder de corte asignado en caso de defecto a tierra</b>	$I_{do}$	[A]	300	
<b>Poder de corte asignado de cables/líneas en vacío en caso de defecto a tierra</b>	$I_{db}$	[A]	100	
<b>Poder de cierre del interruptor principal (valor de cresta)</b>	$I_{mo}$	[kA]	40/52**/62,5*	40/52**
<b>Categoría del interruptor</b>				
Endurancia mecánica	1000-M1 (manual) 5000-M2 (motor)			
Ciclos de maniobras (cierres cc)- clase	5-E3			
<b>Seccionador de Puesta a Tierra s/ IEC 62271-102</b>				
<b>Corriente admisible asignada de corta duración (circuito de tierras)</b>				
Valor $t_k = 1 \text{ s o } 3 \text{ s}$	$I_k$	[kA]	16/20**/25*	16/20**
Valor de cresta	$I_p$	[kA]	40/52**/62,5*	40/52**
<b>Poder de cierre del Seccionador de Puesta a Tierra (valor de cresta)</b>	$I_{mo}$	[kA]	40/52**/62,5*	40/52**
<b>Categoría del Seccionador de Puesta a Tierra</b>				
Endurancia mecánica (manual)	1000-M0			
Ciclos de maniobras (cierres cc)- clase	5-E2			
* También disponible $U_r = 7,2 \text{ kV}$ bajo pedido				
** Ensayos realizados con corriente 21 kA / 52,5 kA				
# Valor sólo válido para $t_k = 1 \text{ s}$				

### CGM COSMOS-2LP

Celda compacta (RMU) con dos funciones de línea y una de protección con fusibles, que incluye tanto las prestaciones de las celdas de línea como la de protección, albergadas en una única cuba.

Extensibilidad: derecha, izquierda, ambos lados o ninguna.

-Características eléctricas:

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS		L		P	
Tensión asignada*	$U_n$ [kV]	12	24	12	24
Frecuencia asignada	$f_n$ [Hz]	50/60	50/60	50/60	50/60
<b>Corriente asignada</b>					
en barras e interconexión de celdas	$I_n$ [A]	400/630	400/630	400/630	400/630
acometida	$I_n$ [A]	400/630	400/630	-	-
en bajante de transformador	$I_n$ [A]	-	-	200	200
<b>Tensión soportada asignada de corta duración a frecuencia industrial (1 min)</b>					
fase-tierra y entre fases	$U_d$ [kV]	28	50	28	50
distancia de seccionamiento	$U_d$ [kV]	32	60	32	60
<b>Tensión soportada asignada a impulso de tipo rayo</b>					
fase-tierra y entre fases	$U_d$ [kV]	75	125	75	125
distancia de seccionamiento	$U_d$ [kV]	85	145	85	145
Clasificación arco interno	IAC AFL	16 kA 1 s / 20** kA 1 s			
Grado de protección	IP	IP33 + IPX7			

Interruptor-Sectionador s/ IEC 60265-1 + IEC 62271-102		L		P	
<b>Corriente admisible asignada de corta duración (circuito principal)</b>					
Valor $t_s = 1$ s o 3 s	$I_c$ [kA]	16/20**/25*	16/20**	16/20**/25*	16/20**
Valor de cresta	$I_p$ [kA]	40/52**/62,5*	40/52**	40/52**/62,5*	40/52**
Poder de corte asignado de corriente principalmente activa	$I_b$ [A]	400/630		200	
Poder de corte asignado de cables en vacío	$I_{bc}$ [A]	50/1,5	-	-	-
Poder de corte asignado de bucle cerrado	$I_{bc}$ [A]	400/630	-	-	-
Poder de corte asignado en caso de defecto a tierra	$I_{bc}$ [A]	300	-	-	-
Poder de corte asignado de cables/lineas en vacío en caso de defecto a tierra	$I_{bc}$ [A]	100	-	-	-
Poder de cierre del interruptor principal (valor de cresta)	$I_{cc}$ [kA]	40/52**/62,5*	40/52**	40/52**/62,5*	40/52**
<b>Categoría del interruptor</b>					
Endurancia mecánica		1000-M1 (manual) / 5000-M2 (motor)			
Ciclos de maniobras (cierres cc)- clase		5-E3			
<b>Corriente de intersección combinada interruptor-relé (ekorRPT)</b>					
$I_{cc}$ de corte s/ TD <sub>95%</sub> IEC 62271-105	[A]	-	-	1250	1250
<b>Corriente de transición combinada interruptor-fusible</b>					
$I_{cc}$ de corte s/ TD <sub>95%</sub> IEC 62271-105	[A]	-	-	1500	1300

Sectionador de Puesta a Tierra s/ IEC 62271-102		L		P	
<b>Corriente admisible asignada de corta duración (circuito de tierras)</b>					
Valor $t_s = 1$ s o 3 s	$I_c$ [kA]	16/20**/25*	16/20**	1/3	
Valor de cresta	$I_p$ [kA]	40/52**/62,5*	40/52**	2,5/7,5	
Poder de cierre del Sectionador de Puesta a Tierra (valor de cresta)	$I_{cc}$ [kA]	40/52**/62,5*	40/52**	2,5/7,5	
<b>Categoría del Sectionador de Puesta a Tierra</b>					
Endurancia mecánica (manual)		1000-M0			
Ciclos de maniobras (cierres cc)- clase		5-E2			

\* También disponible  $U_n = 7,2$  kV bajo pedido  
 \*\* Ensayos realizados con corriente 21 kA / 52,5 kA  
 # Valor sólo válido para  $t_s = 1$  s

### 1.7.5.2.2. Celda de protección.

#### CGMCOSMOS-P.

Celda modular con función de protección con fusibles, provista de un interruptor-seccionador de tres posiciones (conectado, seccionado y puesto a tierra; antes y después de los fusibles) y protección con fusibles limitadores.

Extensibilidad: derecha, izquierda y ambos lados.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
Tensión asignada*	$U_r$ [kV]	12	24
Frecuencia asignada	$f_r$ [Hz]	50/60	50/60
<b>Corriente asignada</b>			
en barras e interconexión de celdas	$I_r$ [A]	400/630	400/630
en bajante de transformador	$I_r$ [A]	200	200
<b>Tensión soportada asignada de corta duración a frecuencia industrial (1 min)</b>			
fase-tierra y entre fases	$U_d$ [kV]	28	50
distancia de seccionamiento	$U_d$ [kV]	32	60
<b>Tensión soportada asignada a impulso de tipo rayo</b>			
fase-tierra y entre fases	$U_p$ [kV]	75	125
distancia de seccionamiento	$U_p$ [kV]	85	145
Categoría de arco interno	IAC AFL	16 kA 1 s / 20** kA 1 s	
Grado de protección	IP	IP33 + IPX7	

Interruptor-Seccionador s/ IEC 60265-1 + IEC 62271-102			
<b>Corriente admisible asignada de corta duración (circuito principal)</b>			
Valor $t_k = 1$ s o 3 s	$I_k$ [kA]	16/20**/25*	16/20**
Valor de cresta	$I_p$ [kA]	40/52**/62,5*	40/52**
<b>Poder de corte asignado de corriente principalmente activa</b>	$I_1$ [A]	200	
<b>Poder de cierre del interruptor principal (valor de cresta)</b>	$I_{no}$ [kA]	40/52**/62,5*	40/52**
<b>Categoría del interruptor</b>			
Endurancia mecánica	1000-M1 (manual) 5000-M2 (motor)		
Ciclos de maniobras (cierres cc)- clase	5-E3		
<b>Corriente de intersección combinado interruptor-relé (ekorRPT)</b>			
$I_{ma}$ de corte s/ TD <sub>10</sub> IEC 62271-105	[A]	1700	1300
<b>Corriente de transición combinado interruptor-fusible</b>			
$I_{ma}$ de corte s/ TD <sub>transfer</sub> IEC 62271-105	[A]	2300	1600

Categoría del Seccionador de Puesta a Tierra s/ IEC 62271-102			
<b>Corriente admisible asignada de corta duración (circuito de tierras)</b>			
Valor $t_k = 1$ s o 3 s	$I_k$ [kA]	1/3	
Valor de cresta	$I_p$ [kA]	2,5/7,5	
<b>Poder de cierre del Seccionador de Puesta a Tierra (valor de cresta)</b>	$I_{no}$ [kA]	2,5/7,5	
<b>Categoría del Seccionador de Puesta a Tierra</b>			
Endurancia mecánica (manual)	1000-M0		
Ciclos de maniobras (cierres cc)- clase	5-E2		
* También disponible $U_r = 7,2$ kV bajo pedido			
** Ensayos realizados con corriente 21 kA / 52,5 kA			
# Valor sólo válido para $t_k = 1$ s			

### **1.7.5.2.3. Celda de media tensión.**

No procede.

### **1.7.5.2.4. Celda del transformador.**

Transformador ORMAZABAL de 400 KVA y 24 KV de nivel de aislamiento que cumple las siguientes características:

- Transformador trifásico, 50 Hz para instalación en interior o exterior.
- Herméticos de llenado integral.
- Sumergidos en Aceite mineral de acuerdo a la norma IEC 60296.
- Refrigeración ONAN.
- Color azul oscuro, de acuerdo a la norma UNE 21428.

### **1.7.5.3. Características del material vario de alta tensión.**

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

#### **1.7.5.3.1. Embarrado general.**

El embarrado conecta los pasatapas monofásicos del exterior de la celda con los elementos de corte de su interior.

La unión eléctrica entre los diferentes módulos del sistema CGMCOSMOS se realiza mediante el conjunto ORMALINK, patentado en 1991 por Ormazabal.

Las celdas extensibles disponen de tulipas (pasatapas hembras laterales), que facilitan la conexión entre sus embarrados principales. Ormazabal ha desarrollado una variante de ORMALINK que incorpora salida capacitiva para la indicación de presencia de tensión en barras.

#### **1.7.5.3.2. Piezas de conexión.**

Las interconexiones se hacen directas con cable de MT y BT.

La conexión de los cables aislados de Media Tensión procedentes del exterior se realiza mediante pasatapas que admiten conectores enchufables o atornillables aislados con o sin pantallas equipotenciales.

### **1.7.5.3.3. Aisladores de apoyo.**

No procede.

### **1.7.5.3.4. Aisladores de paso.**

No procede.

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

No procede ya que al ser centros de tipo compañía no se efectúan medidas de energía eléctrica.

### **1.7.5.5. Puesta a tierra.**

Para la puesta a tierra se tendrá en cuenta las prescripciones generales de seguridad de la instrucción técnica complementaria MIE-RAT 13.

#### **1.7.5.5.1. Tierra de protección.**

Se pondrán a tierra las partes metálicas de una instalación que no estén en tensión normalmente pero que puedan estarlo a consecuencia de averías, accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones.

Salvo las excepciones señaladas en los apartados que se citan, se pondrán a tierra los siguientes elementos:

- Los chasis y bastidores de aparatos de maniobra.
- Los envolventes de los conjuntos de armarios metálicos.
- Las puertas metálicas de los locales.
- Las vallas y cercas metálicas.
- Las columnas, soportes, pórticos, etc.
- Las estructuras y armaduras metálicas de los edificios que contengan instalaciones de alta tensión.
- Los blindajes metálicos de los cables.
- Las carcasas de transformadores, generadores, motores, y otras máquinas.
- Hilos de guarda o cables de tierra de las líneas aéreas.

La tierra interior de protección se realizará con cable de cobre desnudo formando un anillo, y conectará a tierra los elementos descritos anteriormente. Se empleará cable de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección, especificado en la NI 54.10.01 "Conductores desnudos de cobre para líneas eléctricas aéreas y subestaciones de alta tensión".

### **1.7.5.5.2. Tierra de servicio.**

Se conectarán a tierra los elementos de la instalación necesarios y entre ellos:

- Los neutros de los transformadores, que lo precisen en instalaciones o redes con neutro a tierra de forma directa o a través de resistencias o bobinas.
- El neutro de los alternadores y otros aparatos o equipos que lo precisen.
- Los circuitos de baja tensión de los transformadores de medida.
- Los limitadores, descargadores, autoválvulas, pararrayos para eliminación de sobretensiones o descargas atmosféricas.
- Los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra.

El sistema de tierras estará constituido exclusivamente de cobre, empleándose cable de cobre aislado de 50 mm<sup>2</sup> de sección, tipo DN-RA con una tensión asignada de 0,6/1kV, (especificado en la norma NI 56.31.71 "Cable unipolar DN-RA con conductor de cobre para redes subterráneas de baja tensión 0,6/1 kV"), y picas cilíndricas de acero-cobre de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud. La tierra interior de servicio hasta la primer pica se realizará con cable de 50 mm<sup>2</sup> de cobre aislado 0,6/1 kV.

### **1.7.5.6. Cuadro general de B.T. Justificación y diseño.**

Centro de transformación y reparto tipo PFU-5 y PFU-4 de Ormazabal.

Cuadro de baja tensión ORMAZABAL CBTO-C de hasta ocho salidas para redes de distribución pública de baja tensión y uso en el interior de centro de transformación.

Características eléctricas:

- Tensión asignada 440 V.
- Intensidad asignada 1600 A.
- Tensión soportada a frecuencia industrial 2.5 kV (partes activas) y 10 kV (partes activas – masa).
- Tensión soportada a impulso tipo rayo 20 kV.
- Intensidad de cortocircuito 25 kA/1s.
- Grado de protección IP 2X, IK 08.

Centro de transformación tipo miniBLOK 24 de Ormazabal.

Cuadro de Baja Tensión de 4 salidas, con unidad de control y protección, así como acometida auxiliar de socorro.

Características eléctricas:

- Tensión asignada (V) 440
- Intensidad asignada (A) 1000
- Intensidad asignada (A)/ nº salidas 400 / 4

Centro de transformación tipo PFU-4 de Ormazabal.

El Cuadro de Baja Tensión CBTO-C, es un conjunto de aparamenta 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 pasamuros tetrapolar, 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 tierra y entre fases: 10 kV
  - entre fases: 2,5 kV
  
- Intensidad Asignada de Corta duración 1 s: 24 kA
  
- Intensidad Asignada de Cresta: 50,5 kA

### **1.7.5.7. Instalaciones secundarias.**

#### **1.7.5.7.1. Alumbrado.**

Al tratar con centros de transformación de tipo prefabricado irán dotados de circuito de alumbrado y servicios auxiliares.

#### **1.7.5.7.2. Baterías de condensadores.**

No se prevén baterías de condensadores.

#### **1.7.5.7.3. Protección contra incendios.**

Centro de transformación y reparto tipo PFU-5 de Ormazabal.

Este centro de transformación cuenta con la siguiente protección contra incendios:

- Foso de recogida de dieléctrico líquido, con revestimiento resistente y estanco, diseñados y dimensionados teniendo en cuenta el volumen de dieléctrico líquido que puedan recibir.
- Elementos de protección cortafuegos adicionales: lecho de guijarros sobre el foso de recogida de dieléctrico.

Centro de transformación tipo miniBLOK 24 de Ormazabal.

Este tipo de centro de transformación cuenta con la siguiente protección contra incendios:

- Baja carga térmica de los dieléctricos: menor volumen que en otras soluciones de mercado.
- Aislamientos ignífugos.
- Protección de equipos que limita el riesgo de incendio de sus dieléctricos líquidos.
- Protección permanente frente a eventuales derrames de dieléctrico líquido debido a la disposición de fosos de recogida de aceite, con revestimiento resistente y estanco.

#### **1.7.5.7.4. Ventilación.**

La ventilación de los centros de transformación debe cumplir lo establecido en la instrucción complementaria MIE-RAT 14. En nuestro caso al ser centros de transformación prefabricados vienen calculados y ensayados con las siguientes características:

- Por circulación natural de aire, clase 10, a través de dos rejillas de entrada instaladas en las paredes de la envolvente y una salida perimetral superior.

- Ensayos y modelización de ventilación natural con transformadores Ormazabal, para la optimización de la vida útil de los mismos.

#### **1.7.5.7.5. Medidas de seguridad.**

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.

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.

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.

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.

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.

Para el centro de transformación de tipo mimiBLOK-24 tendremos las siguientes medidas de seguridad.

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.

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.

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.

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.

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.

### **1.7.6. Descripción obra civil.**

Se procede a describir los distintos tipos de soterramiento de cables contemplados en el presente proyecto.

Directamente enterrados.

La profundidad, hasta la parte inferior del cable, será de 0.70 metros.

Para conseguir que el cable quede correctamente instalado sin haber recibido daño alguno, y que ofrezca seguridad frente a excavaciones hechas por terceros, en la instalación de los cables se seguirán las instrucciones descritas a continuación:

- El lecho de la zanja que va a recibir el cable será liso y estará libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. En el mismo se dispondrá una capa de arena de mina o de río lavada, de espesor mínimo 0,05 m sobre la que se colocará el cable. Por encima del cable irá otra capa de arena o tierra cribada de unos 0,10 m de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener 0,05 m entre los cables y las paredes laterales.

- Por encima de la arena todos los cables deberán tener una protección mecánica, como por ejemplo, losetas de hormigón, placas protectoras de plástico, ladrillos o rasillas colocadas transversalmente. Podrá admitirse el empleo de otras protecciones mecánicas equivalentes. Se colocará también una cinta de señalización que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión. Su distancia mínima al suelo será de 0,10 m, y a la parte superior del cable de 0,25m.

- Se admitirá también la colocación de placas con la doble misión de protección mecánica y de señalización.

#### En canalizaciones entubadas.

Serán conformes con las especificaciones del apartado 1.2.4. de la ITC-BT-21 del reglamento electrotécnico de baja tensión. No se instalará más de un circuito por tubo.

Se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección de los tubos. En los puntos donde se produzcan y para facilitar la manipulación de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrables o no.

Para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro, como máximo cada 40 m. Esta distancia podrá variarse de forma razonable, en función de derivaciones, cruces u otros condicionantes viarios.

A la entrada en las arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores.

## **CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**

## INDICE

2.	CALCULOS JUSTIFICATIVOS .....	10
2.1.	Red de Baja tensión. ....	10
2.1.1.	Centro de Transformación 1. ....	15
2.1.1.1.	Anillo 1. ....	16
2.1.1.1.1.	Previsión de potencia. ....	16
2.1.1.1.2.	Intensidad. ....	17
2.1.1.1.3.	Caída de tensión. ....	22
2.1.1.1.4.	Resultado de cálculos. ....	23
2.1.1.2.	Anillo 2. ....	23
2.1.1.2.1.	Previsión de potencia. ....	23
2.1.1.2.2.	Intensidad. ....	24
2.1.1.2.3.	Caída de tensión. ....	29
2.1.1.2.4.	Resultado de cálculos. ....	30
2.1.2.	Centro de Transformación 2. ....	31
2.1.2.1.	Anillo 1. ....	31
2.1.2.1.1.	Previsión de potencia. ....	31
2.1.2.1.2.	Intensidad. ....	32
2.1.2.1.3.	Caída de tensión. ....	36
2.1.2.1.4.	Resultado de cálculos. ....	37
2.1.2.2.	Anillo 2. ....	37
2.1.2.2.1.	Previsión de potencia. ....	37
2.1.2.2.2.	Intensidad. ....	39
2.1.2.2.3.	Caída de tensión. ....	43
2.1.2.2.4.	Resultado de cálculos. ....	44
2.1.2.3.	Anillo 3. ....	45
2.1.2.3.1.	Previsión de potencia. ....	45
2.1.2.3.2.	Intensidad. ....	46
2.1.2.3.3.	Caídas de tensión. ....	51
2.1.2.3.4.	Resultado de cálculos. ....	52
2.1.3.	Centro de Transformación 3. ....	52
2.1.3.1.	Anillo 1. ....	52
2.1.3.1.1.	Previsión de potencia. ....	52

2.1.3.1.2.	Intensidad.....	53
2.1.3.1.3.	Caídas de tensión.....	58
2.1.3.1.4.	Resultado de cálculos.....	59
2.1.3.2.	Anillo 2.....	59
2.1.3.2.1.	Previsión de potencia.....	59
2.1.3.2.2.	Intensidad.....	60
2.1.3.2.3.	Caídas de tensión.....	65
2.1.3.2.4.	Resultado de cálculos.....	66
2.1.4.	Centro de Transformación 4.....	66
2.1.4.1.	Anillo 1.....	66
2.1.4.1.1.	Previsión de potencia.....	66
2.1.4.1.2.	Intensidad.....	68
2.1.4.1.3.	Caídas de tensión.....	74
2.1.4.1.4.	Resultado de cálculos.....	75
2.1.4.2.	Anillo 2.....	75
2.1.4.2.1.	Previsión de potencia.....	75
2.1.4.2.2.	Intensidad.....	76
2.1.4.2.3.	Caídas de tensión.....	81
2.1.4.2.4.	Resultado de cálculos.....	83
2.1.5.	Centro de Transformación 5.....	83
2.1.5.1.	Anillo 1.....	83
2.1.5.1.1.	Previsión de potencia.....	83
2.1.5.1.2.	Intensidad.....	85
2.1.5.1.3.	Caídas de tensión.....	90
2.1.5.1.4.	Resultado de cálculos.....	91
2.1.5.2.	Anillo 2.....	91
2.1.5.2.1.	Previsión de potencia.....	91
2.1.5.2.2.	Intensidad.....	92
2.1.5.2.3.	Caídas de tensión.....	97
2.1.5.2.4.	Resultado de cálculos.....	99
2.1.6.	Centro de Transformación 6.....	99
2.1.6.1.	Anillo 1.....	99
2.1.6.1.1.	Previsión de potencia.....	99
2.1.6.1.2.	Intensidad.....	101

2.1.6.1.3.	Caídas de tensión.....	105
2.1.6.1.4.	Resultado de cálculos. ....	107
2.1.6.2.	Anillo 2. ....	107
2.1.6.2.1.	Previsión de potencia. ....	107
2.1.6.2.2.	Intensidad. ....	108
2.1.6.2.3.	Caídas de tensión.....	113
2.1.6.2.4.	Resultado de cálculos. ....	114
2.1.7.	Centro de Transformación 7. ....	114
2.1.7.1.	Anillo 1. ....	114
2.1.7.1.1.	Previsión de potencia. ....	114
2.1.7.1.2.	Caídas de tensión.....	120
2.1.7.1.3.	Resultado de cálculos. ....	121
2.1.7.2.	Anillo 2. ....	122
2.1.7.2.1.	Previsión de potencia. ....	122
2.1.7.2.2.	Intensidad. ....	123
2.1.7.2.3.	Caídas de tensión.....	127
2.1.7.2.4.	Resultado de cálculos. ....	128
2.1.8.	Centro de Transformación 8. ....	129
2.1.8.1.	Anillo 1. ....	129
2.1.8.1.1.	Previsión de potencia. ....	129
2.1.8.1.2.	Intensidad. ....	130
2.1.8.1.3.	Caídas de tensión.....	135
2.1.8.1.4.	Resultado de cálculos. ....	136
2.1.8.2.	Anillo 2. ....	136
2.1.8.2.1.	Previsión de potencia. ....	136
2.1.8.2.2.	Intensidad. ....	137
2.1.8.2.3.	Caídas de tensión.....	142
2.1.8.2.4.	Resultado de cálculos. ....	143
2.1.9.	Centro de Transformación 9. ....	143
2.1.9.1.	Anillo 1. ....	143
2.1.9.1.1.	Previsión de potencia. ....	143
2.1.9.1.2.	Intensidad. ....	144
2.1.9.1.3.	Caídas de Tensión. ....	148
2.1.9.1.4.	Resultado de cálculos. ....	149

2.1.9.2.	Anillo 2. ....	149
2.1.9.2.1.	Previsión de potencia. ....	149
2.1.9.2.2.	Intensidad. ....	150
2.1.9.2.3.	Caídas de tensión.....	155
2.1.9.2.4.	Resultado de cálculos. ....	156
2.1.10.	Centro de Transformación 10. ....	157
2.1.10.1.	Anillo 1. ....	157
2.1.10.1.1.	Previsión de potencia. ....	157
2.1.10.1.2.	Intensidad. ....	158
2.1.10.1.3.	Caídas de tensión.....	163
2.1.10.1.4.	Resultado de cálculos. ....	164
2.1.10.2.	Anillo 2. ....	164
2.1.10.2.1.	Previsión de potencia. ....	164
2.1.10.2.2.	Intensidad. ....	165
2.1.10.2.3.	Caídas de tensión.....	169
2.1.10.2.4.	Resultado de cálculos. ....	170
2.1.11.	Centro de Transformación 11. ....	171
2.1.11.1.	Anillo 1. ....	171
2.1.11.1.1.	Previsión de potencia. ....	171
2.1.11.1.2.	Intensidad. ....	172
2.1.11.1.3.	Caídas de Tensión. ....	177
2.1.11.1.4.	Resultado de cálculos. ....	179
2.1.11.2.	Anillo 2. ....	179
2.1.11.2.1.	Previsión de potencia. ....	179
2.1.11.2.2.	Intensidad. ....	180
2.1.11.2.3.	Caídas de tensión.....	185
2.1.11.2.4.	Resultado de cálculos. ....	186
2.1.12.	Centro de Transformación 12. ....	186
2.1.12.1.	Anillo 1. ....	186
2.1.12.1.1.	Previsión de potencia. ....	186
2.1.12.1.2.	Intensidad. ....	188
2.1.12.1.3.	Caídas de tensión.....	192
2.1.12.1.4.	Resultado de cálculos. ....	194
2.1.12.2.	Anillo 2. ....	194

2.1.12.2.1.	Previsión de potencia. ....	194
2.1.12.2.2.	Intensidad. ....	195
2.1.12.2.3.	Caídas de tensión.....	200
2.1.12.2.4.	Resultado de cálculos. ....	201
2.1.13.	Centro de Transformación 13. ....	202
2.1.13.1.	Anillo 1. ....	202
2.1.13.1.1.	Previsión de potencia. ....	202
2.1.13.1.2.	Intensidad. ....	203
2.1.13.1.3.	Caídas de tensión.....	208
2.1.13.1.4.	Resultado de cálculos. ....	209
2.1.13.2.	Anillo 2. ....	209
2.1.13.2.1.	Previsión de potencia. ....	209
2.1.13.2.2.	Intensidad. ....	210
2.1.13.2.3.	Caídas de tensión.....	215
2.1.13.2.4.	Resultado de cálculos. ....	216
2.1.14.	Centro de Transformación 14. ....	216
2.1.14.1.	Anillo 1. ....	216
2.1.14.1.1.	Previsión de potencia. ....	216
2.1.14.1.2.	Intensidad. ....	217
2.1.14.1.3.	Caídas de tensión.....	222
2.1.14.1.4.	Resultado de cálculos. ....	223
2.1.14.2.	Anillo 2. ....	223
2.1.14.2.1.	Previsión de potencia. ....	223
2.1.14.2.2.	Intensidad. ....	224
2.1.14.2.3.	Caídas de tensión.....	229
2.1.14.2.4.	Resultado de cálculos. ....	230
2.1.15.	Centro de Transformación 15. ....	230
2.1.15.1.	Anillo 1. ....	230
2.1.15.1.1.	Previsión de potencia. ....	230
2.1.15.1.2.	Intensidad. ....	232
2.1.15.1.3.	Caídas de tensión.....	236
2.1.15.1.4.	Resultado de cálculos. ....	238
2.1.15.2.	Anillo 2. ....	238
2.1.15.2.1.	Previsión de potencia. ....	238

2.1.15.2.2.	Intensidad.....	239
2.1.15.2.3.	Caídas de tensión.....	244
2.1.15.2.4.	Resultado de cálculos.....	245
2.2.	Red de Media Tensión.....	246
2.2.1.	Acometida – Centro de Transformación y Reparto.....	246
2.2.1.1.	Previsión de potencia.....	246
2.2.1.2.	Intensidad y densidad de corriente.....	246
2.2.1.3.	Caída de tensión.....	248
2.2.1.4.	Cortocircuito.....	249
2.2.1.5.	Resultado de cálculos.....	249
2.2.1.6.	Análisis de las tensiones transferibles al exterior por tuberías, raíles, vallas, conductores de neutro, blindajes de cables, circuitos de señalización y de los puntos especialmente peligrosos y estudio de las formas de eliminación o reducción.....	249
2.2.2.	Anillo de Media Tensión.....	250
2.2.2.1.	Previsión de potencia.....	250
2.2.2.2.	Intensidad y densidad de corriente.....	251
2.2.2.3.	Caída de tensión.....	252
2.2.2.4.	Cortocircuito.....	255
2.2.2.5.	Resultado de cálculos.....	255
2.2.2.6.	Análisis de las tensiones transferibles al exterior por tuberías, raíles, vallas, conductores de neutro, blindajes de cables, circuitos de señalización y de los puntos especialmente peligrosos y estudio de las formas de eliminación o reducción.....	255
2.2.3.	Centro de Transformación y Reparto – Centro de Transformación Abonado.....	256
2.2.3.1.	Previsión de potencia.....	256
2.2.3.2.	Caída de tensión.....	257
2.2.3.3.	Cortocircuito.....	259
2.2.3.4.	Resultado de cálculos.....	259
2.2.3.5.	Análisis de las tensiones transferibles al exterior por tuberías, raíles, vallas, conductores de neutro, blindajes de cables, circuitos de señalización y de los puntos especialmente peligrosos y estudio de las formas de eliminación o reducción.....	259
2.3.	Centros de Transformación.....	260
2.3.1.	Centro de Transformación PFU-5/20 y PFU-4/20.....	260
2.3.1.1.	Intensidad de alta tensión.....	260
2.3.1.2.	Intensidad de baja tensión.....	260
2.3.1.3.	Cortocircuito.....	261

2.3.1.3.1.	Observaciones. ....	261
2.3.1.3.2.	Cálculo de las Corrientes de Cortocircuito. ....	261
2.3.1.3.3.	Cortocircuito en el lado de Alta Tensión. ....	262
2.3.1.3.4.	Cortocircuito en el lado de Baja Tensión. ....	262
2.3.1.4.	Dimensionado del embarrado. ....	262
2.3.1.4.1.	Comprobación por densidad de corriente. ....	262
2.3.1.4.2.	Comprobación por sollicitación electrodinámica. ....	263
2.3.1.4.3.	Comprobación por sollicitación térmica. ....	263
2.3.1.5.	Selección de fusibles de alta y baja tensión. ....	263
2.3.1.6.	Dimensionado de la ventilación del C.T. ....	264
2.3.1.7.	Dimensionado del pozo apagafuegos. ....	264
2.3.1.8.	Cálculos de las instalaciones de puesta a tierra. ....	264
2.3.1.8.1.	Investigación de las características del suelo. ....	264
2.3.1.8.2.	Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra, y del tiempo máximo de eliminación del defecto. ....	264
2.3.1.8.3.	Diseño preliminar de la instalación de tierra. ....	265
2.3.1.8.4.	Cálculo de la resistencia del sistema de tierra. ....	265
2.3.1.8.5.	Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación. ....	270
2.3.1.8.6.	Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación. ....	271
2.3.1.8.7.	Calculo de las tensiones aplicadas. ....	271
2.3.1.8.8.	Investigación de las tensiones transferibles al exterior. ....	272
2.3.1.8.9.	Corrección y ajuste del diseño inicial, estableciendo el definitivo. ....	274
2.3.2.	Centro de Transformación miniBLOCK-24. ....	274
2.3.2.1.	Intensidad de alta tensión. ....	274
2.3.2.2.	Intensidad de baja tensión. ....	274
2.3.2.3.	Cortocircuitos. ....	275
2.3.2.3.1.	Observaciones. ....	275
2.3.2.3.2.	Cálculo de las Corrientes de Cortocircuito. ....	275
2.3.2.3.3.	Cortocircuito en el lado de Media Tensión. ....	276
2.3.2.3.4.	Cortocircuito en el lado de Baja Tensión. ....	276
2.3.2.4.	Dimensionado del embarrado. ....	276
2.3.2.4.1.	Comprobación por densidad de corriente. ....	276
2.3.2.4.2.	Comprobación por sollicitación electrodinámica. ....	276
2.3.2.4.3.	Comprobación por sollicitación térmica. ....	277

2.3.2.4.4.	Protección contra sobrecargas y cortocircuitos. ....	277
2.3.2.4.5.	Dimensionado de los puentes de MT. ....	278
2.3.2.4.6.	Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación. ....	278
2.3.2.4.7.	Dimensionado del pozo apagafuegos. ....	278
2.3.2.4.8.	Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra. ....	278
2.3.2.4.9.	Investigación de las características del suelo. ....	278
2.3.2.4.10.	Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto. ....	278
2.3.2.4.11.	Diseño preliminar de la instalación de tierra. ....	279
2.3.2.4.12.	Cálculo de la resistencia del sistema de tierra. ....	279
2.3.2.4.13.	Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación. ....	281
2.3.2.4.14.	Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación. ....	282
2.3.2.4.15.	Cálculo de las tensiones aplicadas. ....	282
2.3.2.4.16.	Investigación de las tensiones transferibles al exterior. ....	283
2.3.2.4.17.	Corrección y ajuste del diseño inicial. ....	284
2.4.	Diseño del armado del entronque aéreo subterráneo. ....	285

## 2. CALCULOS JUSTIFICATIVOS.

### 2.1. Red de Baja tensión.

Para la previsión de potencia nos basamos en los datos ofrecidos sobre la potencia de cada una de las parcelas, que se recoge en la siguiente tabla:

PREVISIÓN DE CARGAS				
PARCELA Nº	NUM. C.G.P.	NUM. VIVIENDAS	ELECTRIFICACIÓN	VIVIENDA TIPO
1	12	24	ELEVADA	UNIFAMILIAR
2	17	34	ELEVADA	UNIFAMILIAR
3	6	12	ELEVADA	UNIFAMILIAR
4	14	140	BÁSICA	COLECTIVA
5	14	140	BÁSICA	COLECTIVA
6	11	21	ELEVADA	UNIFAMILIAR
7	11	22	ELEVADA	UNIFAMILIAR
8	8	88	BÁSICA	COLECTIVA
9	12	132	BÁSICA	COLECTIVA
10	14	27	ELEVADA	UNIFAMILIAR
11	11	22	ELEVADA	UNIFAMILIAR
12	9	18	ELEVADA	UNIFAMILIAR
13	17	33	ELEVADA	UNIFAMILIAR
14	9	17	ELEVADA	UNIFAMILIAR
15	9	17	ELEVADA	UNIFAMILIAR
16	7	14	ELEVADA	UNIFAMILIAR
17	12	24	ELEVADA	UNIFAMILIAR
18	7	13	ELEVADA	UNIFAMILIAR
19	15	150	BÁSICA	COLECTIVA
20	10	11	BÁSICA	COLECTIVA
21	5	9	ELEVADA	UNIFAMILIAR
EQUIPAMIENTO SOCIAL			Previsión de 10 W/m <sup>2</sup>	
EQUIPAMIENTO JUVENIL			Previsión de 5 W/m <sup>2</sup>	
JARDINES			Luminaria Na HP 100 W cada 30 m <sup>2</sup>	
ALUMBRADO DE VIALES			TRES CENTROS DE MANDO 20 kW/UD	

La relación de potencia de cada una de las parcelas la expreso a continuación:

#### Parcela nº1

$$P=24*9.2=220.8 \text{ kW}$$

#### Parcela nº2

$$P=34*9.2=312.8 \text{ kW}$$

#### Parcela nº3

$$P=12*9.2=110.4 \text{ kW}$$

#### Parcela nº6

$$P=21*9.2=193.2 \text{ kW}$$

Parcela nº7

$$P=22*9.2=202.4 \text{ kW}$$

Parcela nº10

$$P=27*9.2=248.4 \text{ kW}$$

Parcela nº11

$$P=22*9.2=202.4 \text{ kW}$$

Parcela nº12

$$P=18*9.2=165.6 \text{ kW}$$

Parcela nº13

$$P=33*9.2=303.6 \text{ kW}$$

Parcela nº14

$$P=17*9.2=156.4 \text{ kW}$$

Parcela nº15

$$P=17*9.2=156.4 \text{ kW}$$

Parcela nº16

$$P=14*9.2=128.8 \text{ kW}$$

Parcela nº17

$$P=24*9.2=220.8 \text{ kW}$$

Parcela nº18

$$P=13*9.2=119.6 \text{ kW}$$

Parcela nº21

$$P=8*9.2=73.6 \text{ kW}$$

Parcela nº4

140 viviendas EB – 14 escaleras

$$P = P_{viviendas} + (P_{SG} + P_{ascensor}) * n^{\circ} \text{ escaleras} + P_{garaje}$$

$$P_{SG}(\text{servicios generales})=3.45 \text{ kW}$$

$$P_{viviendas} = 140 * 5.75 = 805 \text{ kW}$$

$$P_{ascensor}(\text{según M.T. 1.10.14}) = 7.5 \text{ kW}$$

$$P_{garaje} = 20 * 5893.5968 = 117871.936 \text{ W} = 117.87194 \text{ kW}$$

$$P = 805 + (3.45 + 7.5) * 14 + 117.872 = 1076.172 \text{ kW}$$

La potencia de cada escalera la calculo de la siguiente manera:

14 escaleras, 10 viviendas cada escalera.

$$P_{escalera} = P_{viviendas} + P_{SG} + P_{ascensor} + P_{Garaje}$$

$$P_{escalera} = 10 * 5.75 + 3.45 + 7.5 + 117.872 = 186.322 \text{ kW}$$

La potencia del garaje la reparto entre dos de las escaleras de la parcela 4, en los planos adjuntos se puede observar.

#### Parcela nº 5

140 viviendas EB – 14 escaleras

$$P = P_{viviendas} + (P_{SG} + P_{ascensor}) * n^{\circ} \text{ escaleras} + P_{garaje}$$

$$P_{SG}(\text{servicios generales}) = 3.45 \text{ kW}$$

$$P_{viviendas} = 140 * 5.75 = 805 \text{ kW}$$

$$P_{ascensor}(\text{según M.T. 1.10.14}) = 7.5 \text{ kW}$$

$$P_{garaje} = 20 * 5966.26 = 119325.2 \text{ W} = 119.325 \text{ kW}$$

$$P = 805 + (3.45 + 7.5) * 14 + 119.325 = 1077.625 \text{ kW}$$

La potencia de cada escalera la calculo de la siguiente manera:

14 escaleras, 10 viviendas cada escalera.

$$P_{escalera} = P_{viviendas} + P_{SG} + P_{ascensor} + P_{Garaje}$$

$$P_{escalera} = 10 * 5.75 + 3.45 + 7.5 + 119.325 = 187.775 \text{ kW}$$

La potencia del garaje la reparto entre dos de las escaleras de la parcela 4, en los planos adjuntos se puede observar.

Parcela nº8

88 viviendas – 8 escaleras

$$P = P_{viviendas} + (P_{SG} + P_{ascensor}) * n^{\circ} \text{ escaleras} + P_{garaje}$$

$$P_{SG}(\text{servicios generales})=3.45 \text{ kW}$$

$$P_{viviendas} = 88 * 5.75 = 506 \text{ kW}$$

$$P_{ascensor}(\text{según M.T. 1.10.14}) = 7.5 \text{ kW}$$

$$P_{garaje} = 20 * 2294.234 = 45884.68 \text{ W} = 45.88468 \text{ kW}$$

$$P = 506 + (3.45 + 7.5) * 8 + 45.88468 = 639.4847 \text{ kW}$$

La potencia del garaje la calculo de la siguiente manera:

8 escaleras, 11 viviendas por cada escalera.

$$P_{escalera} = P_{viviendas} + P_{SG} + P_{ascensor} + P_{Garaje}$$

$$P_{escalera} = 11 * 5.75 + 3.45 + 7.5 + 45.88468 = 120.0847 \text{ kW}$$

La potencia del garaje la reparto en una escalera de la parcela 8, como se puede observar en los planos.

Parcela nº9

132 viviendas – 12 escaleras

$$P = P_{viviendas} + (P_{SG} + P_{ascensor}) * n^{\circ} \text{ escaleras} + P_{garaje}$$

$$P_{SG}(\text{servicios generales})=3.45 \text{ kW}$$

$$P_{viviendas} = 132 * 5.75 = 759 \text{ kW}$$

$$P_{ascensor}(\text{según M.T. 1.10.14}) = 7.5 \text{ kW}$$

$$P_{garaje} = 20 * 4369.04 = 87380.8 \text{ W} = 87.381 \text{ kW}$$

$$P = 759 + (3.45 + 7.5) * 12 + 87.381 = 977.781 \text{ kW}$$

La potencia del garaje la calculo de la siguiente manera:

12 escaleras, 11 viviendas por cada escalera.

$$P_{escalera} = P_{viviendas} + P_{SG} + P_{ascensor} + P_{Garaje}$$

$$P_{escalera} = 11 * 5.75 + 3.45 + 7.5 + 87.381 = 161.581 \text{ kW}$$

La potencia del garaje la reparto en una escalera de la parcela 9, como se puede observar en los planos.

Parcela nº19

150 viviendas – 15 escaleras

$$P = P_{viviendas} + (P_{SG} + P_{ascensor}) * n^{\circ} \text{ escaleras} + P_{garaje}$$

$$P_{SG}(\text{servicios generales})=3.45 \text{ kW}$$

$$P_{viviendas} = 150 * 5.75 = 862.5 \text{ kW}$$

$$P_{ascensor}(\text{según M.T. 1.10.14}) =7.5 \text{ kW}$$

$$P_{garaje} = 20 * 6447.22 =128944.4 \text{ W}=128.944 \text{ kW}$$

$$P = 862.5 + (3.45 + 7.5) * 15 + 128.944 = 1155.694 \text{ kW}$$

La potencia del garaje la calculo de la siguiente manera:

15 escaleras, 10 viviendas por cada escalera.

$$P_{escalera} = P_{viviendas} + P_{SG} + P_{ascensor} + P_{Garaje}$$

$$P_{escalera} = 10 * 5.75 + 3.45 + 7.5 + 128.944 = 197.394 \text{ kW}$$

La potencia del garaje la reparto en una escalera de la parcela 19, como se puede observar en los planos.

Parcela nº20

100 viviendas – 10 escaleras

$$P = P_{viviendas} + (P_{SG} + P_{ascensor}) * n^{\circ} \text{ escaleras} + P_{garaje}$$

$$P_{SG}(\text{servicios generales})=3.45 \text{ kW}$$

$$P_{viviendas} = 100 * 5.75 = 575 \text{ kW}$$

$$P_{ascensor}(\text{según M.T. 1.10.14}) =7.5 \text{ kW}$$

$$P_{garaje} = 20 * 2500.56 =50011.2 \text{ W}= 50.0112 \text{ kW}$$

$$P = 575 + (3.45 + 7.5) * 10 + 50.0112 = 734.5112 \text{ kW}$$

La potencia del garaje la calculo de la siguiente manera:

15 escaleras, 10 viviendas por cada escalera.

$$P_{escalera} = P_{viviendas} + P_{SG} + P_{ascensor} + P_{Garaje}$$

$$P_{escalera} = 10 * 5.75 + 3.45 + 7.5 + 50.0112 = 118.4612 \text{ kW}$$

La potencia del garaje la reparto en una escalera de la parcela 20, como se puede observar en los planos.

### Parcela Equipamiento Social

$$P = 10 \text{ W/m}^2 \rightarrow \text{Área} = 1661.25 \text{ m}^2$$

$$P = 10 * 1661.25 = 16612.5 \text{ W} = 16.6125 \text{ kW}$$

### Parcela Equipamiento Juvenil

$$P = 5 \text{ W/m}^2 \rightarrow \text{Área} = 20147.77 \text{ m}^2$$

$$P = 5 * 20147.77 = 100738.85 \text{ W} = 100.73885 \text{ kW}$$

### Alumbrado vial

$$P = 20 \text{ kW/unidad}$$

$$P = 3 * 20 = 60 \text{ kW}$$

### Jardines

100 W cada 30m<sup>2</sup>

$$\text{Jardín 1} \rightarrow P = 7.2 \text{ kW}$$

$$\text{Jardín 2} \rightarrow P = 7.5 \text{ kW}$$

$$\text{Jardín 3} \rightarrow P = 4.4 \text{ kW}$$

$$\text{Jardín 4} \rightarrow P = 4.8 \text{ kW}$$

$$\text{Jardín 5} \rightarrow P = 13.4 \text{ kW}$$

$$\text{Jardín 6} \rightarrow P = 12 \text{ kW}$$

## **2.1.1. Centro de Transformación 1.**

El Centro de Transformación n°1 alimenta a las siguientes parcelas:

- Parcela 15 (viviendas unifamiliares electrificación elevada).
- Parcela 21 (viviendas unifamiliares electrificación elevada).
- Zona Jardín 1.
- Alumbrado Vial.
- Parcela 20 (viviendas unifamiliares electrificación elevada).

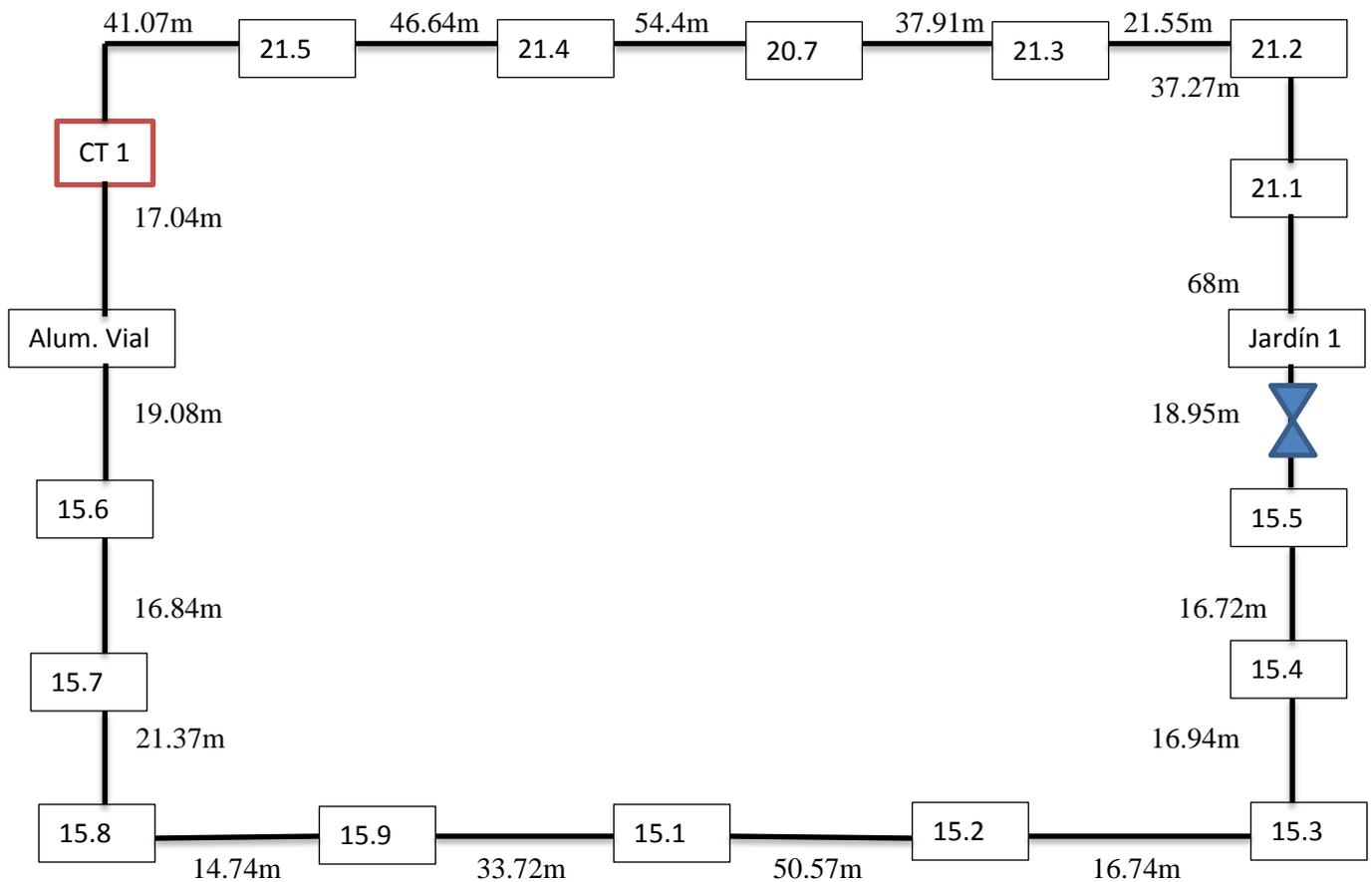
### 2.1.1.1. Anillo 1.

#### 2.1.1.1.1. Previsión de potencia.

El anillo 1 alimenta a la parcela 15, a la parcela 21 y a una escalera de la parcela 20.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se pueden observar las cargas del anillo así como su longitud:



- Cálculo del punto de mínima tensión.

Se calcula mediante la siguiente expresión  $l_x = \frac{\Sigma l * P}{P_T}$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

Las cargas de cada C.G.P. de la parcela 15 son las correspondientes a dos viviendas unifamiliares, a excepción de una de ellas que es sólo de una vivienda, siendo ésta la 15.9.

Las cargas de cada C.G.P. de la parcela 20 son las correspondientes a dos viviendas unifamiliares, a excepción de una de ellas que es sólo de una vivienda, siendo ésta la 21.1.

La tabla siguiente muestra los valores de la carga, así como el punto de mínima tensión.

Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT1	21.5	18,4	41,07	41,07	755,688
21.5	21.4	18,4	46,64	87,71	1613,864
21.4	20.7	18,4	54,4	142,11	2614,824
20.7	21.3	18,4	37,91	180,02	3312,368
21.3	21.2	18,4	21,55	201,57	3708,888
21.2	21.1	9,2	37,27	238,84	2197,328
21.1	CGPJardín 1	7,1	68	306,84	2178,564
CGPJardín 1	15.5	18,4	18,95	325,79	5994,536
15.5	15.4	18,4	16,72	342,51	6302,184
15.4	15.3	18,4	16,97	359,48	6614,432
15.3	15.2	18,4	16,74	376,22	6922,448
15.2	15.1	18,4	50,57	426,79	7852,936
15.1	15.9	9,2	33,72	460,51	4236,692
15.9	15.8	18,4	14,74	475,25	8744,6
15.8	18.7	18,4	21,37	496,62	9137,808
15.7	15.6	18,4	16,84	513,46	9447,664
15.6	Alum.Vial	20	19,08	532,54	10650,8
Alum.Vial	CT1		17,04	549,58	
Ptotal kW		284,7			92285,624
Punto min tensión (m)	324,150418				

Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

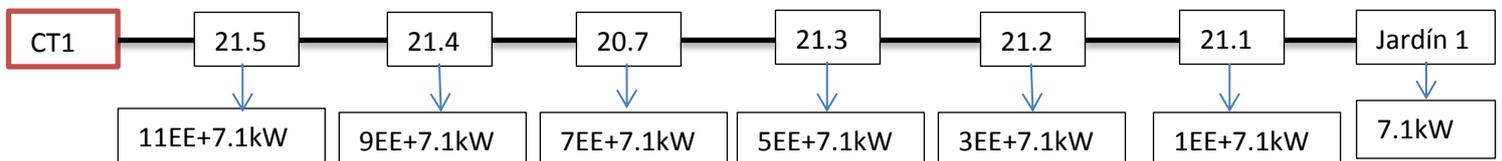
#### 2.1.1.1.2. Intensidad.

##### Rama 1

Esta rama está compuesta por las C.G.P. de la parcela 21 y una C.G.P. de la parcela 20.

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La potencia a utilizar para el cálculo de la intensidad es la equivalente a la primera carga 21.5.

$$P=9.2*9.2+7.1= 91.74 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$

Siendo:

$$V=400$$

$$\cos\varphi = 0.85$$

$$I = \frac{91.74 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 155.78 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente.

**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	-	-

Tomamos el valor 0.74 → 4 circuitos agrupados a 200mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{155.78}{0.74} = 210.51 A$$

Con este valor nos vamos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**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

Observamos con que con 210.517 A es posible elegir una sección de 240 mm<sup>2</sup>, la cual admite hasta 340A

$$340 \cdot 0.74 = 251.6 A > 155.78 A \rightarrow \text{VÁLIDO}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

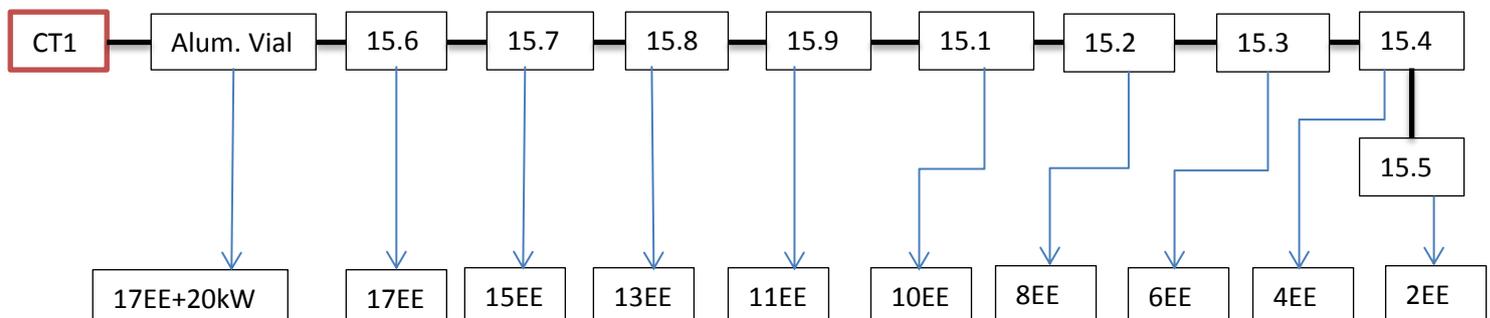
Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas utilizamos un fusible de 200 A de intensidad nominal, ya que para 240mm<sup>2</sup> protege 345m, mayor que los 306.84m de la rama.

### Rama 2



Esta rama está formada por la parcela n°15 y el alumbrado vial colocado en el jardín 1.

La potencia a utilizar para el cálculo de la intensidad es la correspondiente a la primera carga, es decir, a la del alumbrado vial: 17EE+20kW.

$$P=13.1*9.2+20=140.52 \text{ kW}$$

$$I = \frac{140.52 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 238.61 \text{ A}$$

Tomamos el valor de k=0.74 → 4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{238.61}{0.74} = 322.44 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**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

Escogemos una sección de 240mm<sup>2</sup> que admite hasta 340 A.

$$340 \cdot 0.74 = 251.6 \text{ A} > 238.61 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas utilizamos un fusible de 200 A de intensidad nominal, ya que para 240mm<sup>2</sup> protege 345m, que es mayor que los 223.69m que mide la rama 2.

### 2.1.1.1.3. Caída de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5%.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\varphi)$$

Donde:

W (kW), L (km), U (V)

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia para cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT1-21.5	91,74	0,04107	0,395615	0,395615
21.5-21.4	78,86	0,04664	0,3861932	0,781808192
21.4-20.7	64,14	0,0544	0,3663677	1,148175872
20.7-21.3	49,42	0,03791	0,1967188	1,344894653
21.3-21.2	34,7	0,02155	0,0785174	1,423412078
21.2-21.1	16,3	0,03727	0,0637876	1,487199683
21.1-CGPJardín 1	7,1	0,068	0,050694	1,537893683

$$1.53\% < 5\% \rightarrow \text{VÁLIDO}$$

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT1-Alum.Vial	140,52	0,01704	0,2514184	0,251418
Alum.Vial-15.6	120,52	0,01908	0,2414498	0,492867768
15.6-18.7	109,48	0,01684	0,1935825	0,686450304
18.7-15.8	97,52	0,02137	0,2188203	0,905270556
15.8-15.9	84,64	0,01474	0,1309973	1,036267884
15.9-15.1	78,2	0,03372	0,2768749	1,313142804
15.1-15.2	64,4	0,05057	0,3419543	1,655097144
15.2-15.3	49,68	0,01674	0,0873225	1,74241968
15.3-15.4	34,96	0,01697	0,0622935	1,804713156
15.4-15.5	18,4	0,01672	0,032303	1,837016196

$$1.837\% < 5\% \rightarrow \text{VÁLIDO}$$

#### 2.1.1.1.4. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del anillo 1 del Centro de Transformación 1 utilizarán:

**AL XZ1 0,6/1kV 3×240 + 1×150 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas utilizarán un fusible de 200A.

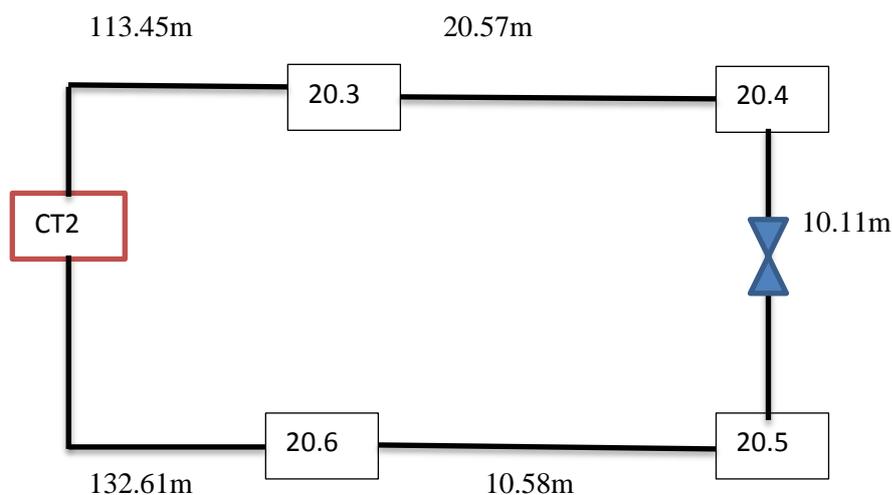
#### 2.1.1.2. Anillo 2.

##### 2.1.1.2.1. Previsión de potencia.

El anillo 2 alimenta a cuatro escaleras de la parcela 20.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión, que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se puede observar las cargas del anillo así como su longitud.



-Cálculo del punto de mínima tensión:

Éste se calcula mediante la expresión:  $l_x = \frac{\sum l * P}{P_T}$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT1	20.3	68,45	113,45	113,45	7765,6525
20.3	20.4	68,45	20,57	134,02	9173,669
20.4	20.5	68,45	10,11	144,13	9865,6985
20.5	20.6	68,45	10,58	154,71	10589,8995
20.6	CT1		132,61	287,32	
Ptotal kW		273,8			37394,9195
Punto min tensión (m)	136,5775				

La tabla siguiente muestra los valores de la carga, así como el punto de mínima tensión.

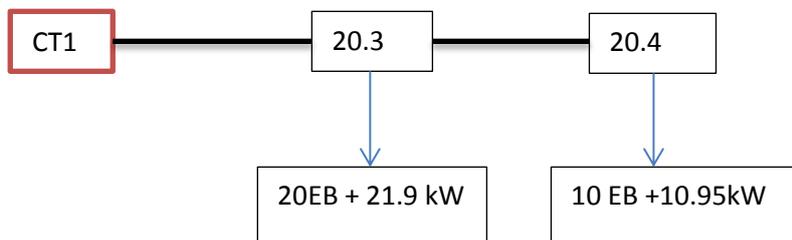
Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

### 2.1.1.2.2. Intensidad.

#### Rama 1

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La potencia a utilizar para el cálculo de la intensidad es la equivalente a la primera carga (C.G.P. 20.3):

$$P=14.8*5.75+21.9=107 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * 400 * 0.85}$

Siendo:

$$V= 400V$$

$$\text{Cos}\varphi= 0.85$$

$$I = \frac{107 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 181.695 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	–	–

Tomamos el valor  $k=0.70 \rightarrow 5$  circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{181.695}{0.7} = 259.56 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**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

Escogemos una sección de 240 mm<sup>2</sup> que admite hasta 340 A

$$340 \cdot 0.70 = 238 \text{ A} > 181.695 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

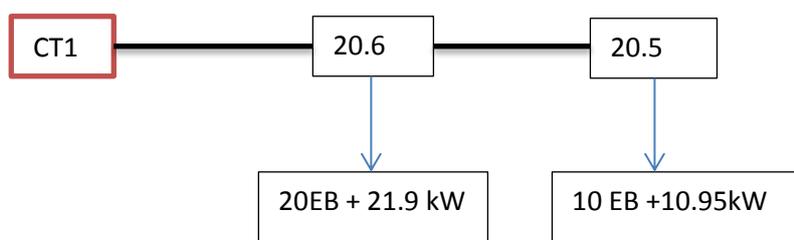
Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege 195 m, que es mayor que los 134.02 m de la rama 1.

Rama 2



La potencia a utilizar para el cálculo de la intensidad es la equivalente a la primera carga (C.G.P. 20.6):

$$P=14.8*5.75+21.9=107 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$

Siendo:

$$V= 400V$$

$$\text{Cos}\varphi= 0.85$$

$$I = \frac{107 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 181.695 A$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Tomamos el valor  $k=0.70 \rightarrow$  5 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{181.695}{0.7} = 259.56 A$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**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

Escogemos una sección de 240 mm<sup>2</sup> que admite hasta 340 A

$$340 * 0.70 = 238 A > 181.695 A \rightarrow \text{VÁLIDO}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege 195 m, que es mayor que los 143.19 m de la rama 2.

### 2.1.1.2.3. Caída de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menos que el 5%.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\varphi)$$

Donde:

W (kW), L (km), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia para cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT1-20.3	104,125	0,05385	0,5887488	0,588749
20.3-20.4	59,825	0,02057	0,129213	0,717962026

0.7179 % < 5% → VÁLIDO

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT1-20.2	107	0,07134	0,8015049	0,801505
20.2-20.1	59,825	0,01058	0,0664596	0,867964593

0.8679 % < 5% → VÁLIDO

#### 2.1.1.2.4. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del anillo 2 del centro de transformación 1 utilizarán:

**AL XZ1 0.6/1KV 3×240 + 1×150 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas con un fusible de 315 A.

## 2.1.2. Centro de Transformación 2.

El Centro de Transformación nº 2 alimenta a las siguientes parcelas:

- Parcela 20 (3 escaleras con viviendas de electrificación básica).
- Parcela 19 (7 escaleras con viviendas de electrificación básica).

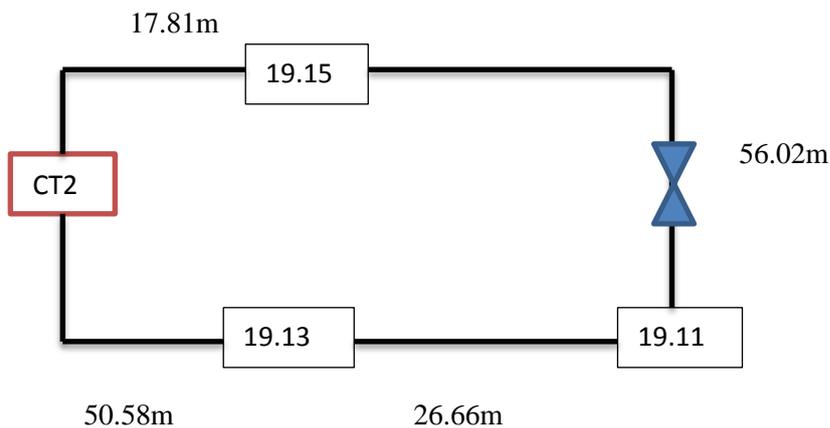
### 2.1.2.1. Anillo 1

#### 2.1.2.1.1. Previsión de potencia.

El anillo 1 alimenta a 3 escaleras de la parcela nº 19.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se puede observar las cargas del anillo así como su longitud.



-Cálculo del punto de mínima tensión:

Éste se calcula mediante la expresión  $l_x = \frac{\sum l * P}{P_T}$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

Las cargas de cada C.G.P. de la parcela 19 son las correspondientes a 10 viviendas mas los servicios generales, el ascensor y el garaje.

La tabla siguiente muestra los valores de la carga, así como el punto de mínima tensión:

Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT2	19.15	132,92	17,81	17,81	2367,3052
19.15	19.11	68,45	56,02	73,83	5053,6635
19.11	19.13	68,45	26,66	100,49	6878,5405
19.13	CT2		50,58	151,07	
Ptotal kW		269,82			14299,5092
Punto min tensión (m)	52,9964762				

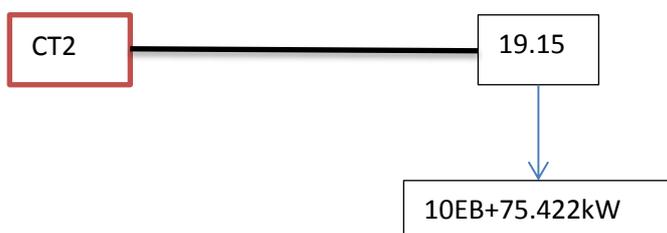
Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

### 2.1.2.1.2. Intensidad.

#### Rama 1

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



$$P = 8.5 \cdot 5.75 + 75.422 = 124.297 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos\varphi = 0.85$$

$$I = \frac{124.297 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85} = 211.067 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	–	–

Tomamos el valor  $k = 0.74 \rightarrow 4$  circuitos agrupados a 200mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{211.067}{0.74} = 285.22 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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

Escojo una sección de 240 mm<sup>2</sup> que admite hasta 340 A.

$$340 \cdot 0.74 = 251.6 \text{ A} > 211.067 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

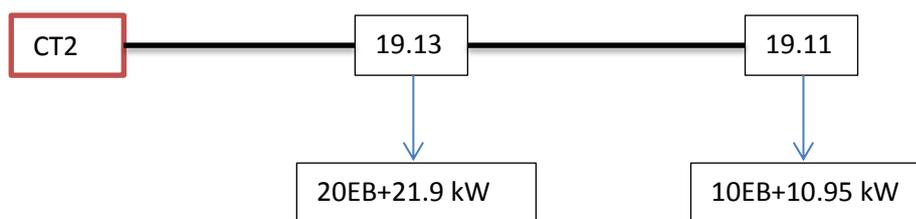
Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 195 m, que es mayor que los 17.81 m que mide la rama 1.

### Rama 2



La potencia a utilizar es la equivalente a la primera carga (19.13).

$$P = 14.8 * 5.75 + 21.9 = 107 \text{ kW}$$

$$I = \frac{107 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 181.69 \text{ A}$$

**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	-	-

Escogemos el valor de  $k=0.74 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{181.69}{0.74} = 245.53 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**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

Escogemos una sección de 240 mm<sup>2</sup> que admite una intensidad de 340 A.

$$340 * 0.74 = 251.6 \text{ A} > 181.69 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>					

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 195 m, que es mayor que los 77.24 m que mide la rama 2.

### 2.1.2.1.3. Caída de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5%.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\phi)$$

Donde:

W (kW), L (m), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia de cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT2-19.15	124,297	0,01781	0,23244	0,2324

0.2324% < 5% → VÁLIDO

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT2-19.13	107	0,05058	0,56827	0,5683
19.13-19.11	59,825	0,02666	0,16747	0,735768123

0.7357 % < 5% → VÁLIDO

#### 2.1.2.1.4. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del anillo 1 del centro de transformación 2 utilizarán:

**AL XZ1 0.6/1 kV 3×240 + 1×150 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas con un fusible de 315 A.

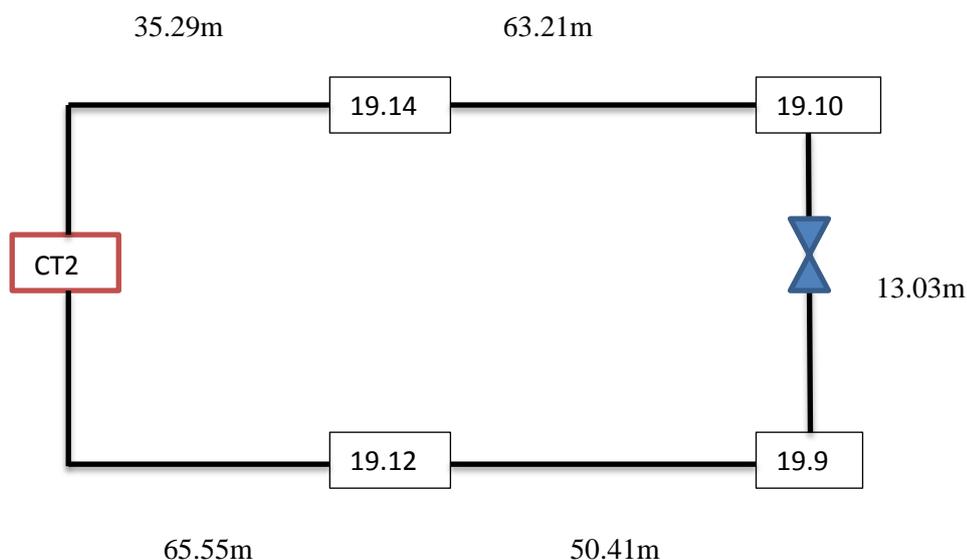
#### 2.1.2.2. Anillo 2.

##### 2.1.2.2.1. Previsión de potencia.

El anillo 2 alimenta a 4 escaleras de la parcela nº 19.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se puede observar las cargas del anillo así como su longitud.



-Cálculo del punto de mínima tensión:

Éste se calcula mediante la expresión  $l_x = \frac{\sum l \cdot P}{P_T}$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

Las cargas de cada C.G.P. de la parcela 19 son las correspondientes a 10 viviendas mas los servicios generales y el ascensor.

La tabla siguiente muestra los valores de la carga, así como el punto de mínima tensión:

Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT2	19.14	68,45	35,29	35,29	2415,6005
19.14	19.10	68,45	63,21	98,5	6742,325
19.10	19.9	68,45	13,03	111,53	7634,2285
19.9	19.12	68,45	50,41	161,94	11084,793
19.12	CT2		65,55	227,49	
Ptotal kW		273,8			27876,947
Punto min tensión (m)	101,815				

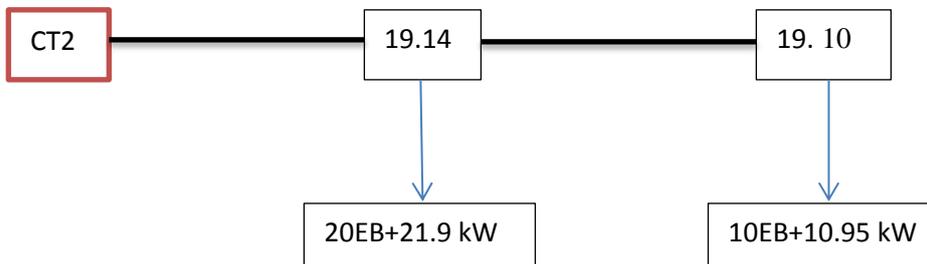
Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

**2.1.2.2.2. Intensidad.**

Rama 1

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La potencia a utilizar para el cálculo de la intensidad es la equivalente a la primera carga (19.14):

$$P = 14.8 * 5.7 + 21.9 = 107 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos\varphi = 0.85$$

$$I = \frac{107 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 181.69 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{181.69}{0.74} = 245.52 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**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

Escojo un valor de  $S = 150 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 260 A.

$$260 \cdot 0.74 = 192.4 \text{ A} > 181.69 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

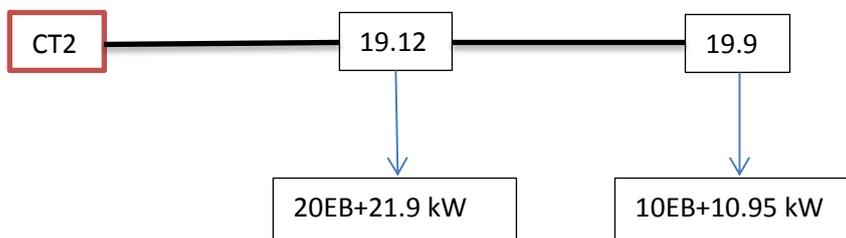
Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 250 A de intensidad nominal, ya que para 150 mm<sup>2</sup> protege hasta 165 m que es mayor que los 98.5 m que mide la rama 1.

Rama 2



La potencia a utilizar para el cálculo de la intensidad es la equivalente a la primera carga (19.12).

$$P = 14.8 * 5.75 + 21.9 = 107 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos\varphi = 0.85$$

$$I = \frac{107 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 181.69 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{181.69}{0.74} = 245.52 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**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

Escojo un valor de  $S = 150 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 260 A.

$$260 \cdot 0.74 = 192.4 \text{ A} > 181.69 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 250 A de intensidad nominal, ya que para 150 mm<sup>2</sup> protege hasta 165 m que es mayor que los 115.96 m que mide la rama 1.

### 2.1.2.2.3. Caída de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5%.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\varphi)$$

Donde:

W (kW), L (m), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia de cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	% $\Delta V$	Sumatorio % $\Delta V$
CT2-19.14	107	0,03529	0,39648	0,3965
19.14-19.10	59,825	0,06321	0,39706	0,793561516

0.793 % < 5% → VÁLIDO.

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	% $\Delta V$	Sumatorio % $\Delta V$
CT2-19.12	107	0,06555	0,73645	0,7365
19.12-19.9	59,825	0,05041	0,31666	1,053156716

1.053 % < 5 % → VÁLIDO.

#### 2.1.2.2.4. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del anillo 2 del centro de transformación 2 utilizarán:

**AL XZ1 0.6/1 kV 3×150 + 1×95 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas utilizaran un fusible de 250 A.

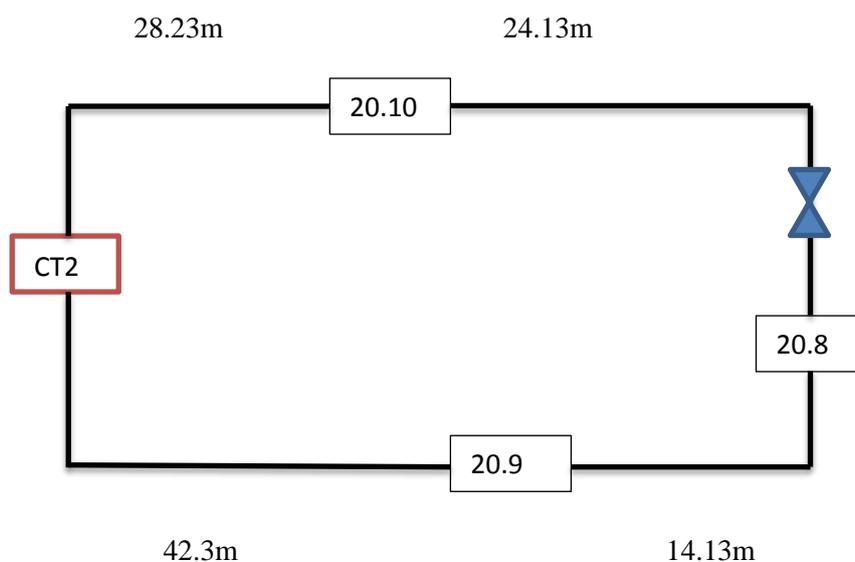
### 2.1.2.3. Anillo 3.

#### 2.1.2.3.1. Previsión de potencia.

El anillo 2 alimenta a 3 escaleras de la parcela nº 20.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se puede observar las cargas del anillo así como su longitud.



-Cálculo del punto de mínima tensión:

Éste se calcula mediante la expresión:  $l_x = \frac{\sum l \cdot P}{P_T}$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

Las cargas de cada C.G.P. de la parcela 20 son las correspondientes a 10 viviendas mas los servicios generales, el ascensor y el garaje.

La tabla siguiente muestra los valores de las cargas, así como el punto de mínima tensión.

Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT2	20.10	93,45	28,23	28,23	2638,0935
20.10	20.8	68,45	24,13	52,36	3584,042
20.8	20.9	68,45	14,13	66,49	4551,2405
20.9	CT2		42,3	108,79	
Ptotal kW		230,35			10773,376
Punto min tensión (m)	46,7695941				

Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

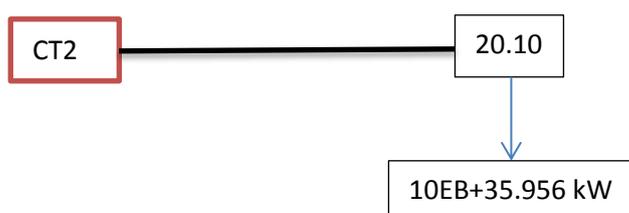
### 2.1.2.3.2. Intensidad.

#### Rama 1

Esta rama está compuesta por la C.G.P 10 de la parcela 20 (20.10).

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



$$P = 8.5 * 5.75 + 35.956 = 84.831 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es 
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos \varphi}$$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{84.831 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 144.05 A$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.84 \rightarrow$  3 circuitos agrupados a 400 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{144.05}{0.84} = 171.48 A$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**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

Escojo un valor de  $S = 150 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 260 A.

$$260 * 0.84 = 218.4 A > 144.05 A \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

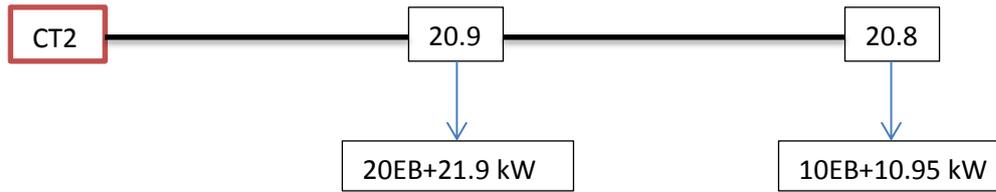
Según estas tablas, utilizamos un fusible de 250 A de intensidad nominal, ya que para 150 mm<sup>2</sup> protege hasta 165 m que es mayor que los 28.23 m que mide la rama 1.

### Rama 2

Esta rama está compuesta por las C.G.Ps 9 y 8 de la parcela 20 (20.9, 20.8).

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La potencia a utilizar para el cálculo de la intensidad es la equivalente a la primera carga (20.9).

$$P = 14.8 * 5.75 + 21.9 = 107 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es 
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos\varphi = 0.85$$

$$I = \frac{107 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 181.69 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.84 \rightarrow$  3 circuitos agrupados a 400 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{181.69}{0.84} = 206.47 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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

Escojo un valor de  $S = 150 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 260 A.

$$260 \cdot 0.84 = 218.4 \text{ A} > 181.69 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 250 A de intensidad nominal, ya que para  $150 \text{ mm}^2$  protege hasta 165 m que es mayor que los 56.43 m que mide la rama 1.

### 2.1.2.3.3. Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5%.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\varphi)$$

Donde:

W (kW), L (m), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia de cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT2-20.10	84,831	0,02823	0,25145	0,2515

0.2515 % < 5 %

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT2-20.9	107	0,0423	0,47524	0,4752
20.9-20.8	59,825	0,01413	0,08876	0,563959361

0.5639 % < 5 %

#### 2.1.2.3.4. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del anillo 3 del Centro de Transformación 2 utilizarán:

**AL XZ1 0.6/1 kV 3×150 + 1×95 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas utilizarán un fusible de 250 A.

### 2.1.3. Centro de Transformación 3.

El centro de transformación nº 3 alimenta a las siguientes parcelas:

- Parcela 19 (6 escaleras viviendas colectivas de electrificación básica).
- Parcela 20 (1 escalera viviendas colectivas de electrificación básica).
- Jardín nº 2.

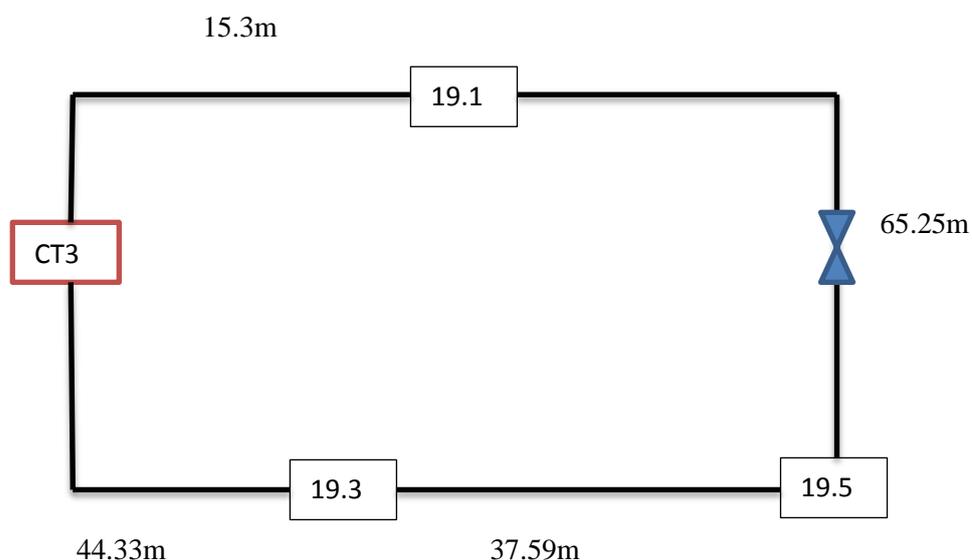
#### 2.1.3.1. Anillo 1.

##### 2.1.3.1.1. Previsión de potencia.

El anillo 1 alimenta a 3 escaleras de la parcela 19.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión, que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se puede observar las cargas del anillo así como su longitud.



-Cálculo del punto de mínima tensión:

Éste se calcula mediante la expresión:  $l_x = \frac{\Sigma l * P}{P_T}$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

Las cargas de cada C.G.P. de la parcela 20 son las correspondientes a 10 viviendas mas los servicios generales, el ascensor y el garaje.

La tabla siguiente muestra los valores de las cargas, así como el punto de mínima tensión.

Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT3	19.1	132,92	15,3	15,3	2033,676
19.1	19.5	68,45	65,25	80,55	5513,6475
19.5	19.3	68,45	37,59	118,14	8086,683
19.3	CT3		44,33	162,47	
Ptotal kW		269,82			15634,0065
Punto min tensión (m)	57,94235602				

Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

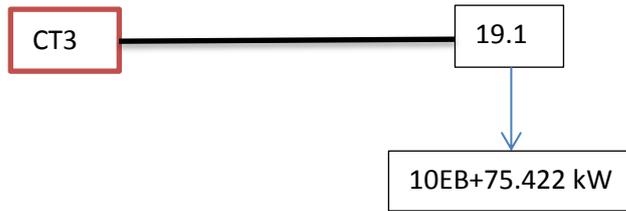
### 2.1.3.1.2. Intensidad.

#### Rama 1

Esta rama está compuesta por la C.G.P 1 de la parcela 19 (19.1).

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



$$P = 8.5 * 5.75 + 75.422 = 124.297 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{124.297 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 211.067 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow 4$  circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{211.067}{0.74} = 285.22 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.74 = 251.6 \text{ A} > 211.067 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

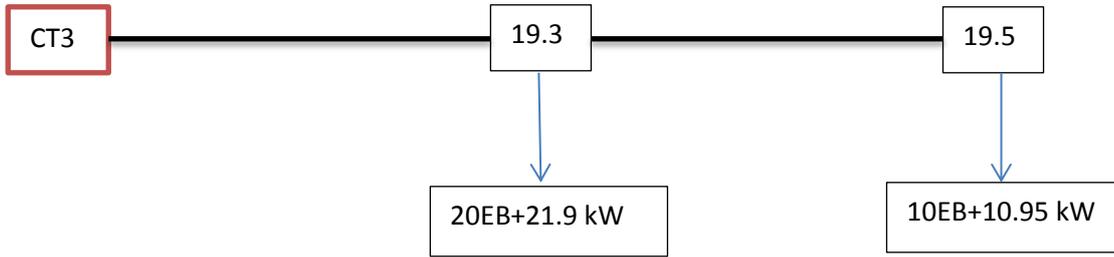
Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 195 m que es mayor que los 15.3 m que mide la rama 1.

Rama 2



La potencia a utilizar para el cálculo de la intensidad es la equivalente a la primera carga (19.3).

$$P = 14.8 * 5.75 + 21.9 = 107 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es 
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{107 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 181.69 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor k=0.74 → 4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{181.69}{0.74} = 245.53 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**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

Escojo un valor de S = 240 mm<sup>2</sup> que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.74 = 251.6 \text{ A} > 181.69 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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 (1)</b>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 195 m que es mayor que los 84.92 m que mide la rama 2.

### 2.1.3.1.3. Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5 %.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\varphi)$$

Donde:

W (kW), L (m), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia de cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT3-19.1	124,297	0,0153	0,1996831	0,199683

0.1996 % < 5 % → VÁLIDO.

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT3-19.3	107	0,04433	0,4980476	0,498048
19.3-19.5	59,825	0,03759	0,2361263	0,734174284

0.734 % < 5 % → VÁLIDO.

#### 2.1.3.1.4. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del anillo 1 del centro de transformación 3 utilizarán:

**AL XZ1 0.6/1 kV 3×240 + 1×150 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas con un fusible de 315 A.

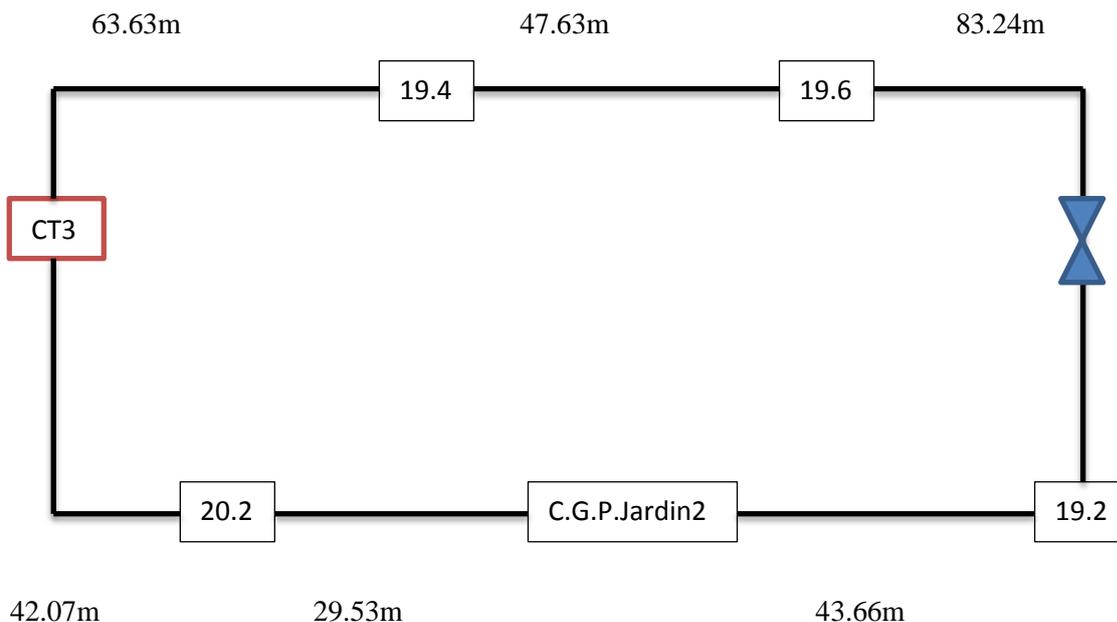
#### 2.1.3.2. Anillo 2.

##### 2.1.3.2.1. Previsión de potencia.

El anillo 2 alimenta a 3 escaleras de la parcela 19 (19.2, 19.4, 19.6), a una escalera de la parcela 20 (20.2) y al jardín n°2.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión, que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se puede observar las cargas del anillo así como su longitud.



-Cálculo del punto de mínima tensión:

Éste se calcula mediante la expresión: 
$$l_x = \frac{\sum l \cdot P}{P_T}$$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

Las cargas de cada C.G.P. de la parcela 20 son las correspondientes a 10 viviendas mas los servicios generales y el ascensor.

La tabla siguiente muestra los valores de las cargas, así como el punto de mínima tensión.

Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT3	19.4	68,45	63,63	63,63	4355,4735
19.4	19.6	68,45	47,63	111,26	7615,747
19.6	19.2	68,45	83,24	194,5	13313,525
19.2	CGPJardín 2	7,5	43,66	238,16	1786,2
CGPJardín 2	20.2	93,45	29,53	267,69	25015,6305
20.2	CT3		42,07	309,76	
Ptotal kW		306,3			52086,576
Punto min tensión (m)	170,0508521				

Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

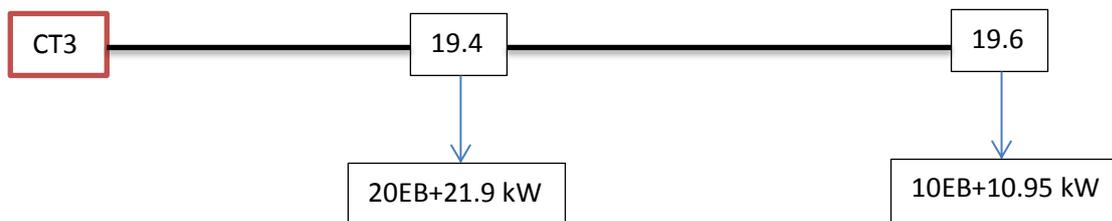
#### 2.1.3.2.2. Intensidad.

##### Rama 1

Esta rama está compuesta por 2 C.G.Ps de la parcela 19 (19.4, 19.6).

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La potencia a utilizar es la equivalente a la primera carga (19.4).

$$P = 14.8 * 5.75 + 21.9 = 107 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es 
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos \varphi}$$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{107 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 181.69 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.81 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 400 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{181.69}{0.81} = 224.31 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**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

Escojo un valor de  $S = 150 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 260 A.

$$260 \cdot 0.81 = 210.6 \text{ A} > 181.69 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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 (1)</b>						

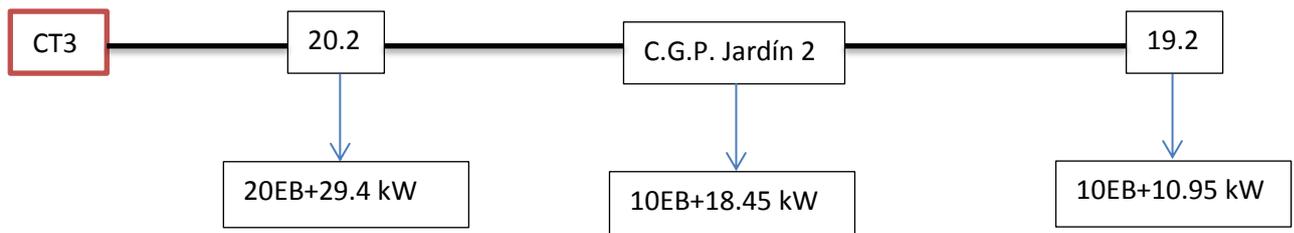
Según estas tablas, utilizamos un fusible de 250 A de intensidad nominal, ya que para  $150 \text{ mm}^2$  protege hasta 165 m que es mayor que los 111.26 m que mide la rama 1.

## Rama 2

Esta rama está compuesta por una C.G.P de la parcela 19 (19.2), una C.G.P. de la parcela 20 (20.2) y la C.G.P. del Jardín 2.

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La potencia a utilizar es la equivalente a la primera carga (20.2).

$$P = 14.8 * 5.75 + 29.4 = 114.5 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{114.5 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 194.43 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	–	–

Escojo el valor  $k=0.81 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 400 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{194.43}{0.81} = 240.03 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**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

Escojo un valor de  $S = 150 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 260 A.

$$260 \cdot 0.81 = 210.6 \text{ A} > 194.43 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 250 A de intensidad nominal, ya que para 150 mm<sup>2</sup> protege hasta 165 m que es mayor que los 115.26 m que mide la rama 2.

#### 2.1.3.2.3. Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5 %.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\varphi)$$

Donde:

W (kW), L (m), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia de cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT3-19.4	107	0,06363	0,7148831	0,714883
19.4-19.6	59,825	0,04763	0,2991938	1,014076799

1.014 % < 5 % → VÁLIDO.

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT3-20.2	114,5	0,04207	0,5057866	0,505787
20.2-CGPJardín 2	67,325	0,02953	0,2087513	0,714538261
CGPJardín 2-19.2	59,825	0,04366	0,2742557	0,988794009

0.988 % < 5 % → VÁLIDO.

#### 2.1.3.2.4. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del anillo 2 del centro de transformación 3 utilizarán:

**AL XZ1 0.6/1 kV 3×150 + 1×95 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas con un fusible de 250 A.

#### 2.1.4. Centro de Transformación 4.

El Centro de Transformación nº 4 alimenta a las siguientes parcelas.

- Parcela 17 (viviendas unifamiliares de electrificación elevada).
- Parcela 18 (viviendas unifamiliares de electrificación elevada).
- Parcela 19 (2 escaleras de viviendas colectivas de electrificación básica).
- Parcela 20 (1 escalera de viviendas colectivas de electrificación básica).
- Alumbrado Vial.
- Equipamiento Social.

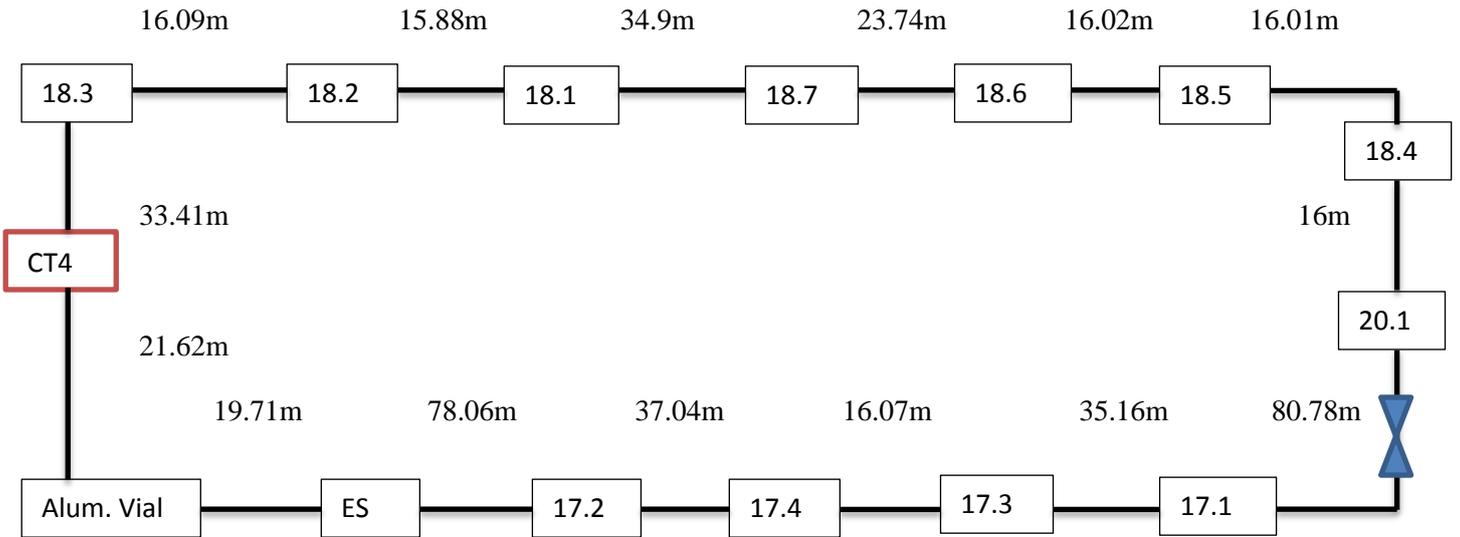
##### 2.1.4.1. Anillo 1.

##### 2.1.4.1.1. Previsión de potencia.

El anillo 1 alimenta a la parcela 18, 4 C.G.Ps. de la parcela 17, la C.G.P. del Equipamiento Social y el alumbrado vial.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión, que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se puede observar las cargas del anillo así como su longitud.



-Cálculo del punto de mínima tensión:

Éste se calcula mediante la expresión: 
$$l_x = \frac{\sum l \cdot P}{P_T}$$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

La carga de la C.G.P. de la parcela 20 corresponde a 10 viviendas mas los servicios generales y el ascensor.

Las cargas de cada C.G.P de las parcelas 18 y 17 son correspondientes a 2 viviendas, excepto la 18.7.

La tabla siguiente muestra los valores de las cargas, así como el punto de mínima tensión.

Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT4	18.3	18,4	33,41	33,41	614,744
18.3	18.2	18,4	16,09	49,5	910,8
18.2	18.1	18,4	15,88	65,38	1202,992
18.1	18.7	18,4	34,9	100,28	1845,152
18.7	18.6	18,4	23,74	124,02	2281,968
18.6	18.5	18,4	16,02	140,04	2576,736
18.5	18.4	18,4	16,01	156,05	2871,32
18.4	20.1	68,45	16	172,05	11776,8225
20.1	17.1	18,4	80,78	252,83	4652,072
17.1	17.3	18,4	35,16	287,99	5299,016
17.3	17.4	18,4	16,7	304,69	5606,296
17.4	17.2	18,4	37,04	341,73	6287,832
17.2	CGP ES	16,61	78,06	419,79	6972,7119
CGP ES	Alum. Vial	20	19,71	439,5	8790
Alum. Vial	CT4		21,62	461,12	
Ptotal kW		307,46			61688,4624
Punto min tensión (m)	200,638985				

Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

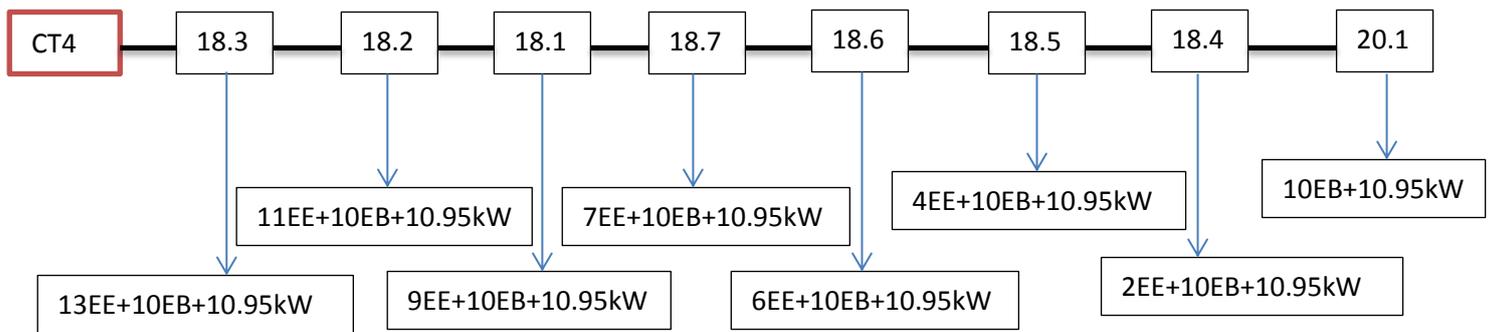
#### 2.1.4.1.2. Intensidad.

##### Rama 1

Esta rama está compuesta por las C.G.Ps de la parcela 18 y una C.G.P de la parcela 20 (20.1).

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La potencia a utilizar es la equivalente a la primera carga (18.3).

$$P = 10.6 \cdot 9.2 + 8.5 \cdot 5.75 + 10.95 = 157.345 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es 
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{157.345 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85} = 267.18 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.81 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 400 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{267.18}{0.81} = 329.85 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.81 = 275.4 \text{ A} > 267.18 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

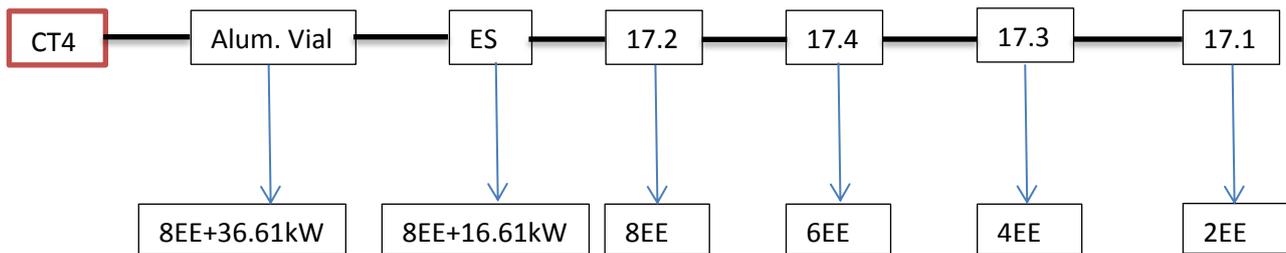
Según estas tablas, utilizamos un fusible de 250 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 260 m que es mayor que los 172.05 m que mide la rama 1.

### Rama 2

Esta rama está compuesta por las C.G.Ps de la parcela 17 y las C.G.Ps. del Espacio Social y del Alumbrado Vial.

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La potencia a utilizar es la equivalente a la primera carga (Alumbrado Vial).

$$P = 7 \cdot 9.2 + 36.61 = 101.01 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es 
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{101.01 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85} = 171.52 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.81 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 400 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{171.52}{0.81} = 211.75 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.81 = 275.4 \text{ A} > 171.52 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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 (1)</b>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 250 A de intensidad nominal, ya que para  $240 \text{ mm}^2$  protege hasta 260 m que es mayor que los 208.29 m que mide la rama 2.

### 2.1.4.1.3. Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5 %.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\varphi)$$

Donde:

W (kW), L (m), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia de cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT4-18.3	157,345	0,03341	0,55197	0,552
18.3-18.2	144,465	0,01609	0,24407	0,796066394
18.2-18.1	131,585	0,01588	0,2194	1,015471223
18.1-18.7	116,865	0,0349	0,42825	1,443723016
18.7-18.6	109,505	0,02374	0,27296	1,716686129
18.6-18.5	60,16	0,01602	0,1012	1,817881265
18.5-18.4	78,225	0,01601	0,1315	1,949381402
18.4-20.1	59,825	0,016	0,10051	2,049887402

2.049 % < 5 % → VÁLIDO.

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT4-Alum.Vial	101,01	0,02162	0,2293	0,4305
Alum.Vial-CGPES	81,01	0,01971	0,16765	0,598154246
CGPES-17.2	64,4	0,07806	0,52784	1,125995966
17.2-17.4	49,68	0,03704	0,19322	1,319211422
17.4-17.3	34,96	0,0167	0,0613	1,380513782
17.3-17.1	18,4	0,03516	0,06793	1,448442902

1.448 % < 5 % → VÁLIDO.

#### 2.1.4.1.4. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del anillo 2 del centro de transformación 3 utilizarán:

**AL XZ1 0.6/1 kV 3×240 + 1×150 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas utilizarán un fusible de 250 A.

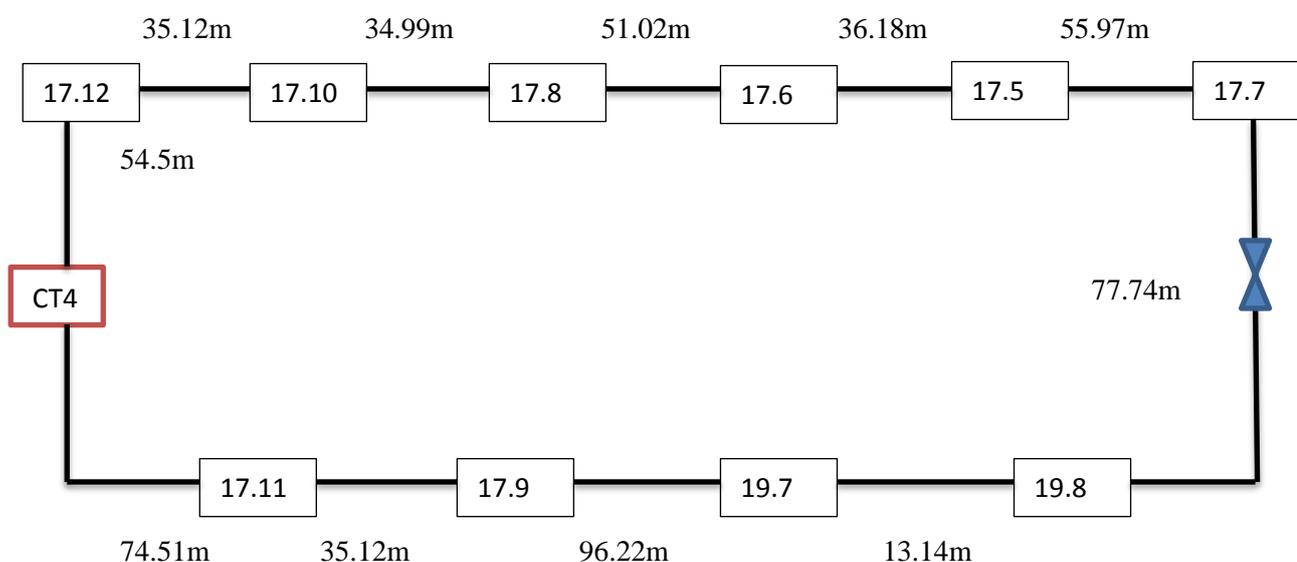
#### 2.1.4.2. Anillo 2.

##### 2.1.4.2.1. Previsión de potencia.

El anillo 2 alimenta a 8 C.G.Ps. de la parcela 17 y a 2 escaleras de la parcela 19.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión, que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se puede observar las cargas del anillo así como su longitud.



-Cálculo del punto de mínima tensión:

Éste se calcula mediante la expresión:  $l_x = \frac{\sum l * P}{P_T}$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

La carga de las C.G.P. de la parcela 19 corresponde a 10 viviendas más los servicios generales y el ascensor.

Las cargas de cada C.G.P de la parcela 17 son correspondientes a 2 viviendas.

La tabla siguiente muestra los valores de las cargas, así como el punto de mínima tensión.

Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT4	17.12	18,4	54,5	54,5	1002,8
17.12	17.10	18,4	35,12	89,62	1649,008
17.10	17.8	18,4	34,99	124,61	2292,824
17.8	17.6	18,4	51,02	175,63	3231,592
17.6	17.5	18,4	36,18	211,81	3897,304
17.5	17.7	18,4	55,97	267,78	4927,152
17.7	19.8	68,45	77,74	345,52	23650,844
19.8	19.7	68,45	13,14	358,66	24550,277
19.7	17.9	18,4	96,22	454,88	8369,792
17.9	17.11	18,4	35,12	490	9016
17.11	CT4		74,51	564,51	
Ptotal kW		284,1			82587,593
Punto min tensión (m)	290,699025				

Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

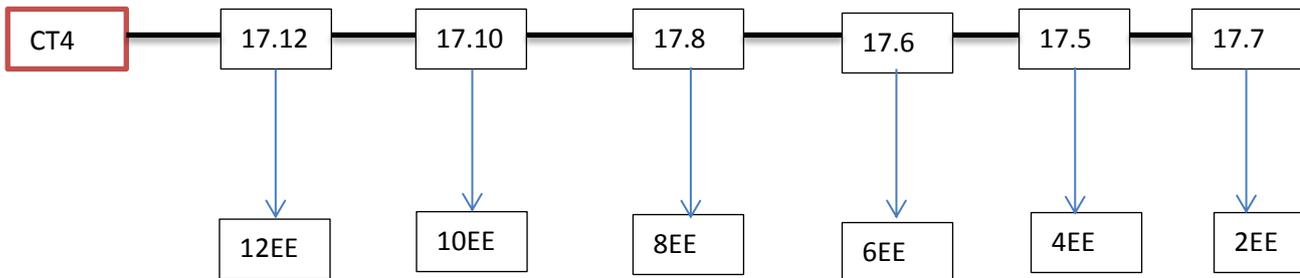
#### 2.1.4.2.2. Intensidad.

##### Rama 1

Esta rama está compuesta por las C.G.Ps de la parcela 17.

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La potencia a utilizar es la equivalente a la primera carga (17.12).

$$P = 9.9 * 9.2 = 91.08 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos\varphi = 0.85$$

$$I = \frac{91.08 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 154.66 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.81 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 400 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{154.66}{0.81} = 190.94 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.81 = 275.4 \text{ A} > 154.66 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

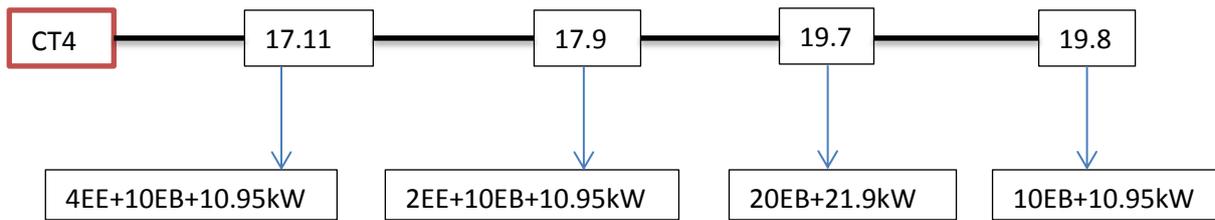
Según estas tablas, utilizamos un fusible de 200 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 345 m que es mayor que los 267.78 m que mide la rama 1.

### Rama 2

Esta rama está compuesta por 2 C.G.Ps de la parcela 17 y 2 escaleras de la parcela 19.

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La potencia a utilizar es la equivalente a la primera carga (17.1).

$$P = 3.8 \cdot 9.2 + 8.5 \cdot 5.75 + 10.95 = 141.96 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{141.96 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85} = 241.06 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.81 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 400 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{241.06}{0.81} = 297.60 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.81 = 275.4 \text{ A} > 241.06 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 200 A de intensidad nominal, ya que para  $240 \text{ mm}^2$  protege hasta 345 m que es mayor que los 218.99 m que mide la rama 2.

#### 2.1.4.2.3. Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5 %.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\phi)$$

Donde:

W (kW), L (m), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia de cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT4-17.12	91,08	0,0545	0,52121	0,5212
17.12-17.10	78,2	0,03512	0,28837	0,80957032
17.10-17.8	64,4	0,03499	0,2366	1,0461727
17.8-17.6	49,68	0,05102	0,26614	1,312313428
17.6-17.5	34,96	0,03618	0,13281	1,445122972
17.5-17.7	18,4	0,05597	0,10813	1,553257012

1.553 % < 5% → VÁLIDO.

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT4-17.11	141,96	0,07451	1,11063	1,1106
17.11-17.9	125,4	0,03512	0,46243	1,57302504
17.9-19.7	107	0,09622	1,08103	2,65405674
19.7-19.8	59,825	0,01314	0,08254	2,736597293

2.736 % < 5 % → VÁLIDO.

#### 2.1.4.2.4. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del anillo 2 del centro de transformación 4 utilizarán:

**AL XZ1 0.6/1 kV 3×240 + 1×150 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas utilizarán un fusible de 200 A.

#### 2.1.5. Centro de Transformación 5.

El Centro de Transformación nº 5 alimenta a las siguientes parcelas:

- Parcela 11 (viviendas unifamiliares de electrificación elevada).
- Parcela 13 (viviendas unifamiliares de electrificación elevada).
- Parcela 14 (viviendas unifamiliares de electrificación elevada).
- Parcela 16 (viviendas unifamiliares de electrificación elevada).
- Jardín nº 3.

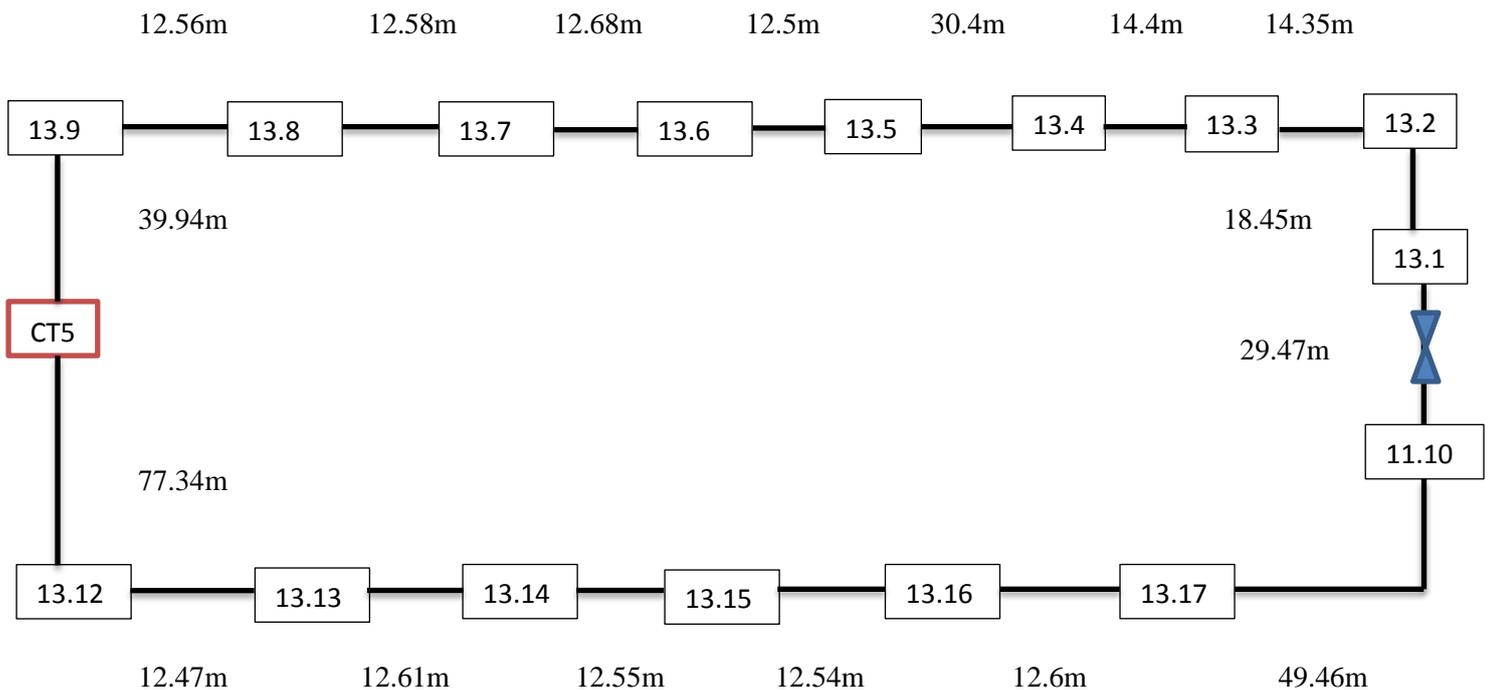
##### 2.1.5.1. Anillo 1.

##### 2.1.5.1.1. Previsión de potencia.

El anillo 1 alimenta a la parcela 13 y a una C.G.P de la parcela 11.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caídas de tensión, que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se puede observar las cargas del anillo así como su longitud:



-Cálculo del punto de mínima tensión:

Éste se calcula mediante la expresión:  $l_x = \frac{\sum l * P}{P_T}$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

La carga de las C.G.P. de la parcela 13 son correspondientes a 2 viviendas, excepto la 13.1 que corresponde a una única vivienda. La carga de la C.G.P de la parcela 11 corresponde a 2 viviendas.

La tabla siguiente muestra los valores de las cargas, así como el punto de mínima tensión.

Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT5	13.9	18,4	39,94	39,94	734,896
13.9	13.8	18,4	12,56	52,5	966
13.8	13.7	18,4	12,58	65,08	1197,472
13.7	13.6	18,4	12,68	77,76	1430,784
13.6	13.5	18,4	12,5	90,26	1660,784
13.5	13.4	18,4	30,4	120,66	2220,144
13.4	13.3	18,4	14,4	135,06	2485,104
13.3	13.2	18,4	14,35	149,41	2749,144
13.2	13.1	9,2	18,45	167,86	1544,312
13.1	11.10	18,4	29,47	197,33	3630,872
11.10	13.17	18,4	49,46	246,79	4540,936
13.17	13.16	18,4	12,63	259,42	4773,328
13.16	13.15	18,4	12,54	271,96	5004,064
13.15	13.14	18,4	12,55	284,51	5234,984
13.14	13.13	18,4	12,61	297,12	5467,008
13.3	13.12	18,4	12,47	309,59	5696,456
13.12	CT5		77,24	386,83	
Ptotal kW		285,2			49336,288
Punto mín tensión (m)	172,988387				

Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

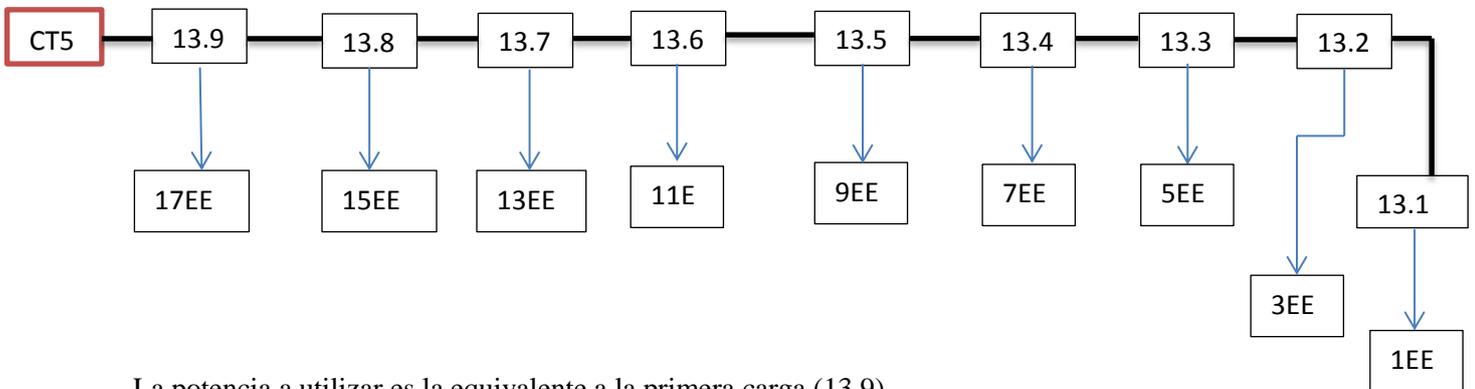
**2.1.5.1.2. Intensidad.**

Rama 1

Esta rama está compuesta por 7 C.G.Ps de la parcela 13.

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La potencia a utilizar es la equivalente a la primera carga (13.9).

$$P = 13.1 * 9.2 = 120.52 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es 
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos\varphi = 0.85$$

$$I = \frac{120.52 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 204.65 A$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{204.65}{0.74} = 276.56 A$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 * 0.74 = 251.6 A > 204.65 A \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

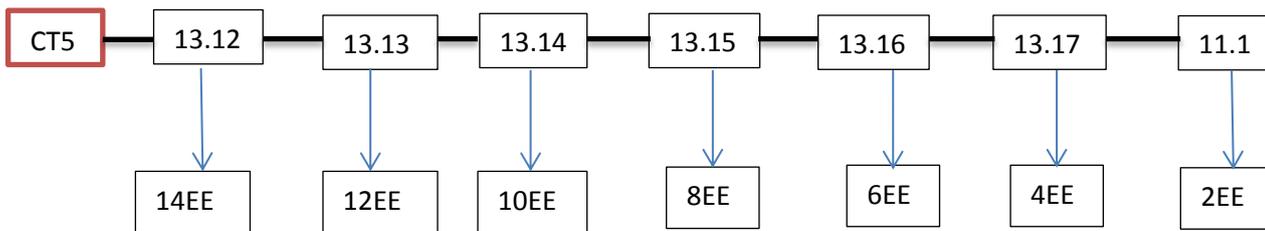
Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 195 m que es mayor que los 167.86 m que mide la rama 1.

### Rama 2

Esta rama está compuesta por 6 C.G.Ps de la parcela 13 y una C.G.P. de la parcela 11.

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21)·0,5



La potencia a utilizar es la equivalente a la primera carga (13.12).

$$P = 11.3 * 9.2 = 103.96 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{103.96 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 176.53 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow 4$  circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{176.53}{0.74} = 238.55 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340A.

$$340 \cdot 0.74 = 251.6 \text{ A} > 176.53 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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 (1)</b>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 195 m que es mayor que los 189.5 m que mide la rama 2.

### 2.1.5.1.3. Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5 %.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\phi)$$

Donde:

W (kW), L (m), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia de cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT5-13.9	120,52	0,03994	0,50542	0,5054
13.9-13.8	109,48	0,01256	0,14438	0,649782224
13.8-13.7	97,52	0,01258	0,12881	0,778596392
13.7-13.6	84,64	0,01268	0,11269	0,891286088
13.6-13.5	71,76	0,0125	0,09419	0,985471088
13.5-13.4	57,04	0,0304	0,18207	1,167542768
13.4-13.3	42,32	0,0144	0,06399	1,231530608
13.3-13.2	27,6	0,01465	0,04246	1,273986308
13.2-13.1	9,2	0,01845	0,01782	1,291809008

1.29 % < 5 % → VÁLIDO.

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT5-13.12	103,96	0,07724	0,84314	0,8431
13.12-13.13	91,08	0,01247	0,11926	0,962355598
13.13-13.14	78,2	0,01261	0,10354	1,065896308
13.14-13.15	64,4	0,01255	0,08486	1,150759408
13.15-13.16	49,68	0,01254	0,06541	1,216173064
13.16-13.17	34,96	0,01263	0,04636	1,262535268
13.17-11.10	18,4	0,04946	0,09556	1,358091988

1.358 % < 5 % → VÁLIDO.

#### 2.1.5.1.4. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del anillo 1 del Centro de Transformación 5 utilizará:

**AL XZ1 0.6/1 kV 3×240 + 1×150 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas utilizarán un fusible de 315 A.

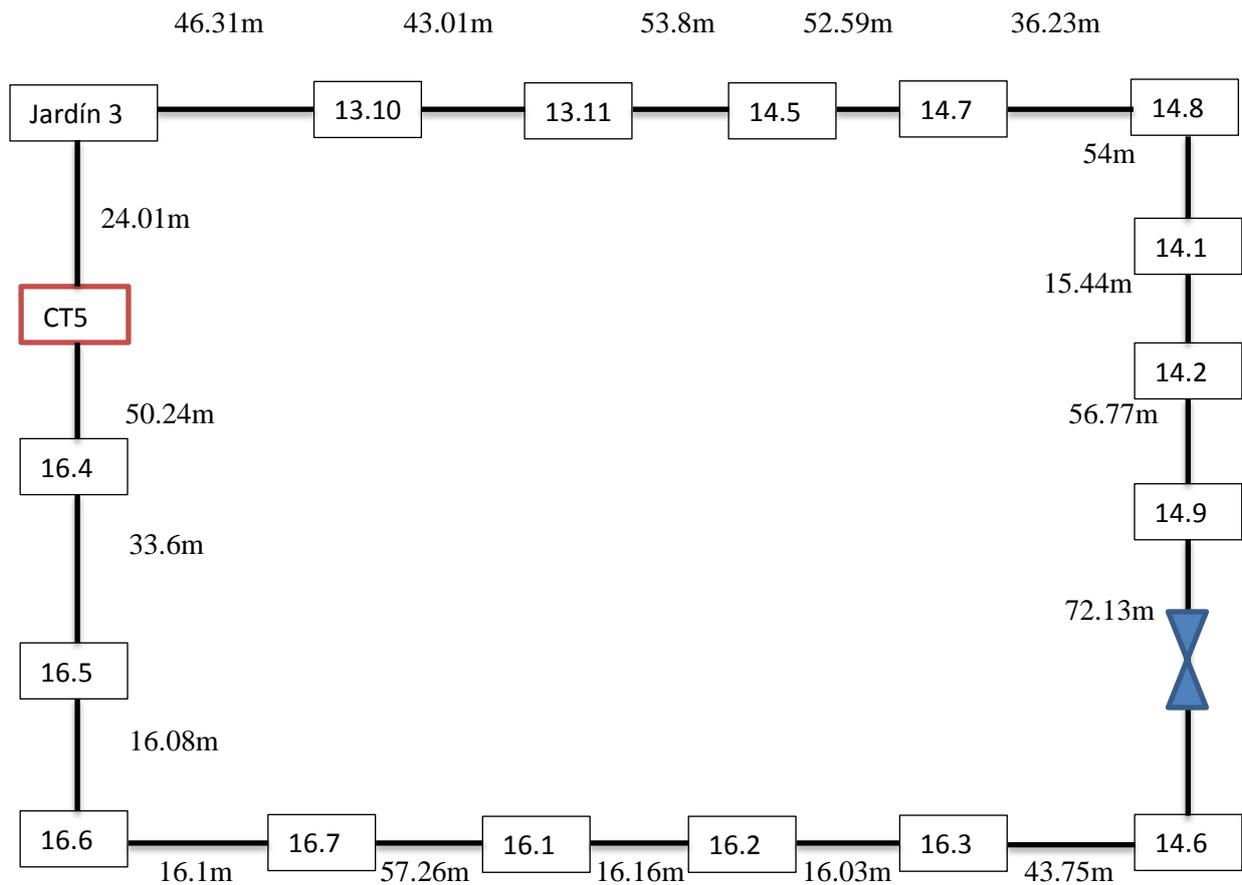
#### 2.1.5.2. Anillo 2.

##### 2.1.5.2.1. Previsión de potencia.

El anillo 2 alimenta a la C.G.P. del Jardín nº 3, a 2 C.G.P de la parcela 13, a 7 C.G.P. de la parcela 14 y a la parcela 16.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión, que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se puede observar las cargas del anillo así como su longitud:



Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

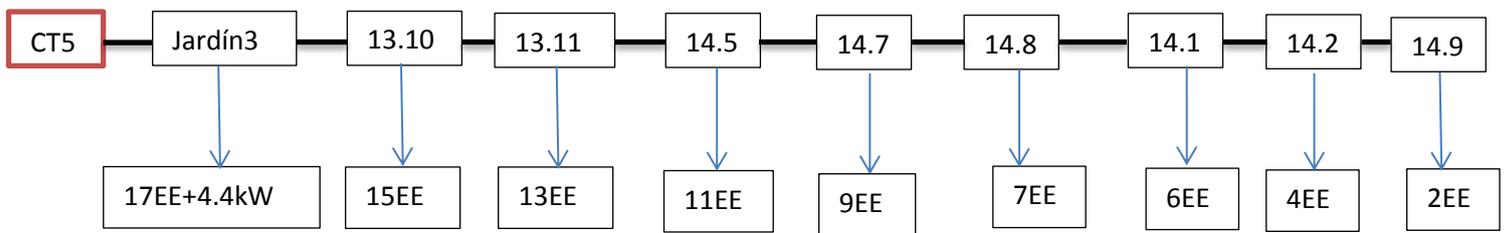
### 2.1.5.2.2. Intensidad.

#### Rama 1

Esta rama está compuesta por 2 C.G.Ps de la parcela 13, 6 C.G.P de la parcela 14 y la C.G.P del jardín 3.

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La potencia a utilizar es la equivalente a la primera carga (C.G.P Jardín 3).

$$P = 13.1 * 9.2 + 4.4 = 124.92 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos\varphi = 0.85$$

$$I = \frac{124.92 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 212.159 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	–	–

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{212.159}{0.74} = 286.70 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.74 = 251.6 \text{ A} > 212.159 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

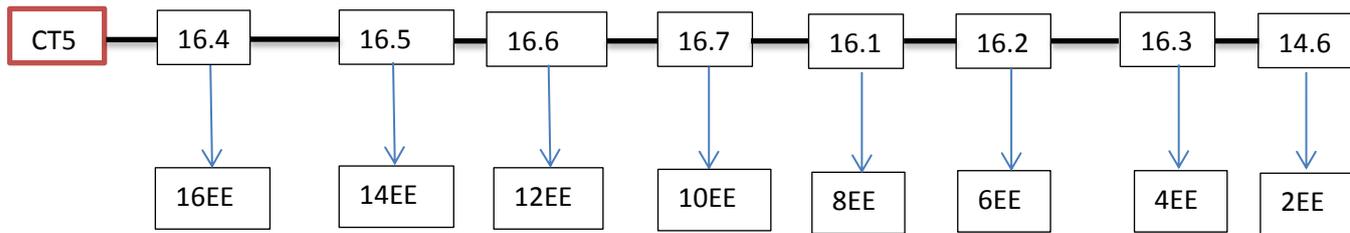
Según estas tablas, utilizamos un fusible de 160 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 455 m que es mayor que los 382.2m que mide la rama 1.

### Rama 2

Esta rama está compuesta por 1 C.G.P de la parcela 14 y por la parcela 16.

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La potencia a utilizar es la equivalente a la primera carga (16.4).

$$P = 12.5 * 9.2 = 115 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{115 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 195.28 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{195.28}{0.74} = 263.89 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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

Escojo un valor de S = 240 mm<sup>2</sup> que admite una intensidad de 340 A.

$$340 * 0.74 = 251.6A > 195.28 A \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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 (1)</b>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 1600 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 455 m que es mayor que los 249.22 m que mide la rama 1.

### 2.1.5.2.3. Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5 %.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\varphi)$$

Donde:

W (kW), L (m), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia de cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT5-Jardín 3	124,92	0,02401	0,31493	0,3149
Jardín 3-13.10	109,48	0,04631	0,53235	0,847251974
13.10-13.11	97,52	0,04305	0,44081	1,288066754
13.11-14.5	84,64	0,0538	0,47813	1,766198114
14.5-14.7	71,76	0,05259	0,39626	2,162453246
14.7-14.8	57,04	0,03623	0,21699	2,379441962
14.8-14.1	49,68	0,054	0,28169	2,661127562
14.1-14.2	34,96	0,01544	0,05668	2,717804714
14.2-14.9	18,4	0,05677	0,10968	2,827484354

2.827 % < 5 % → VÁLIDO.

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT5-16.4	115	0,05024	0,60665	0,6066
16.4-16.5	103,96	0,0336	0,36677	0,97337088
16.5-16.6	91,08	0,01608	0,15378	1,127150352
16.6-16.7	78,2	0,0161	0,1322	1,259347452
16.7-16.1	64,4	0,05726	0,38719	1,646539572
16.1-16.2	49,68	0,01616	0,0843	1,730836596
16.2-16.3	34,96	0,01603	0,05884	1,78967952
16.3-16.6	18,4	0,04375	0,08453	1,87420452

1.8742 % < 5 % → VÁLIDO.

#### 2.1.5.2.4. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del anillo 2 del Centro de Transformación 5 utilizarán:

**AL XZ1 0.6/1 kV 3×240 + 1×150 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas utilizaran un fusible de 160 A.

#### 2.1.6. Centro de Transformación 6.

El Centro de Transformación nº 6 alimenta a las siguientes parcelas:

- Parcela 7 (viviendas colectivas con electrificación elevada).
- Parcela 8 (viviendas colectivas con electrificación básica).
- Parcela 9 (viviendas colectivas con electrificación básica).
- Parcela 11 (viviendas unifamiliares con electrificación elevada).

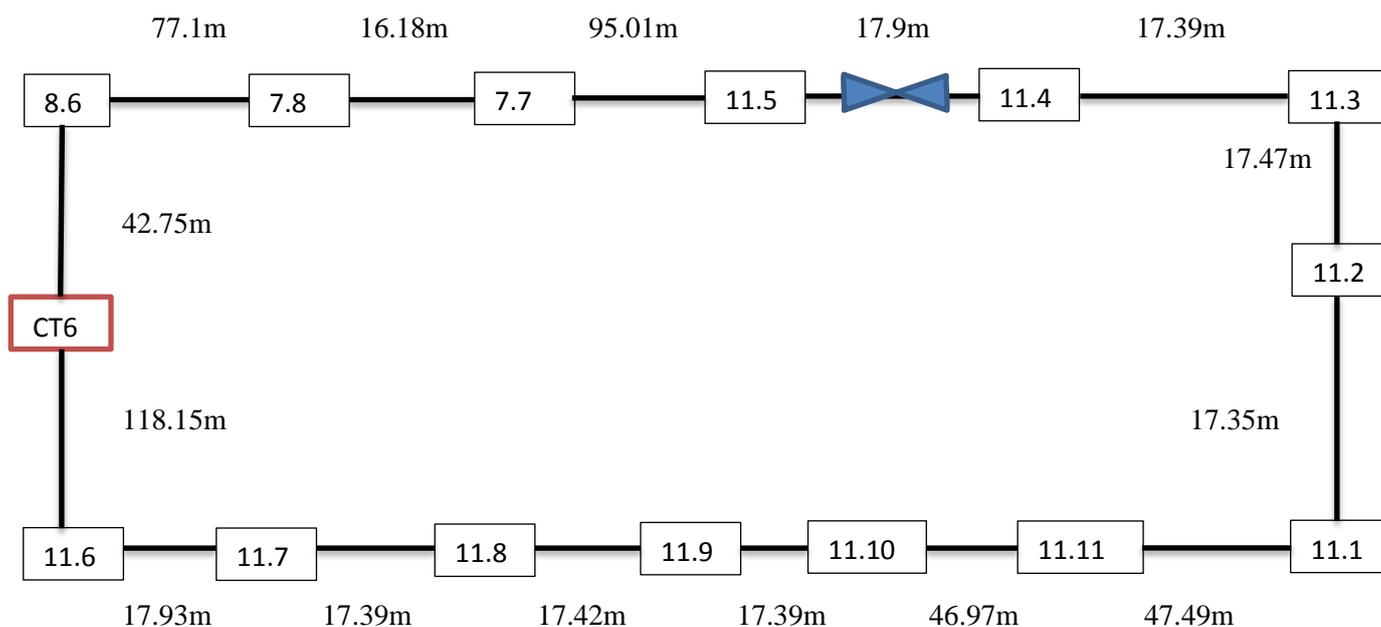
##### 2.1.6.1. Anillo 1.

##### 2.1.6.1.1. Previsión de potencia.

El anillo 1 alimenta a 1 escalera de la parcela 8, a dos C.G.P de la parcela 7 y a la parcela 11, excluyendo una C.G.P.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión, que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se puede observar las cargas del anillo así como su longitud:



-Cálculo del punto de mínima tensión:

Éste se calcula mediante la expresión:  $l_x = \frac{\sum l * P}{P_T}$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

La carga de las C.G.P. de la parcela 13 es la correspondiente a 2 viviendas.

La carga de la C.G.P. de la parcela 8 (8.6) es la correspondiente a 11 viviendas mas los servicios generales y el ascensor, la carga de la C.G.P de la parcela 7 corresponde a la correspondiente de dos viviendas y la de la 11 también.

La tabla siguiente muestra los valores de las cargas, así como el punto de mínima tensión.

Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT6	8.6	74,2	42,75	42,75	3172,05
8.6	7.8	18,4	77,1	119,85	2205,24
7.8	7.7	18,4	16,18	136,03	2502,952
7.7	11.5	18,4	95,01	231,04	4251,136
11.5	11.4	18,4	17,9	248,94	4580,496
11.4	11.3	18,4	17,39	266,33	4900,472
11.3	11.2	18,4	17,47	283,8	5221,92
11.2	11.1	18,4	17,35	301,15	5541,16
11.1	11.11	18,4	47,49	348,64	6414,976
11.11	11.9	18,4	66,32	414,96	7635,264
11.9	11.8	18,4	17,42	432,38	7955,792
11.8	11.7	18,4	17,39	449,77	8275,768
11.7	11.6	18,4	17,93	467,7	8605,68
11.6	CT6		118,15	585,85	
Ptotal (kW)		295			71262,906
Punto mín tensión (m)	241,569173				

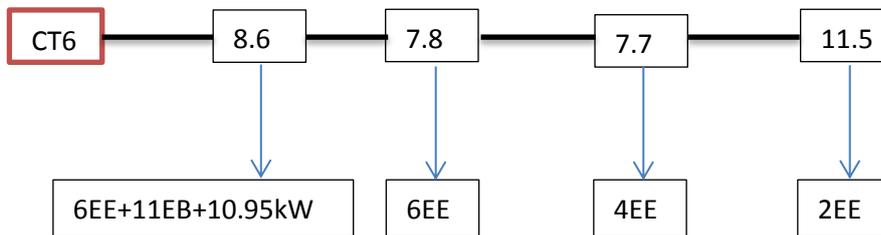
Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

**2.1.6.1.2. Intensidad.**

Rama 1

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21),0,5



La potencia a utilizar es la equivalente a la primera carga (8.6).

$$P = 5.4 \cdot 9.2 + 9.2 \cdot 5.75 + 10.95 = 113.52 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{113.52 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85} = 192.78 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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 <u>directamente soterrados</u> - 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	-	-

Escojo el valor  $k=0.86 \rightarrow$  6 circuitos agrupados a 800 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{192.78}{0.86} = 224.16 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**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)**

Sección mm <sup>2</sup>	Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto		
	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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.86 = 292.4 \text{ A} > 192.78 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

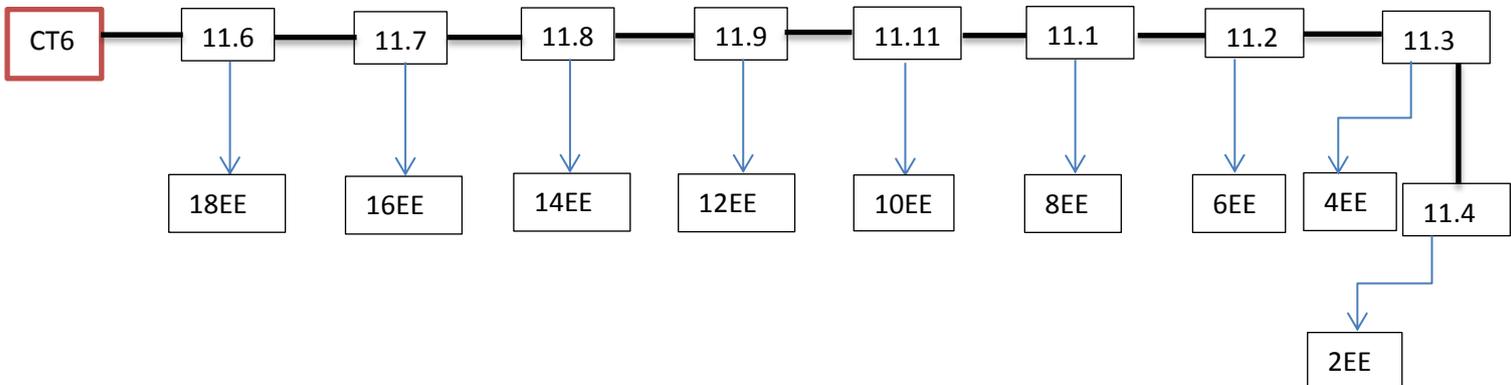
Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
<b>Longitudes en metros <sup>(1)</sup></b>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 200 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 345 m que es mayor que los 231.04 m que mide la rama 1.

Rama 2

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La potencia a utilizar es la equivalente a la primera carga (11.6).

$$P = 13.7 * 9.2 = 126.04 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es 
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{126.04 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 214.027 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.86 \rightarrow 6$  circuitos agrupados a 800 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{214.027}{0.86} = 248.86 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 * 0.86 = 292.4 \text{ A} > 214.027 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 200 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 345 m que es mayor que los 336.91 m que mide la rama 2.

### 2.1.6.1.3. Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5 %.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\varphi)$$

Donde:

W (kW), L (m), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia de cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT6-8.6	113,53	0,04275	0,509608	0,50961
8.6-7.8	49,68	0,0771	0,402184	0,91179444
7.8-7.7	34,96	0,01618	0,059394	0,971187984
7.7-11.5	18,4	0,09501	0,183559	1,154747304

1.15 % < 5 % → VÁLIDO.

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT6-11.6	126,04	0,11815	1,563621	1,56362
11.6-11.7	115	0,01793	0,216505	1,78012475
11.7-11.8	103,96	0,01739	0,189826	1,969950512
11.8-11.9	91,08	0,01742	0,166594	2,13654494
11.9-11.11	78,2	0,06632	0,544554	2,68109846
11.11-11.1	64,4	0,04749	0,321127	3,00222584
11.1-11.2	49,68	0,01735	0,090505	3,09273038
11.2-11.3	34,96	0,01747	0,064129	3,156859256
11.3-11.4	18,4	0,01739	0,033597	3,190456736

3.19 % < 5 % → VÁLIDO.

#### 2.1.6.1.4. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del anillo 1 del Centro de Transformación 6 utilizarán:

**AL XZ1 0.6/1 kV 3×240 + 1×150 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas utilizarán un fusible de 200 A.

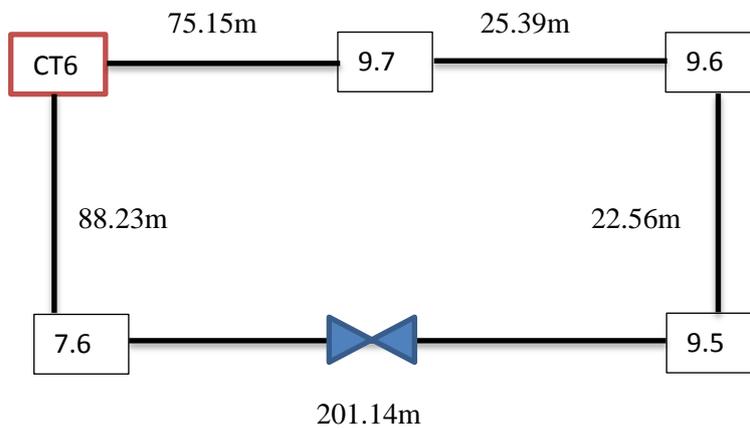
#### 2.1.6.2. Anillo 2.

##### 2.1.6.2.1. Previsión de potencia.

El anillo 2 alimenta 3 escaleras de la parcela 9 y una C.G.P. de la parcela 7.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión, que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se puede observar las cargas del anillo así como su longitud:



-Cálculo del punto de mínima tensión:

Éste se calcula mediante la expresión: 
$$l_x = \frac{\sum l * P}{P_T}$$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

Las cargas de la C.G.P. de la parcela 9 son las correspondiente a 11 viviendas mas los servicios generales, el ascensor y el garaje y la carga correspondiente a la C.G.P. de la parcela 7 es la correspondiente a dos viviendas unifamiliares.

La tabla siguiente muestra los valores de las cargas, así como el punto de mínima tensión.

Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT6	9.7	117,89	75,15	75,15	8859,4335
9.7	9.6	74,2	25,39	100,54	7460,068
9.6	9.5	74,2	22,56	123,1	9134,02
9.5	7.6	18,4	201,14	324,24	5966,016
7.6	CT6		88,23	412,47	
Ptotal (kW)		284,69			31419,5375
Punto mín tensión (m)	110,364036				

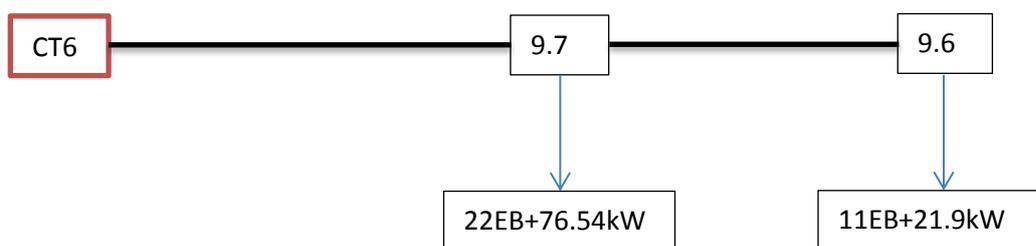
Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

### 2.1.6.2.2. Intensidad.

#### Rama 1

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La potencia a utilizar es la correspondiente a la carga 9.7.

$$P = 15.8 \cdot 5.75 + 76.54 = 167.39 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{167.39 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85} = 284.24 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.86 \rightarrow 6$  circuitos agrupados a 800 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{284.24}{0.86} = 330.51 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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) 
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.86 = 292.4 \text{ A} > 284.24 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

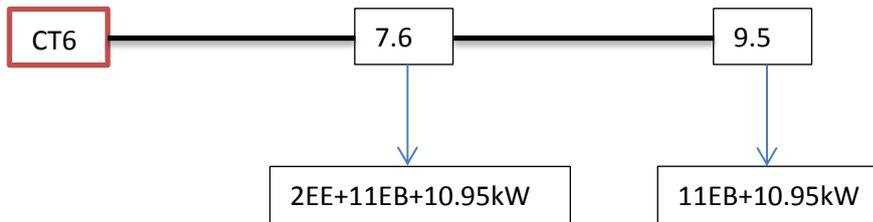
Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
<b>Longitudes en metros (1)</b>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 200 A de intensidad nominal, ya que para  $240 \text{ mm}^2$  protege hasta 345 m que es mayor que los 100.54m que mide la rama 1.

## Rama 2

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21),0,5



La potencia a utilizar será la correspondiente a la primera carga (7.6):

$$P = 2 \cdot 9.2 + 9.2 \cdot 5.75 + 10.95 = 82.25 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{82.25 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85} = 139.58 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

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	-	-

Escojo el valor  $k=0.86 \rightarrow 6$  circuitos agrupados a 800 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{139.58}{0.86} = 162.3 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.86 = 292.4 \text{ A} > 139.58 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 200 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 345 m que es mayor que los 289.37 m que mide la rama 2.

### 2.1.6.2.3. Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5 %.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\varphi)$$

Donde:

W (kW), L (m), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia de cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT8-9.7	167,39	0,07515	1,320833	1,32083
9.7-9.6	74,8	0,02539	0,199413	1,52024306

1.52 % < 5 % → VÁLIDO.

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT8-7.6	82,25	0,08823	0,761976	0,76198
7.6-9.5	63,85	0,20114	1,348493	2,110472845

2.11 % < 5 % → VÁLIDO.

#### 2.1.6.2.4. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del anillo 2 del Centro de Transformación 6 utilizarán:

**AL XZ1 0.6/1 kV 3×240 + 1×150 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas utilizarán un fusible de 200 A.

#### 2.1.7. Centro de Transformación 7.

El Centro de Transformación nº 7 alimenta a las siguientes parcelas:

- Parcela 9 (viviendas colectivas con electrificación básica).
- Parcela 12 (viviendas unifamiliares con electrificación elevada).
- Parcela 14 (viviendas unifamiliares con electrificación elevada).

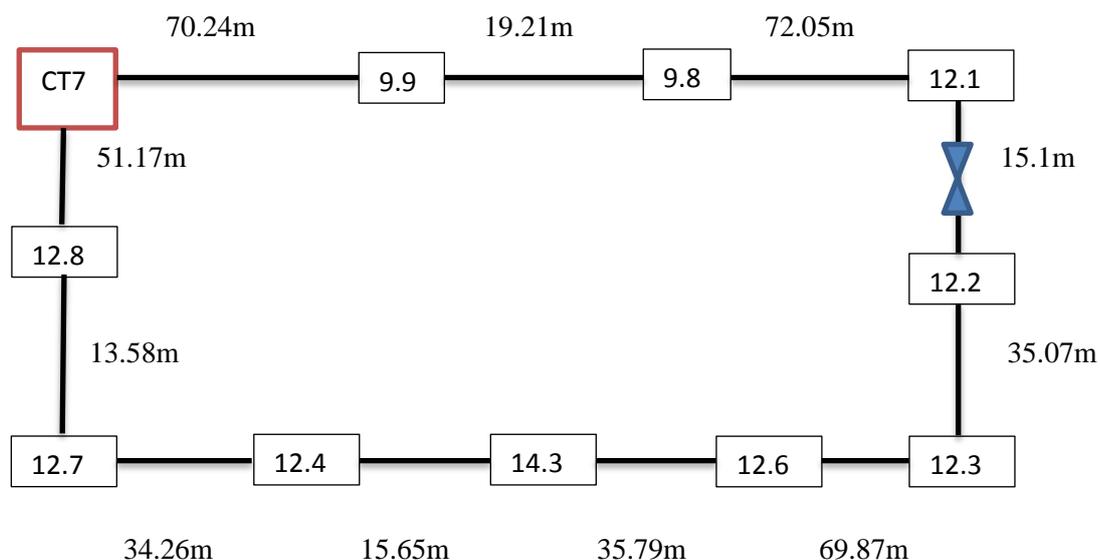
##### 2.1.7.1. Anillo 1.

##### 2.1.7.1.1. Previsión de potencia.

El anillo 1 alimenta 2 escaleras de la parcela 9, a 6 C.G.P de la parcela 12 y a 2 C.G.P de la parcela 14.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión, que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se puede observar las cargas del anillo así como su longitud:



-Cálculo del punto de mínima tensión:

Éste se calcula mediante la expresión:  $l_x = \frac{\sum l \cdot P}{P_T}$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

Las cargas de la C.G.P. de la parcela 9 son las correspondiente a 11 viviendas mas los servicios generales, el ascensor y el garaje.

La tabla siguiente muestra los valores de las cargas, así como el punto de mínima tensión.

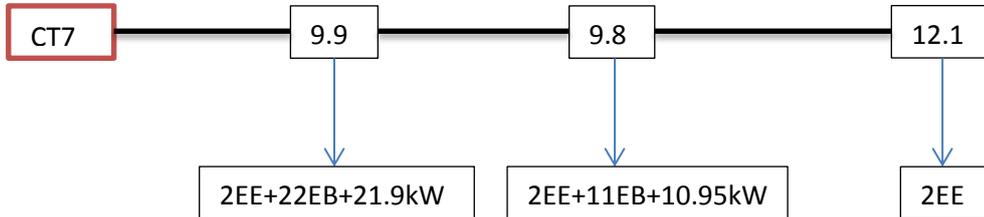
Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT7	9.9	74,2	70,24	70,24	5211,808
9.9	9.8	74,2	19,21	89,45	6637,19
9.8	12.1	18,4	72,05	161,5	2971,6
12.1	12.2	18,4	15,1	176,6	3249,44
12.2	12.3	18,4	35,07	211,67	3894,728
12.3	12.6	18,4	69,87	281,54	5180,336
12.6	14.3	9,2	35,79	317,33	2919,436
14.3	14.4	18,4	15,65	332,98	6126,832
14.4	12.7	18,4	34,26	367,24	6757,216
12.7	12.8	18,4	13,58	380,82	7007,088
12.8	CT7		51,17	431,99	
Ptotal kW		286,4			49955,674
Punto min tensión (m)	174,426236				

Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

Rama 1

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La potencia a utilizar será la correspondiente a la primera carga (9.9):

$$P = 2 \cdot 9.2 + (15.3 + (22 - 21) \cdot 0.5) \cdot 5.75 + 21.9 = 131.15 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es 
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{131.15 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85} = 222.7 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.76 \rightarrow 6$  circuitos agrupados a 400 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{222.7}{0.76} = 293.03 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.76 = 258.4 \text{ A} > 222.7 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

<b>Cable</b>	<b>In (A)</b>
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

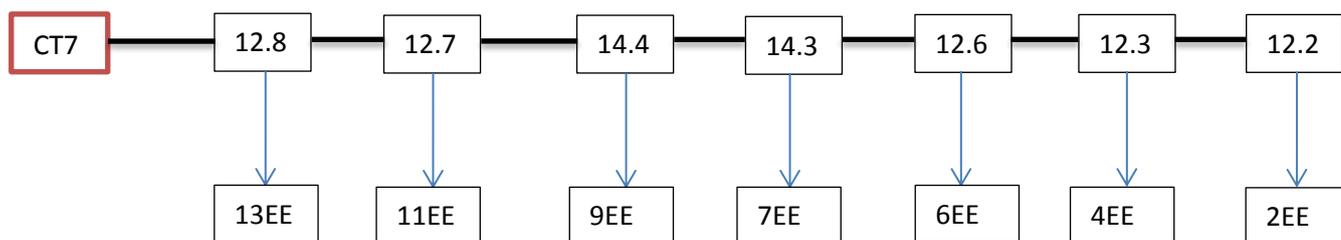
<b>Cable</b>	<b>Intensidad nominal de fusible</b>					
	<b>100</b>	<b>125</b>	<b>160</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>315</b>
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
<b>Longitudes en metros <sup>(1)</sup></b>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 250 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 260 m que es mayor que los 161.5 m que mide la rama 1.

### Rama 2

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

<b>Nº Viviendas (n)</b>	<b>Coefficiente de Simultaneidad</b>
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21)·0,5



La potencia a utilizar será la correspondiente a la primera carga (12.8):

$$P = 10.6 \cdot 9.2 = 97.52 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es 
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{97.52 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85} = 131.15 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.76 \rightarrow 6$  circuitos agrupados a 400 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{131.15}{0.76} = 217.89 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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

Escojo un valor de S = 240 mm<sup>2</sup> que admite una intensidad de 340 A.

$$340 * 0.76 = 258.4 \text{ A} > 131.15 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 250 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 260 m que es mayor que los 255.39 m que mide la rama 2.

### 2.1.7.1.2. Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5 %.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\varphi)$$

Donde:

W (kW), L (m), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia de cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT7-9.9	134,025	0,07024	0,988461	0,98846
9.9-9.8	82,25	0,01921	0,165902	1,154362363
9.8-12.1	18,4	0,07205	0,139201	1,293562963

1.293 % < 5 % → VÁLIDO.

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT7-12.8	97,52	0,05117	0,52396	0,52396
12.8-12.7	84,64	0,01358	0,120688	0,644648176
12.7-14.4	71,76	0,03426	0,258142	0,902790424
14.4-14-3	57,04	0,01565	0,093731	0,996521404
14.3-12.6	49,68	0,03579	0,186695	1,18321636
12.6-12.3	34,96	0,06987	0,256479	1,439695156
12.3-12.2	18,4	0,03507	0,067755	1,507450396

1.507 % < 5 % → VÁLIDO.

### 2.1.7.1.3. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del anillo 1 del Centro de Transformación 7 utilizarán:

**AL XZ1 0.6/1 kV 3×240 + 1×150 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas utilizarán un fusible de 250 A.

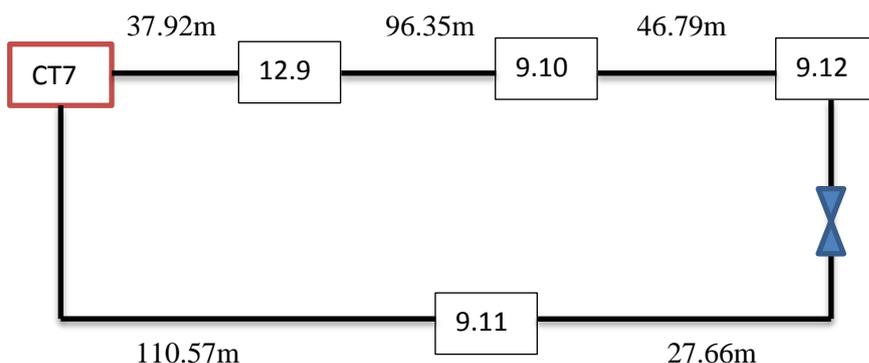
### 2.1.7.2. Anillo 2.

#### 2.1.7.2.1. Previsión de potencia.

El anillo 2 alimenta 3 escaleras de la parcela 9, a 1 C.G.P de la parcela 12.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión, que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se puede observar las cargas del anillo así como su longitud:



-Cálculo del punto de mínima tensión:

Éste se calcula mediante la expresión:  $l_x = \frac{\sum l * P}{P_T}$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

Las cargas de la C.G.P. de la parcela 9 son las correspondiente a 11 viviendas mas los servicios generales, el ascensor y el garaje.

La tabla siguiente muestra los valores de las cargas, así como el punto de mínima tensión.

Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT7	12.9	18,4	37,92	37,92	697,728
12.9	9.10	74,2	96,35	134,27	9962,834
9.10	9.12	74,2	44,79	179,06	13286,252
9.12	9.11	117,89	27,66	206,72	24370,2208
9.11	CT7		110,57	317,29	
Ptotal kW		284,69			48317,0348
Punto min tensión (m)	169,718061				

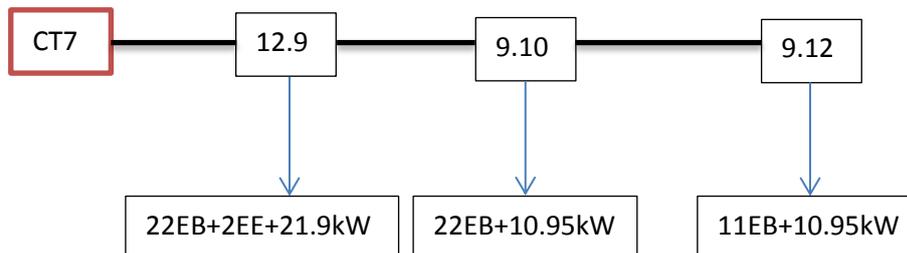
Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

### 2.1.7.2.2. Intensidad.

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Rama 1.

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La potencia a utilizar será la correspondiente a la primera carga (12.9):

$$P = (15.3+(22-21)*0.5)*5.75 + 2*9.2 + 21.9 = 131.15 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es 
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos\varphi = 0.85$$

$$I = \frac{131.15 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 222.7 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.76 \rightarrow 6$  circuitos agrupados a 400 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{222.7}{0.76} = 293.03 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.76 = 258.4 \text{ A} > 222.7 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

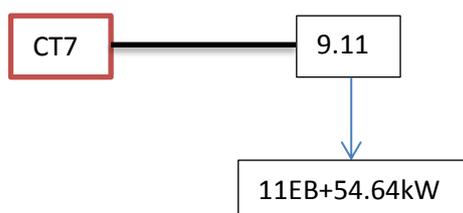
Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
<b>Longitudes en metros <sup>(1)</sup></b>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 195 m que es mayor que los 179.06 m que mide la rama 1.

### Rama 2

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La potencia es la equivalente a la única carga (9.11).

$$P = 9.2 \cdot 5.75 + 54.64 = 107.54 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos\varphi = 0.85$$

$$I = \frac{107.54 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85} = 182.61 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	—	—

Escojo el valor  $k=0.76 \rightarrow 6$  circuitos agrupados a 400 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{182.51}{0.76} = 240.27 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.76 = 258.4 \text{ A} > 182.51 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para  $240 \text{ mm}^2$  protege hasta 195 m que es mayor que los 110.57 m que mide la rama 2.

### 2.1.7.2.3. Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5 %.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\phi)$$

Donde:

W (kW), L (m), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia de cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT7-12.9	131,15	0,03792	0,522187	0,52219
12.9-9.10	112,75	0,09635	1,140664	1,662853563
9.10-9.12	63,85	0,04479	0,300283	1,96313692

1.963 % < 5 % → VÁLIDO.

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT7-9.11	107,54	0,11057	1,248523	1,24852

1.24 % < 5 % → VÁLIDO.

#### 2.1.7.2.4. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del anillo 2 del Centro de Transformación 7 utilizarán:

**AL XZ1 0.6/1 kV 3×240 + 1×150mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas con un fusible de 315 A.

### 2.1.8. Centro de Transformación 8.

El centro de Transformación nº 8 alimenta a las siguientes parcelas:

- Parcela nº 8 (viviendas colectivas con electrificación básica).
- Jardín 4.

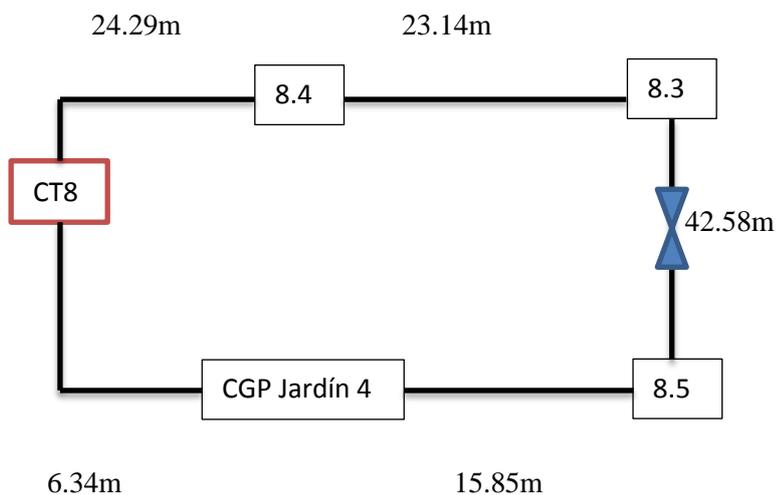
#### 2.1.8.1. Anillo 1.

##### 2.1.8.1.1. Previsión de potencia.

El anillo 1 alimenta a 3 escaleras de la parcela 8 y a la CGP del Jardín 4.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión, que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se puede observar las cargas del anillo así como su longitud.



-Cálculo del punto de mínima tensión:

Éste se calcula mediante la expresión: 
$$l_x = \frac{\sum l \cdot P}{P_T}$$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

Las cargas de la C.G.P. de la parcela 8 son las correspondiente a 11 viviendas mas los servicios generales, el ascensor y el garaje.

La tabla siguiente muestra los valores de las cargas, así como el punto de mínima tensión.

Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT8	8.4	74,2	24,29	24,29	1802,318
8.4	8.3	74,2	23,14	47,43	3519,306
8.3	8.5	120,08	42,58	90,01	10808,4008
8.5	CGP Jardín 4	4,8	15,85	105,86	508,128
CGP Jardín 4	CT8		6,34	112,2	
Ptotal kW		273,28			16638,1528
Punto min tensión (m)	60,8831704				

Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

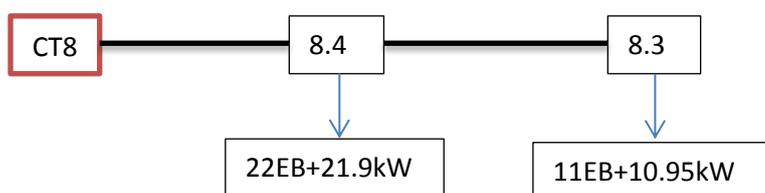
### 2.1.8.1.2. Intensidad.

#### Rama 1

Esta rama está compuesta por dos CGP de la parcela 8.

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La carga es la equivalente a la de la primera (8.4).

$$P = (15.3 + (22 - 21) * 0.5) * 5.75 + 21.9 = 112.75 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos\varphi = 0.85$$

$$I = \frac{112.75 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 191.45 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{191.45}{0.74} = 258.72 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.74 = 251.6 \text{ A} > 191.45 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

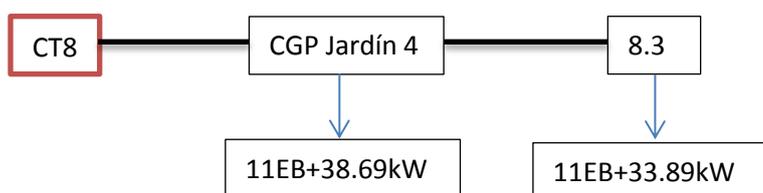
Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 195 m que es mayor que los 47.43 m que mide la rama 1.

### Rama 2

Esta rama está compuesta por una CGP de la parcela 8 y por la CGP del Jardín nº 4.

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La carga es la equivalente a la del Jardín 4.

$$P = 9.2 * 5.75 + 38.69 = 91.59 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos \varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{91.59 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 212.05 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow 4$  circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{212.05}{0.74} = 286.564 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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)

Sección mm <sup>2</sup>	Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto		
	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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.74 = 251.6 \text{ A} > 212.05 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 195 m que es mayor que los 22.19 m que mide la rama 2.

### 2.1.8.1.3. Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5 %.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\varphi)$$

Donde:

W (kW), L (m), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia de cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT8-8.4	112,75	0,02429	0,28756	0,2876
8.4-8.3	63,85	0,02314	0,15514	0,442736345

0.4427 % < 5 % → VÁLIDO

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT8-CGP Jardín 4	91,59	0,00634	0,06097	0,061
CGP Jardín 4-8.5	86,79	0,01585	0,14444	0,205440258

0.205 % < 5 % → VÁLIDO

#### 2.1.8.1.4. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del anillo 1 del Centro de Transformación 8 utilizarán:

**AL XZ1 0.6/1 kV 3×240 + 1×150 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas utilizarán un fusible de 315 A.

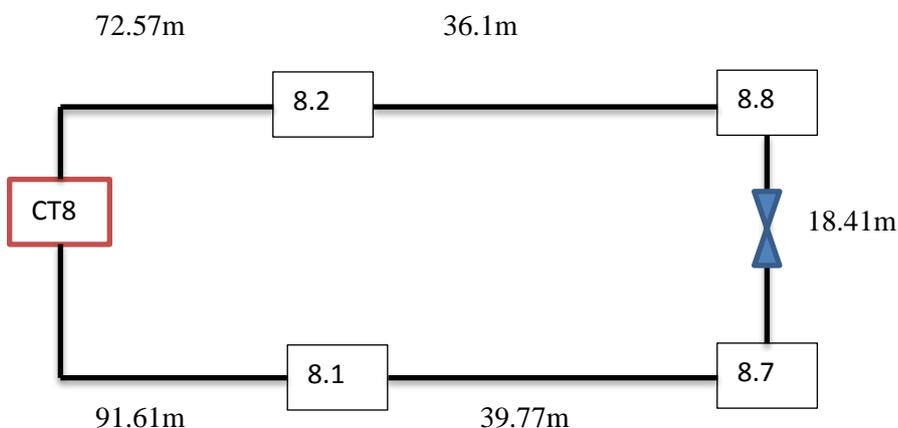
#### 2.1.8.2. Anillo 2.

##### 2.1.8.2.1. Previsión de potencia.

El anillo 2 alimenta a 4 CGP de la parcela 8.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se pueden observar las cargas del anillo así como su longitud:



-Cálculo del punto de mínima tensión:

Éste se calcula mediante la expresión:  $l_x = \frac{\Sigma l * P}{P_T}$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

Las cargas de la C.G.P. de la parcela 8 son las correspondiente a 11 viviendas mas los servicios generales y el ascensor.

La tabla siguiente muestra los valores de las cargas, así como el punto de mínima tensión.

Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT8	8.2	74,2	72,57	72,57	5384,694
8.2	8.8	74,2	36,1	108,67	8063,314
8.8	8.7	74,2	18,41	127,08	9429,336
8.7	8.1	74,2	39,77	166,85	12380,27
8.1	CT8		91,61	258,46	
Ptotal kW		296,8			35257,614
Punto min tensión (m)	118,7925				

Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

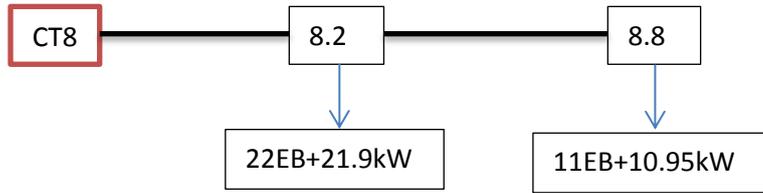
### 2.1.8.2.2. Intensidad.

#### Rama 1

Esta rama está compuesta por dos CGP de la parcela 8.

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La carga es la equivalente a la de la primera carga (8.2).

$$P = (15.3 + (22 - 21) * 0.5) * 5.75 + 21.9 = 112.75 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es 
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos\varphi = 0.85$$

$$I = \frac{112.75 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 191.45 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{191.45}{0.74} = 258.72 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.74 = 251.6 \text{ A} > 191.45 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

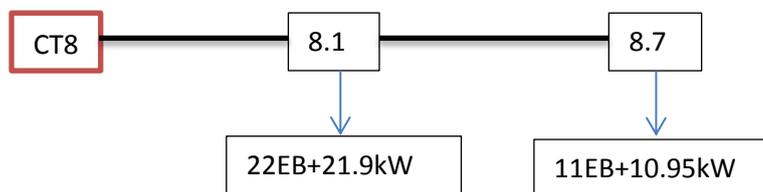
Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 195 m que es mayor que los 108.67 m que mide la rama 1.

## Rama 2

Esta rama está compuesta por dos CGP de la parcela 8.

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



$$P = (15.3+(22-21)*0.5)*5.75 + 21.9 = 112.75 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos \varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{112.75 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 191.45 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{191.45}{0.74} = 258.72 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**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)**

Sección mm <sup>2</sup>	Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto		
	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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.74 = 251.6 \text{ A} > 191.45 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 195 m que es mayor que los 131.38 m que mide la rama 2.

### 2.1.8.2.3. Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5 %.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\varphi)$$

Donde:

W (kW), L (m), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia de cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT8-8.2	112,75	0,07257	0,85914	0,8591
8.2-8.8	63,85	0,0361	0,24202	1,101123425

1.10112 % < 5 % → VÁLIDO.

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT8-8.1	112,75	0,09161	1,08455	1,0845
8.1-8.7	63,85	0,03977	0,26663	1,351128023

1.3511 % < 5 % → VÁLIDO.

#### 2.1.8.2.4. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del anillo 2 del Centro de Transformación 8 utilizarán:

**AL XZ1 0.6/1 kV 3×240 + 1×150 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas utilizarán un fusible de 315 A.

#### 2.1.9. Centro de Transformación 9.

El centro de transformación nº 9 alimenta a las siguientes parcelas:

- Parcela 4 (viviendas colectivas con electrificación básica).
- Parcela 7 (viviendas unifamiliares con electrificación elevada).

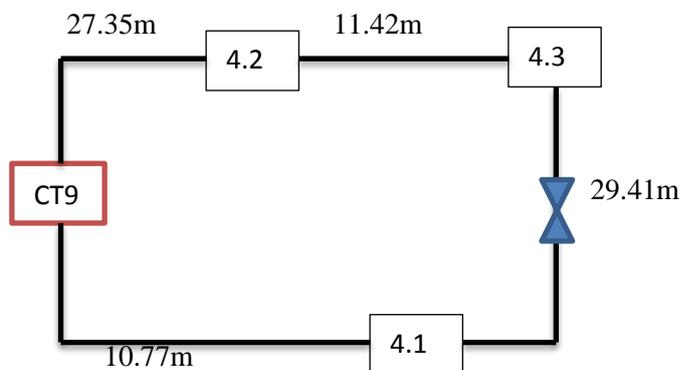
##### 2.1.9.1. Anillo 1.

##### 2.1.9.1.1. Previsión de potencia.

El anillo 1 alimenta a 3 CGP de la parcela 4.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión, que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se puede observar las cargas del anillo así como su longitud:



-Cálculo del punto de mínima tensión:

Éste se calcula mediante la expresión:  $l_x = \frac{\Sigma l * P}{P_T}$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

Las cargas de la C.G.P. de la parcela 4 son las correspondiente a 10 viviendas mas los servicios generales, el ascensor y el garaje.

La tabla siguiente muestra los valores de las cargas, así como el punto de mínima tensión.

Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT9	4.2	68,45	27,35	27,35	1872,1075
4.2	4.3	68,45	11,42	38,77	2653,8065
4.3	4.1	127,386	29,41	68,18	8685,17748
4.1	CT9		10,77	78,95	
Ptotal kW		264,286			13211,09148
Punto min tensión (m)	49,9878597				

Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

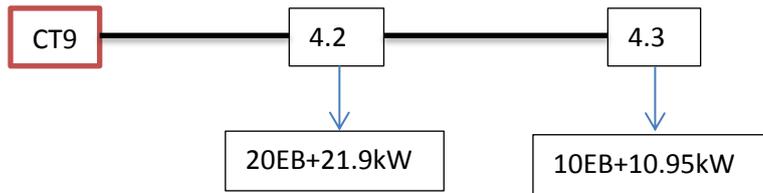
### 2.1.9.1.2. Intensidad.

#### Rama 1

Esta rama está compuesta por dos CGP de la parcela 4.

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La carga es la equivalente a la de la primera (4.2).

$$P = 14.8 * 5.75 + 21.9 = 107 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos \varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{107 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 181.69 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow 4$  circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{181.69}{0.74} = 245.53 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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) 
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.74 = 251.6 \text{ A} > 181.69 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

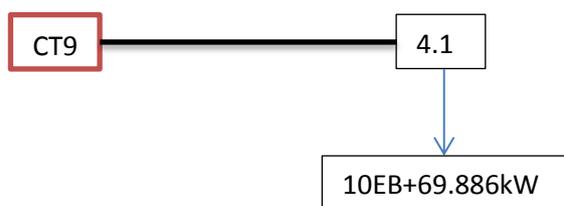
Protección contra cortocircuito:

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 (1)</b>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para  $240 \text{ mm}^2$  protege hasta 195 m que es mayor que los 38.77 m que mide la rama 1.

### Rama 2

Esta rama está formada por una CGP de la parcela 4.



La carga es la equivalente a la única que hay (4.1).

$$P = 8.5 * 5.75 + 69.886 = 118.761 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{118.761 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 201.66 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{201.66}{0.74} = 272.52 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.74 = 251.6 \text{ A} > 201.66 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para  $240 \text{ mm}^2$  protege hasta 195 m que es mayor que los 10.77 m que mide la rama 2.

### 2.1.9.1.3. Caídas de Tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5 %.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\phi)$$

Donde:

W (kW), L (m), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

Sección de fase en $\text{mm}^2$	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

La potencia de cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT9-4.2	107	0,02735	0,3073	0,3073
4.2-4.3	59,825	0,01142	0,0717	0,379036158

0.379 % < 5 % → VÁLIDO.

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT9-4.1	118,761	0,01077	0,1343	0,1343

0.1343 % < 5 % → VÁLIDO.

#### 2.1.9.1.4. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del Centro de Transformación 9 utilizarán:

**AL XZ1 0.6/1 kV 3× 240 + 1×150 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas utilizarán un fusible de 315 A.

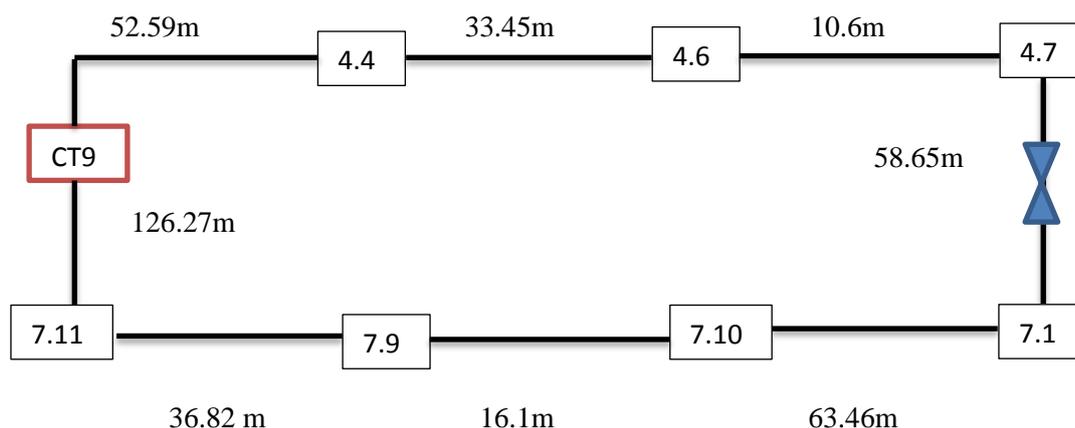
#### 2.1.9.2. Anillo 2.

##### 2.1.9.2.1. Previsión de potencia.

El anillo 2 alimenta a 4 CGP de la parcela nº 4 y a 4 C.G.P. de la parcela nº 7.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se puede observar las cargas del anillo así como su longitud:



-Cálculo del punto de mínima tensión:

Éste se calcula mediante la expresión:  $l_x = \frac{\sum l * P}{P_T}$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

Las cargas de la C.G.P. de la parcela 4 son las correspondiente a 10 viviendas mas los servicios generales y el ascensor.

La tabla siguiente muestra los valores de las cargas, así como el punto de mínima tensión.

Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT9	4.4	68,45	52,59	52,59	3599,7855
4.4	4.6	68,45	33,45	86,04	5889,438
4.6	4.7	68,45	10,6	96,64	6615,008
4.7	7.1	18,4	58,65	155,29	2857,336
7.1	7.10	18,4	63,46	218,75	4025
7.10	7.9	18,4	16,1	234,85	4321,24
7.9	7.11	18,4	36,82	271,67	4998,728
7.11	CT9		126,27	397,94	
Ptotal (kW)		278,95			32306,5355
Punto mín tensión (m)	115,814789				

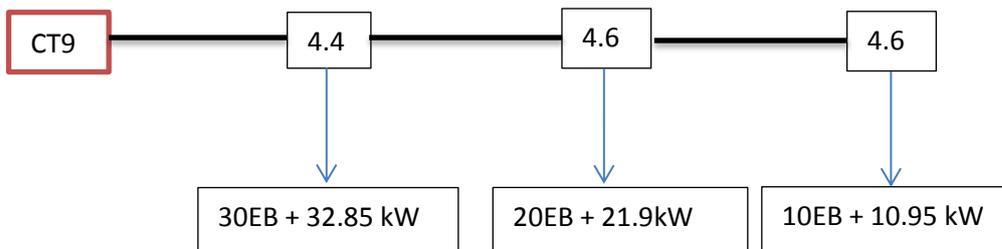
Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

### 2.1.9.2.2. Intensidad.

#### Rama 1

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al n° de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La carga es la equivalente a la de la primera (4.1).

$$P = 19.8 * 5.75 + 32.85 = 146.7 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos\varphi = 0.85$$

$$I = \frac{146.7 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 249.1 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow 4$  circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{249.1}{0.74} = 336.63 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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)

Sección mm <sup>2</sup>	Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto		
	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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.74 = 251.6 \text{ A} > 249.1 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

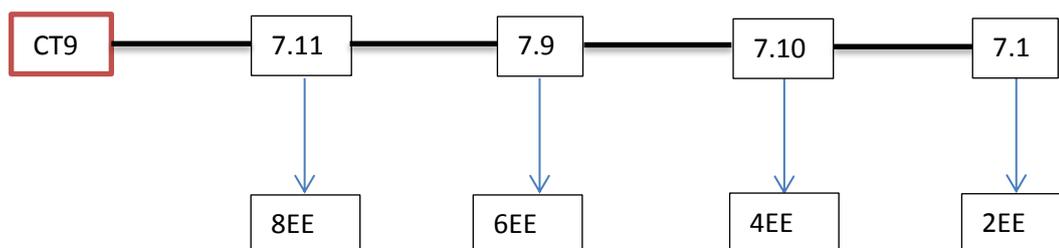
Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
<b>Longitudes en metros <sup>(1)</sup></b>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 250 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 260 m que es mayor que los 96.64 m que mide la rama 1.

### Rama 2

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al n° de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La carga es equivalente a la de la primera (7.11).

$$P = 7 \cdot 9.2 = 64.4 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{64.4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85} = 109.35 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow 4$  circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{109.35}{0.74} = 147.77 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 * 0.74 = 251.6 \text{ A} > 109.35 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 250 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 260 m que es mayor que los 242.65 m que mide la rama 2.

### 2.1.9.2.3. Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5 %.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\varphi)$$

Donde:

W (kW), L (m), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia de cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT9-4.4	146,7	0,05259	0,5908	0,5908
4.4-4.6	107	0,03345	0,2101	0,800920356
4.6-4.7	59,825	0,0106	0,0666	0,867505581

0.86 % < 5 % → VÁLIDO.

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT9-7.11	64,4	0,12627	0,8538	0,8538
7.11-7.9	49,68	0,03682	0,1921	1,045867848
7.9-7.10	34,96	0,0161	0,0591	1,104967728
7.10-7.1	18,4	0,06346	0,1226	1,227572448

1.227 % < 5 % → VÁLIDO.

#### 2.1.9.2.4. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del anillo 2 del Centro de Transformación 9 utilizarán:

**AL XZ1 0.6/1 kV 3×240 + 1×150 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas utilizarán un fusible de 250 A.

### 2.1.10. Centro de Transformación 10.

El Centro de Transformación nº 10 alimenta a las siguientes parcelas:

- Parcela 5 (viviendas colectivas con electrificación básica).

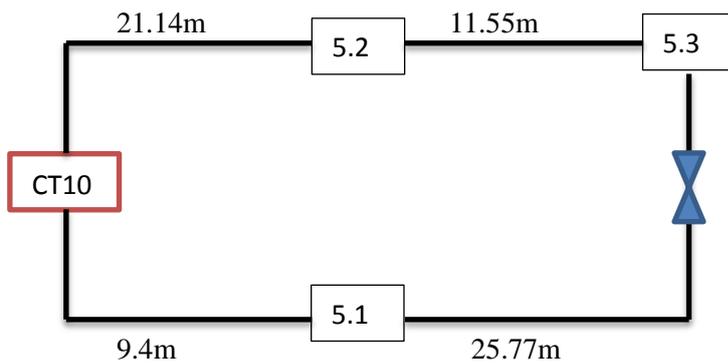
#### 2.1.10.1. Anillo 1.

##### 2.1.10.1.1. Previsión de potencia.

El anillo 1 alimenta a 3 CGP de la parcela 5.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión, que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se puede observar las cargas del anillo así como su longitud:



-Cálculo del punto de mínima tensión:

Éste se calcula mediante la expresión: 
$$l_x = \frac{\sum l * P}{P_T}$$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

Las cargas de la C.G.P. de la parcela 5 son las correspondiente a 10 viviendas mas los servicios generales, el ascensor y el garaje.

La tabla siguiente muestra los valores de las cargas, así como el punto de mínima tensión.

Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT10	5.2	68,45	21,14	21,14	1447,033
5.2	5.3	68,45	11,55	32,69	2237,6305
5.3	5.1	128,1126	25,77	58,46	7489,462596
5.1	CT10		9,4	67,86	
Ptotal (kW)		265,0126			11174,1261
Punto de min tensión (m)	42,1645088				

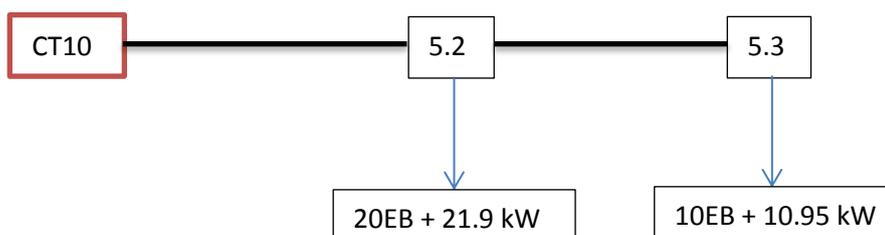
Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

### 2.1.10.1.2. Intensidad.

#### Rama 1

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La carga es equivalente a la de la primera (5.2).

$$P = 14.8 * 5.75 + 21.9 = 107 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{107 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 181.69 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{181.69}{0.74} = 245.53 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.74 = 251.6 \text{ A} > 181.69 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

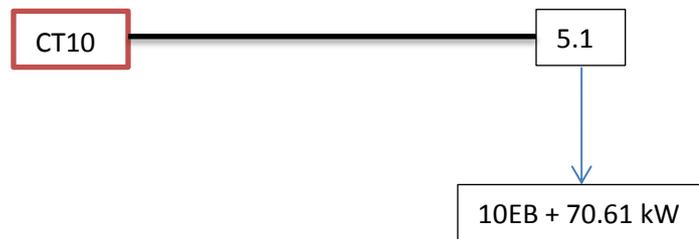
Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
<b>Longitudes en metros <sup>(1)</sup></b>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 195 m que es mayor que los 32.69 m que mide la rama 1.

## Rama 2

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La carga es equivalente a la única que hay (5.1).

$$P = 8.5 * 5.75 + 70.61 = 119.485 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos\varphi = 0.85$$

$$I = \frac{119.485 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 202.89 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow 4$  circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{202.89}{0.74} = 274.18 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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)

Sección mm <sup>2</sup>	Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto		
	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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.74 = 251.6 \text{ A} > 202.89 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 195 m que es mayor que los 9.2 m que mide la rama 2.

### 2.1.10.1.3. Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5 %.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\varphi)$$

Donde:

W (kW), L (m), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia de cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT10-5.2	107	0,02114	0,2375079	0,237508
5.2-5.3	59,825	0,01155	0,0725528	0,310060769

0.31 % < 5 % → VÁLIDO.

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT10-5.1	119,485	0,0094	0,1179317	0,117932

0.1179 % < 5 % → VÁLIDO.

#### 2.1.10.1.4. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del anillo 1 del Centro de Transformación 10 utilizarán:

**AL XZ1 0.6/1 kV 3×240 + 1×150 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas con un fusible de 315 A.

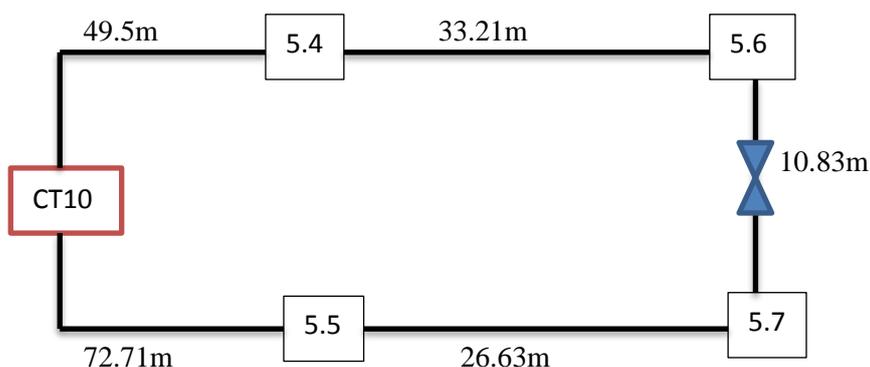
#### 2.1.10.2. Anillo 2.

##### 2.1.10.2.1. Previsión de potencia.

El anillo 2 alimenta a 4 CGP de la parcela 5.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión, que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se puede observar las cargas del anillo así como su longitud.



-Cálculo del punto de mínima tensión:

Éste se calcula mediante la expresión: 
$$l_x = \frac{\sum l * P}{P_T}$$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

Las cargas de la C.G.P. de la parcela 5 son las correspondiente a 10 viviendas mas los servicios generales y el ascensor.

La tabla siguiente muestra los valores de las cargas, así como el punto de mínima tensión.

Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT10	5.4	68,45	49,5	49,5	3388,275
5.4	5.6	68,45	33,21	82,71	5661,4995
5.6	5.7	68,45	10,83	93,54	6402,813
5.7	5.5	68,45	26,63	120,17	8225,6365
5.5	CT10		72,71	192,88	
Ptotal (kW)		273,8			23678,224
Punto min tensión (m)	86,48				

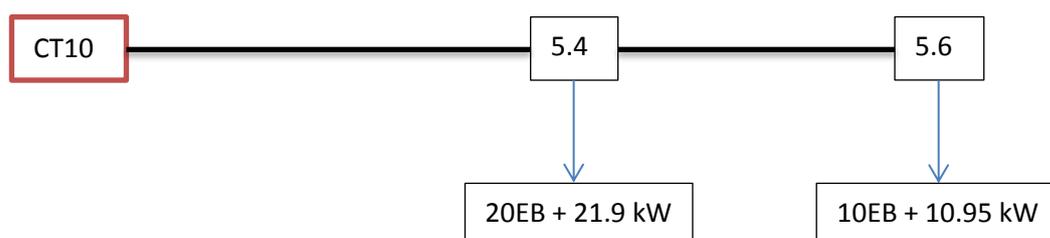
Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

### 2.1.10.2.2. Intensidad.

#### Rama 1

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La carga es equivalente a la de la primera (5.4).

$$P = 14.8 \cdot 5.75 + 21.9 = 107 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es 
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{107 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85} = 181.69 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{181.69}{0.74} = 245.53 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.74 = 251.6 \text{ A} > 181.69 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

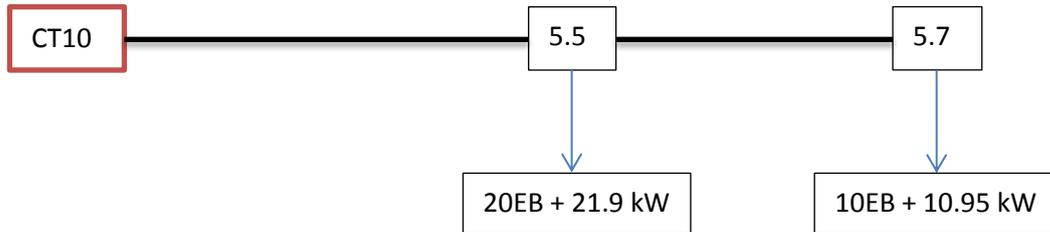
Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
<b>Longitudes en metros <sup>(1)</sup></b>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para  $240 \text{ mm}^2$  protege hasta 195 m que es mayor que los 82.71 m que mide la rama 1.

## Rama 2

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21)·0,5



La carga es equivalente a la de la primera (5.1).

$$P = 14.8 \cdot 5.75 + 21.9 = 107 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es 
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{107 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85} = 181.69 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{181.69}{0.74} = 245.53 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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

Escojo un valor de S = 240 mm<sup>2</sup> que admite una intensidad de 340 A.

$$340 * 0.74 = 251.6 \text{ A} > 181.69 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 195 m que es mayor que los 99.34 m que mide la rama 1.

### 2.1.10.2.3. Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5 %.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\varphi)$$

Donde:

W (kW), L (m), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia de cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT10-5.4	107	0,0495	0,5561325	0,556133
5.4-5.6	59,825	0,03321	0,2086128	0,764745766

0.764 % < 5 % → VÁLIDO.

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT10-5.5	107	0,07271	0,8168969	0,816897
5.5-5.7	59,825	0,02663	0,1672797	0,984176674

0.984 % < 5 % → VÁLIDO.

#### 2.1.10.2.4. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del anillo 2 del Centro de Transformación 10 utilizarán:

**AL XZ1 0.6/1 kV 3×240 + 1×150 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas utilizaran un fusible de 315 A.

### 2.1.11. Centro de Transformación 11.

El Centro de Transformación nº 11 alimenta a las siguientes parcelas:

- Parcela 10 (viviendas unifamiliares con electrificación elevada).
- Parcela 12 (viviendas unifamiliares con electrificación elevada).
- Parcela 9 (viviendas colectivas con electrificación básica).

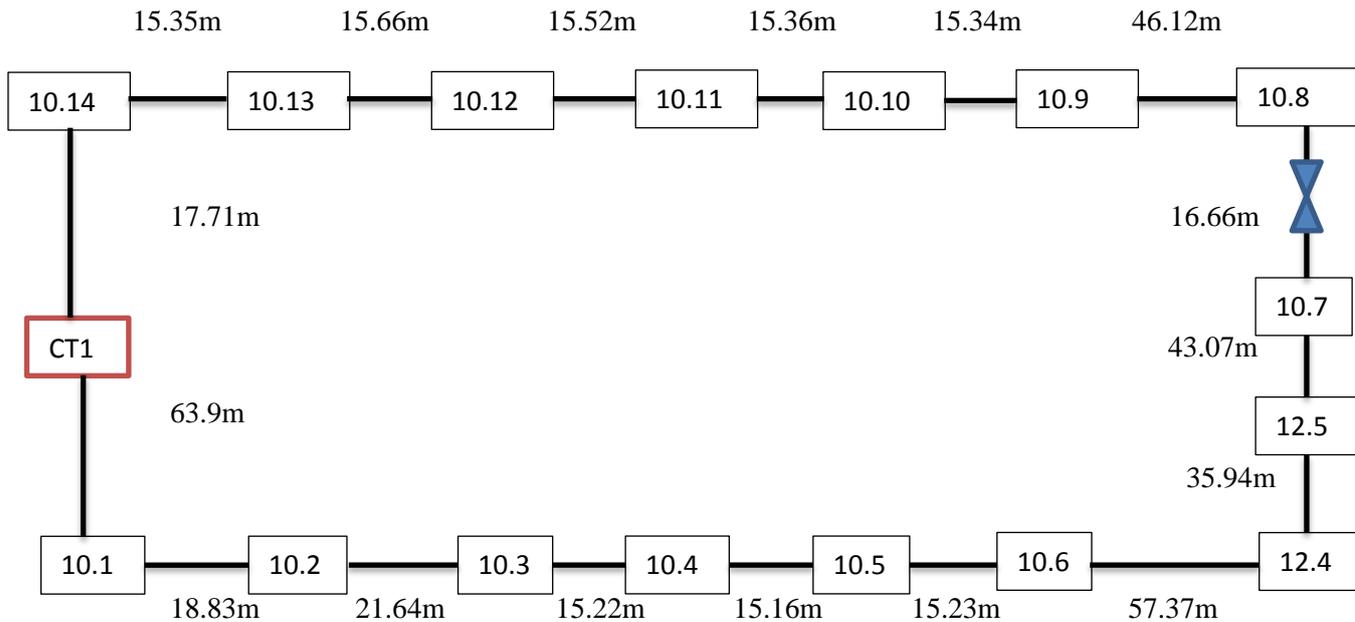
#### 2.1.11.1. Anillo 1.

##### 2.1.11.1.1. Previsión de potencia.

El anillo 1 alimenta a la parcela 10 y a dos CGP de la parcela 12.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se puede observar las cargas del anillo así como su longitud.



-Cálculo del punto de mínima tensión:

Éste se calcula mediante la expresión: 
$$l_x = \frac{\sum l \cdot P}{P_T}$$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

Las cargas de la C.G.P. de la parcela 10 son las correspondientes a 2 viviendas unifamiliares, a excepción de una de ellas que es solo una.

La tabla siguiente muestra los valores de las cargas, así como el punto de mínima tensión.

Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT11	10.14	18,4	17,71	17,71	325,864
10.14	10.13	18,4	15,35	33,06	608,304
10.13	10.12	18,4	15,66	48,72	896,448
10.12	10.11	18,4	15,52	64,24	1182,016
10.11	10.10	18,4	15,36	79,6	1464,64
10.10	10.9	18,4	15,34	94,94	1746,896
10.9	10.8	18,4	46,12	141,06	2595,504
10.8	10.7	18,4	16,66	157,72	2902,048
10.7	12.5	18,4	43,07	200,79	3694,536
12.5	12.4	18,4	35,94	236,73	4355,832
12.4	10.6	18,4	57,37	294,1	5411,44
10.6	10.5	18,4	15,23	309,33	5691,672
10.5	10.4	18,4	15,16	324,49	5970,616
10.4	10.3	18,4	15,22	339,71	6250,664
10.3	10.2	18,4	21,64	361,35	6648,84
10.2	10.1	9,2	18,83	380,18	3497,656
10.1	CT11		63,9	444,08	
Ptotal kW		285,2			53242,976
Punto min tensión (m)	186,686452				

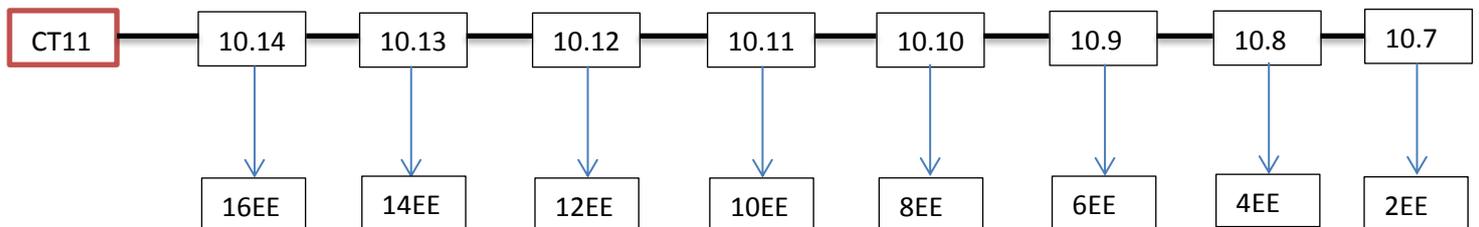
Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

#### 2.1.11.1.2. Intensidad.

Esta rama alimenta 8 CGP de la parcela 10.

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21),0,5



La carga equivalente es la correspondiente a la de la primera (10.14).

$$P = 12.5 * 9.2 = 115 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos\varphi = 0.85$$

$$I = \frac{115 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 195.28 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow 4$  circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{195.28}{0.74} = 263.89 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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)

Sección mm <sup>2</sup>	Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto		
	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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.74 = 251.6 \text{ A} > 195.28 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

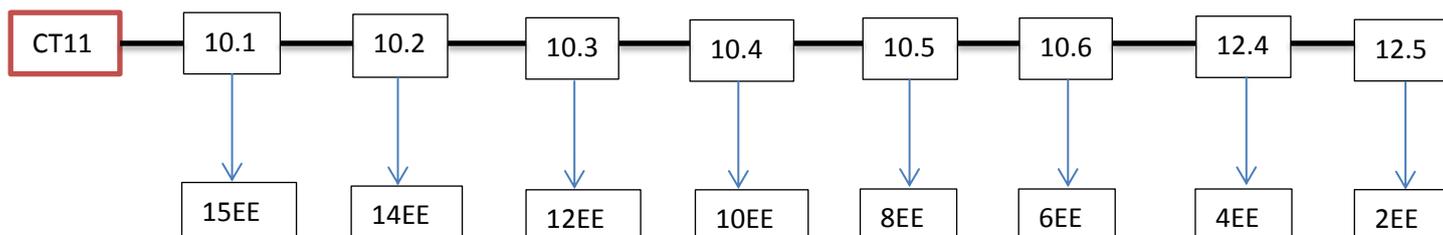
Según estas tablas, utilizamos un fusible de 250 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 260 m que es mayor que los 157.72m que mide la rama 1.

### Rama 2

Esta rama alimenta 6 CGP de la parcela 10 y a 2 CGP de la parcela 12.

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21)·0,5



La carga es la equivalente a la de la primera carga (10.1).

$$P = 11.9 \cdot 9.2 = 109.48 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{109.48 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85} = 185.9 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	–	–

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow 4$  circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{185.9}{0.74} = 251.22 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.74 = 251.6 \text{ A} > 185.9 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 250 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 260 m que es mayor que los 243.29m que mide la rama 2.

### 2.1.11.1.3. Caídas de Tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5 %.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\varphi)$$

Donde:

W (kW), L (m), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia de cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT11-10.14	115	0,01771	0,2138483	0,213848
10.14-10.13	103,96	0,01535	0,1675575	0,38140553
10.13-10.12	91,08	0,01566	0,1497628	0,531168374
10.12-10.11	78,2	0,01552	0,1274347	0,658603094
10.11-10.10	64,4	0,01536	0,1038643	0,762467414
10.10-10.9	49,68	0,01534	0,0800196	0,84248699
10.9-10.8	34,96	0,04612	0,1692973	1,011784286
10.8-10.7	18,4	0,01666	0,0321871	1,043971406

1.0439 % < 5 % → VÁLIDO

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT11-10.1	109,48	0,0639	0,7345561	0,734556
10.1-10.2	103,96	0,0186	0,2030339	0,93758988
10.2-10.3	91,08	0,02164	0,206952	1,144541856
10.3-10.4	78,2	0,01522	0,1249714	1,269513276
10.4-10.5	64,4	0,01516	0,1025119	1,372025196
10.5-10.6	49,68	0,01523	0,0794458	1,451470968
10.6-12.4	34,96	0,05737	0,2105938	1,662064764
12.4-12.5	18,4	0,03594	0,0694361	1,731500844

1.7315 % < 5 % → VÁLIDO

#### 2.1.11.1.4. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del anillo 1 del centro de transformación 11 utilizarán:

**AL XZ1 0.6/1 kV 3×240 + 1×150 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas utilizarán un fusible de 250 A.

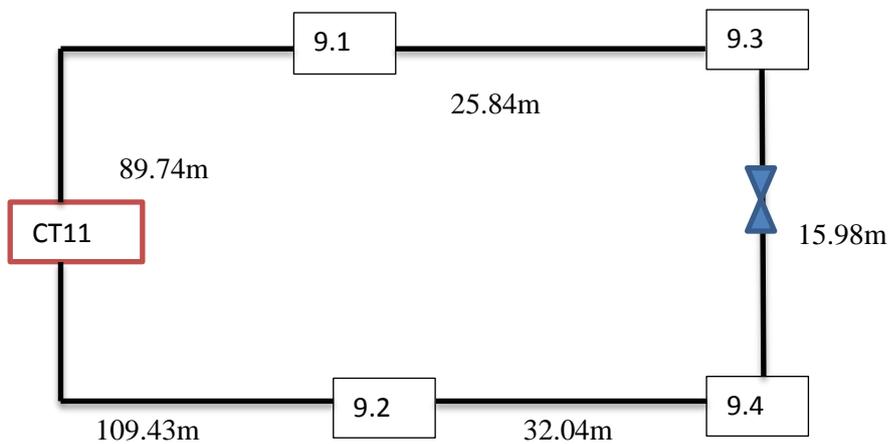
#### 2.1.11.2. Anillo 2.

##### 2.1.11.2.1. Previsión de potencia.

El anillo 2 alimenta a 4 escaleras de la parcela 9.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión que se muestran a continuación.

En la siguiente gráfica se puede observar las cargas del anillo así como su longitud:



-Cálculo del punto de mínima tensión:

Éste se calcula mediante la expresión: 
$$l_x = \frac{\sum l \cdot P}{P_T}$$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

Las cargas de la C.G.P. de la parcela 9 son las correspondientes a los servicios generales y al ascensor.

La tabla siguiente muestra los valores de las cargas, así como el punto de mínima tensión.

Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT11	9.1	74,2	89,74	89,74	6658,708
9.1	9.3	74,2	25,84	115,58	8576,036
9.3	9.4	74,2	15,98	131,56	9761,752
9.4	9.2	74,2	32,04	163,6	12139,12
9.2	CT11		109,43	273,03	
Ptotal kW		296,8			37135,616
Punto min tensión (m)	125,12				

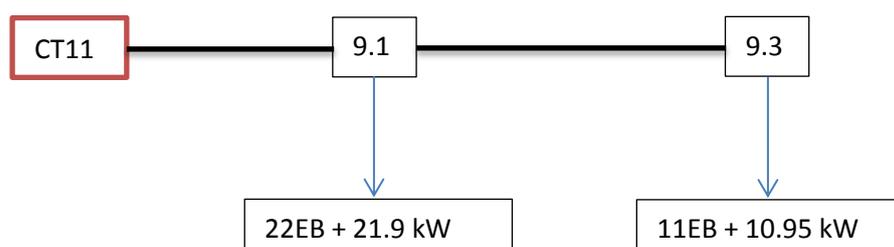
Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

### 2.1.11.2.2. Intensidad.

#### Rama 1

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La carga es la equivalente a la de la priemra (9.1).

$$P = (15.3 + (22 - 21) * 0.5) * 5.75 + 21.9 = 112.75 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos\varphi = 0.85$$

$$I = \frac{112.75 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 191.45 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{191.45}{0.74} = 258.72 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.74 = 251.6 \text{ A} > 191.45 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

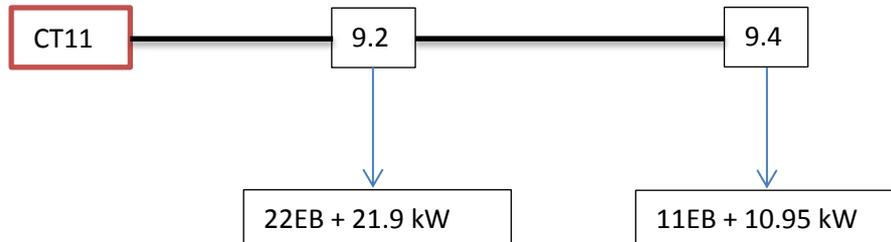
Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
<b>Longitudes en metros <sup>(1)</sup></b>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 195 m que es mayor que los 115.58 m que mide la rama 1.

## Rama 2

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La carga es la equivalente a la de la primera (9.2).

$$P = (15.3+(22-21)*0.5)*5.75 + 21.9 = 112.75 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos\varphi = 0.85$$

$$I = \frac{112.75 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 191.45 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow 4$  circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{191.45}{0.74} = 258.72 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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)

Sección mm <sup>2</sup>	Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto		
	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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.74 = 251.6 \text{ A} > 191.45 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 195 m que es mayor que los 141.47 m que mide la rama 2.

### 2.1.11.2.3. Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5 %.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\varphi)$$

Donde:

W (kW), L (m), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia de cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT11-9.1	112,75	0,08974	1,0624094	1,062409
9.1-9.3	63,85	0,02584	0,1732378	1,23564682

1.235 % < 5 % → VÁLIDO.

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT11-9.2	112,75	0,10943	1,2955144	1,295514
9.2-9.4	63,85	0,03204	0,2148042	1,51031817

1.1.51 % < 5 % → VÁLIDO.

#### 2.1.11.2.4. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del anillo 2 del Centro de Transformación 11 utilizarán:

**AL XZ1 0.6/1 kV 3×240 + 1×150 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas utilizarán un fusible de 315 A.

### 2.1.12. Centro de Transformación 12.

El Centro de Transformación nº 12 alimenta a las siguientes parcelas.

- Parcela 2 (viviendas unifamiliares con electrificación elevada).
- Parcela 6 (viviendas unifamiliares con electrificación elevada).

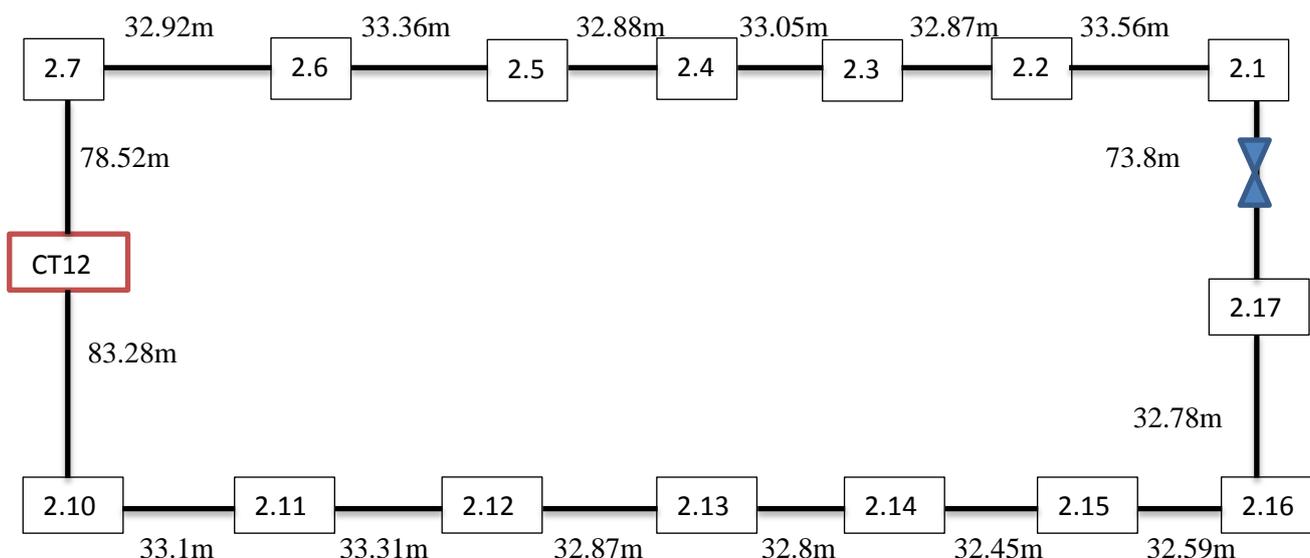
#### 2.1.12.1. Anillo 1.

##### 2.1.12.1.1. Previsión de potencia.

El anillo 1 alimenta a la parcela 2.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se puede observar las cargas del anillo así como su longitud:



-Cálculo del punto de mínima tensión:

Éste se calcula mediante la expresión: 
$$l_x = \frac{\sum l \cdot P}{P_T}$$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

Las cargas de la C.G.P. de la parcela 2 son las correspondientes a dos viviendas.

La tabla siguiente muestra los valores de las cargas, así como el punto de mínima tensión.

Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT2	2.7	18,4	78,56	78,56	1445,504
2.7	2.6	18,4	32,92	111,48	2051,232
2.6	2.5	18,4	33,36	144,84	2665,056
2.5	2.4	18,4	32,88	177,72	3270,048
2.4	2.3	18,4	33,05	210,77	3878,168
2.3	2.2	18,4	32,87	243,64	4482,976
2.2	2.1	18,4	33,56	277,2	5100,48
2.1	2.17	18,4	73,8	351	6458,4
2.17	2.16	18,4	32,78	383,78	7061,552
2.16	2.15	18,4	32,59	416,37	7661,208
2.15	2.14	18,4	32,45	448,82	8258,288
2.14	2.13	18,4	32,8	481,62	8861,808
2.13	2.12	18,4	32,87	514,49	9466,616
2.12	2.11	18,4	33,31	547,8	10079,52
2.11	2.10	18,4	33,1	580,9	10688,56
2.10	CT2		83,28	664,18	
Ptotal kW		276			91429,416
Punto min tensión (m)	331,266				

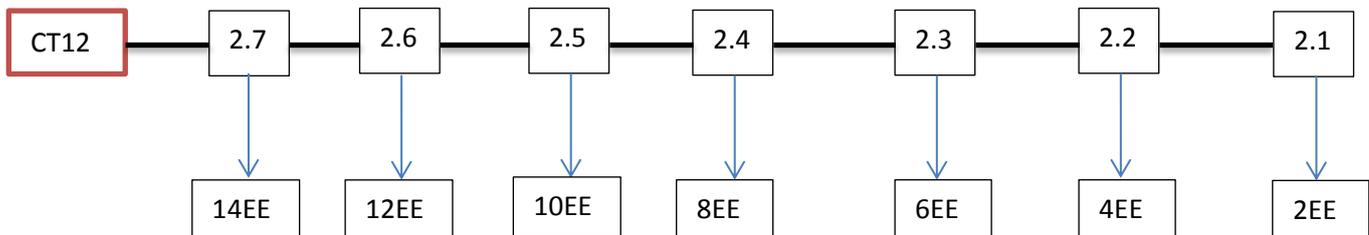
Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

### 2.1.12.1.2. Intensidad.

#### Rama 1

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La carga es la equivalente a la de la primera (2.7).

$$P = 11.3 * 9.2 = 103.96 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es 
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos \varphi}$$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{103.96 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 176.53 A$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{176.53}{0.74} = 238.56 A$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 * 0.74 = 251.6 A > 176.53 A \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

<b>Cable</b>	<b>In (A)</b>
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

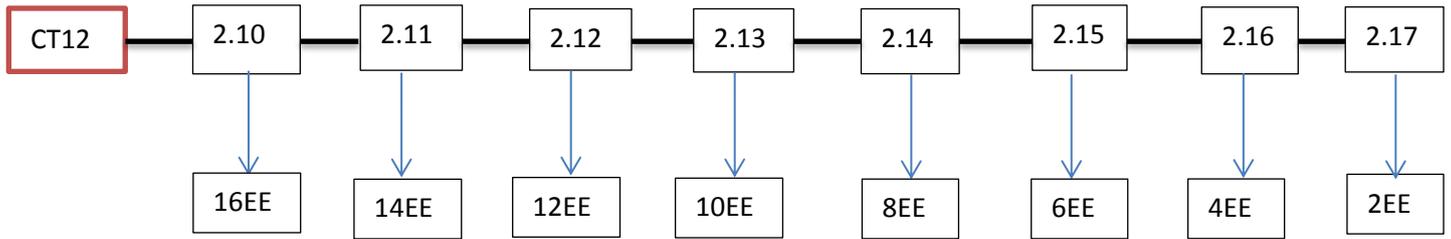
<b>Cable</b>	<b>Intensidad nominal de fusible</b>					
	<b>100</b>	<b>125</b>	<b>160</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>315</b>
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
<b>Longitudes en metros <sup>(1)</sup></b>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 200 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 345 m que es mayor que los 277.2 m que mide la rama 1.

### Rama 2

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

<b>Nº Viviendas (n)</b>	<b>Coefficiente de Simultaneidad</b>
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La carga es la equivalente a la de la primera (2.10).

$$P = 12.5 * 9.2 = 115 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{115 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 195.28 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{195.28}{0.74} = 263.89 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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) 
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 * 0.74 = 251.6 \text{ A} > 195.28 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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 (1)</b>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 200 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 345 m que es mayor que los 313.18 m que mide la rama 2.

### 2.1.12.1.3. Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5 %.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\varphi)$$

Donde:

W (kW), L (m), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia de cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT12-2.7	103,96	0,07856	0,85755	0,8575
2.7-2.6	91,08	0,03292	0,31483	1,172327128
2.6-2.5	78,2	0,03336	0,27392	1,446246088
2.5-2.4	64,4	0,03288	0,22233	1,668580648
2.4-2.3	49,68	0,03305	0,1724	1,840982668
2.3-2.2	34,96	0,03287	0,12066	1,961641864
2.2-2.1	18,4	0,03356	0,06484	2,026479784

2.026 % < 5 % → VÁLIDO.

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT12-2.10	115	0,08328	1,00561	1,0056
2.10-2.11	103,96	0,0331	0,36131	1,36691298
2.11-2.12	91,08	0,03331	0,31856	1,685469834
2.12-2.13	78,2	0,03287	0,2699	1,955365404
2.13-2.14	64,4	0,0328	0,22179	2,177159004
2.14-2.15	49,68	0,03245	0,16927	2,346431184
2.15-2.16	34,96	0,03259	0,11963	2,466062556
2.16-2.17	18,4	0,03778	0,07299	2,539053516

2.539 % < 5 % → VÁLIDO.

#### 2.1.12.1.4. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del anillo 1 del Centro de Transformación 12 utilizarán:

**AL XZ1 0.6/1 kV 3×240 + 1×150 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas utilizarán un fusible de 200 A.

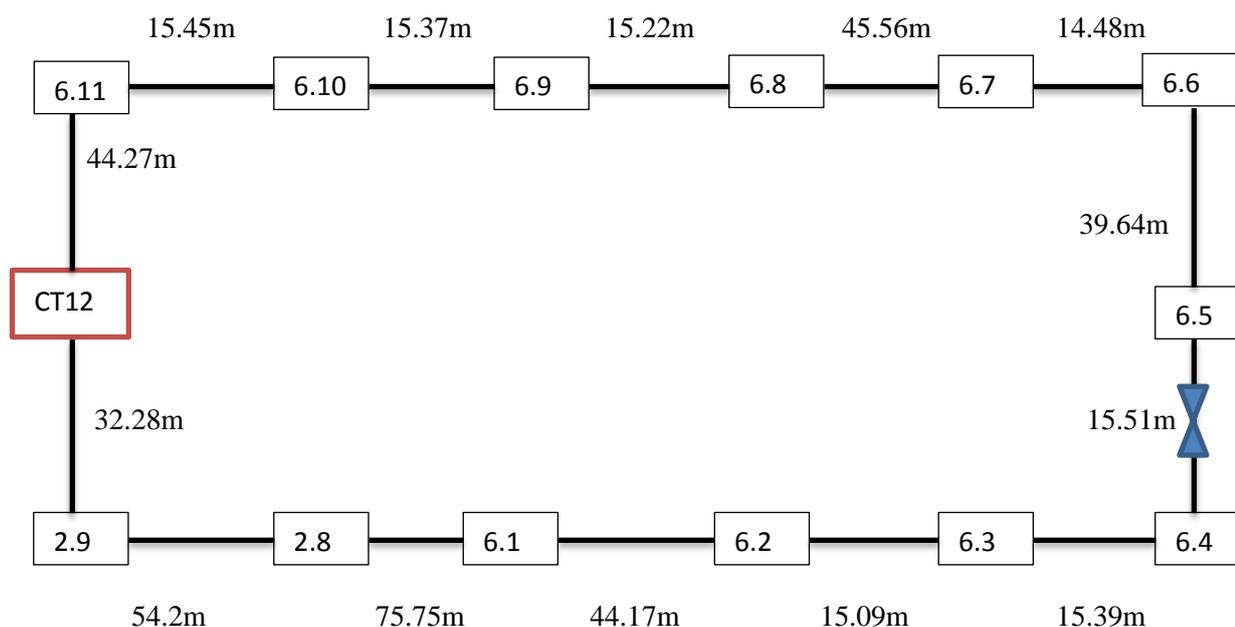
#### 2.1.12.2. Anillo 2.

##### 2.1.12.2.1. Previsión de potencia.

El anillo 2 del centro de transformación 12 alimenta a dos CGP de la parcela 2 y a la parcela 6.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión, que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se puede observar las cargas del anillo así como su longitud:



-Cálculo del punto de mínima tensión:

Éste se calcula mediante la expresión: 
$$l_x = \frac{\sum l * P}{P_T}$$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

Las cargas de la C.G.P. de la parcela 2 y 6 son las correspondientes a dos viviendas, a excepción de una CGP de la parcela 6 que corresponde a una sola vivienda.

La tabla siguiente muestra los valores de las cargas, así como el punto de mínima tensión.

Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT2	6.11	18,4	44,27	44,27	814,568
6.11	6.10	18,4	15,45	59,72	1098,848
6.10	6.9	18,4	15,37	75,09	1381,656
6.9	6.8	18,4	15,22	90,31	1661,704
6.8	6.7	18,4	45,56	135,87	2500,008
6.7	6.6	9,2	14,48	150,35	1383,22
6.6	6.5	18,4	39,64	189,99	3495,816
6.5	6.4	18,4	15,51	205,5	3781,2
6.4	6.3	18,4	15,39	220,89	4064,376
6.3	6.2	18,4	15,09	235,98	4342,032
6.2	6.1	18,4	44,17	280,15	5154,76
6.1	2.8	18,4	75,75	355,9	6548,56
2.8	2.9	18,4	54,2	410,1	7545,84
2.9	CT2		32,28	442,38	
Ptotal kW		230			43772,588
Punto min tensión (m)	190,3156				

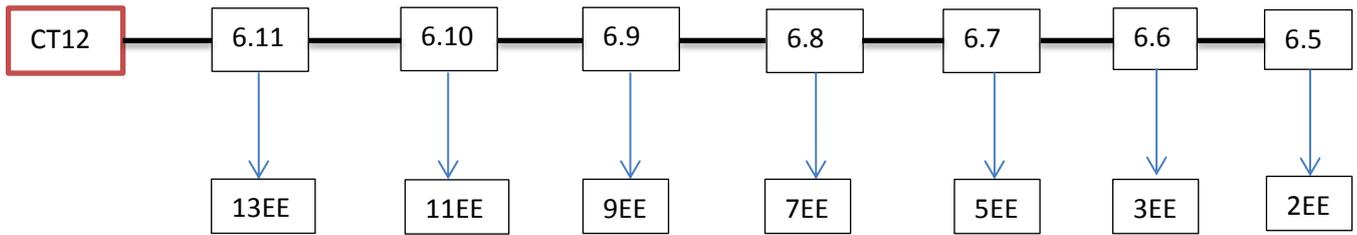
Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

#### 2.1.12.2.2. Intensidad.

##### Rama 1

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La carga es la equivalente a la de la primera (6.11).

$$P = 10.6 * 9.2 = 97.52 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{97.52 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 165.59 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{165.59}{0.74} = 223.78 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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

Escojo un valor de  $S = 150 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 260 A.

$$260 \cdot 0.74 = 192.4 \text{ A} > 165.59 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

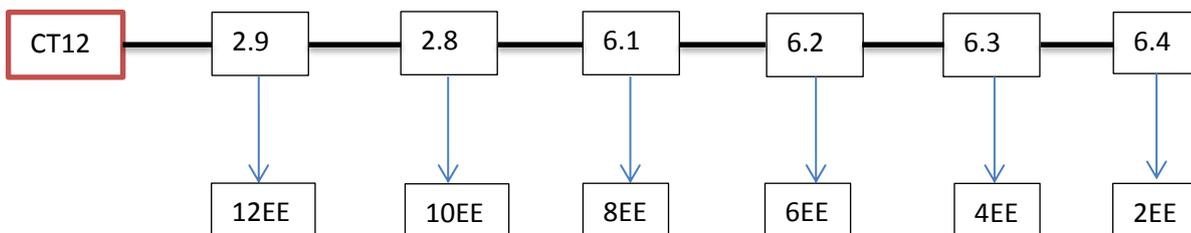
Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
<b>Longitudes en metros <sup>(1)</sup></b>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 160 A de intensidad nominal, ya que para 150 mm<sup>2</sup> protege hasta 285 m que es mayor que los 189.99 m que mide la rama 1.

## Rama 2

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La carga es la equivalente a la de la primera (2.9).

$$P = 9.9 \cdot 9.2 = 91.08 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{91.08 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85} = 154.66 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{154.66}{0.74} = 209.002 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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)

Sección mm <sup>2</sup>	Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto		
	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

Escojo un valor de  $S = 150 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 260 A.

$$260 \cdot 0.74 = 192.4 \text{ A} > 154.66 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 160 A de intensidad nominal, ya que para 150 mm<sup>2</sup> protege hasta 285 m que es mayor que los 252.39 m que mide la rama 2.

### 2.1.12.2.3. Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5 %.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\varphi)$$

Donde:

W (kW), L (m), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia de cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT12-6.11	97,52	0,04427	0,6778	0,6778
6.11-6.10	84,64	0,01545	0,20531	0,883107016
6.10-6.9	71,76	0,01537	0,17316	1,056270354
6.9-6.8	57,04	0,01522	0,1363	1,192569716
6.8-6.7	42,32	0,04556	0,30271	1,49528129
6.7-6.6	27,6	0,01448	0,06274	1,558026026
6.6-6.5	18,4	0,03964	0,11451	1,672538058

1.672 % < 5 % → VÁLIDO.

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT12-2.9	91,08	0,03228	0,46159	0,4616
2.9-2.8	78,2	0,0542	0,66544	1,12703508
2.8-6.1	64,4	0,07575	0,76589	1,89292818
6.1-6.2	49,68	0,04417	0,34452	2,237443579
6.2-6.3	34,96	0,01509	0,08282	2,320268364
6.3-6.4	18,4	0,01539	0,04446	2,364726996

2.364 % < 5 % → VÁLIDO.

#### 2.1.12.2.4. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del anillo 2 del Centro de Transformación 12 utilizarán:

**AL XZ1 0.6/1 kV 3×150 + 1×95 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas utilizarán un fusible de 160 A.

### 2.1.13. Centro de Transformación 13.

El Centro de Transformación nº 13 alimenta a las siguientes parcelas:

- Parcela 5 (viviendas colectivas con electrificación básica).
- Jardín 5.

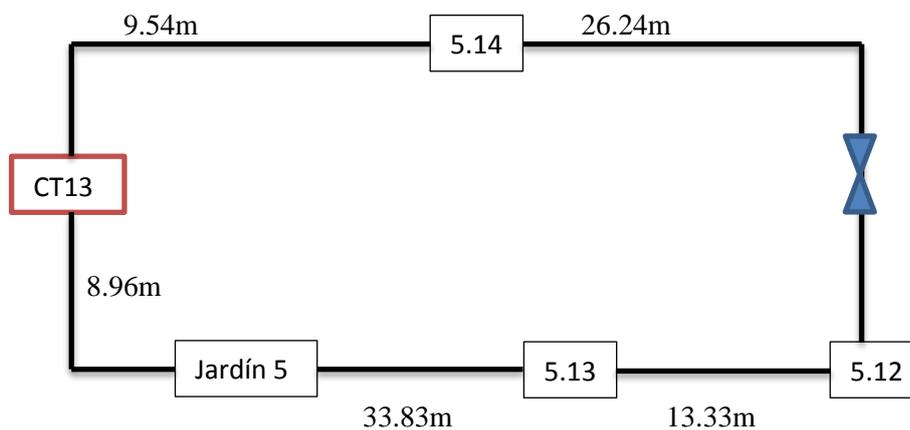
#### 2.1.13.1. Anillo 1.

##### 2.1.13.1.1. Previsión de potencia.

El anillo 1 alimenta a 3 escaleras de la parcela 5 y al jardín 5.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión, que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se puede observar las cargas del anillo así como su longitud.



-Cálculo del punto de mínima tensión:

Éste se calcula mediante la expresión: 
$$l_x = \frac{\sum l \cdot P}{P_T}$$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

Las cargas de la C.G.P. de la parcela 5 son las correspondientes a la carga de 10 viviendas, de los servicios generales, el ascensor y a la CGP 5.14 también le corresponde la carga del garaje.

La tabla siguiente muestra los valores de las cargas, así como el punto de mínima tensión.

Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT13	5.14	128,1126	9,54	9,54	1222,194204
5.14	5.12	68,45	26,24	35,78	2449,141
5.12	5.13	68,45	13,33	49,11	3361,5795
5.13	Jardín 5	13,4	33,83	82,94	1111,396
Jardín 5	CT13		8,96	91,9	
Ptotal kW		278,4126			8144,310704
Punto min tensión (m)	29,252665 6				

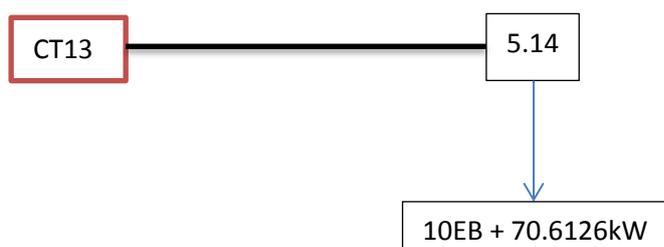
Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

### 2.1.13.1.2. Intensidad.

#### Rama 1

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La carga es la equivalente a la única que hay (5.14).

$$P = 8.5 * 5.75 + 70.6126 = 119.48 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{119.48 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 202.9 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{202.9}{0.74} = 274.18 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.74 = 251.6 \text{ A} > 202.9 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

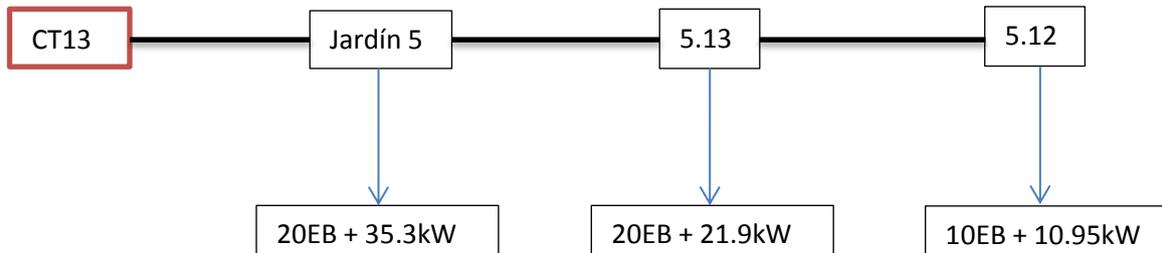
Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
<b>Longitudes en metros <sup>(1)</sup></b>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 195 m que es mayor que los 9.54 m que mide la rama 1.

## Rama 2

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La carga es la equivalente a la de la primera (Jardín 5).

$$P = 14.8 * 5.75 + 35.3 = 120.4 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos\varphi = 0.85$$

$$I = \frac{120.4 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 204.45 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow 4$  circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{204.45}{0.74} = 276.28 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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)

Sección mm <sup>2</sup>	Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto		
	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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.74 = 251.6 \text{ A} > 204.45 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 195 m que es mayor que los 56.12 m que mide la rama 2.

### 2.1.13.1.3. Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5 %.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\varphi)$$

Donde:

W (kW), L (m), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia de cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT13-5.14	119,4876	0,00954	0,119691	0,11969

0.119 % < 5 % → VÁLIDO

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT13-Jardín 5	120,4	0,00896	0,113272	0,11327
Jardín 5-5.13	107	0,03383	0,38008	0,49335005
5.13-5.12	59,825	0,01333	0,083734	0,577084111

0.577 % < 5 % → VÁLIDO

#### 2.1.13.1.4. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del Centro de Transformación 13 utilizarán:

**AL XZ1 0.6/1 kV 3×240 + 1×150 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas utilizarán un fusible de 315 A.

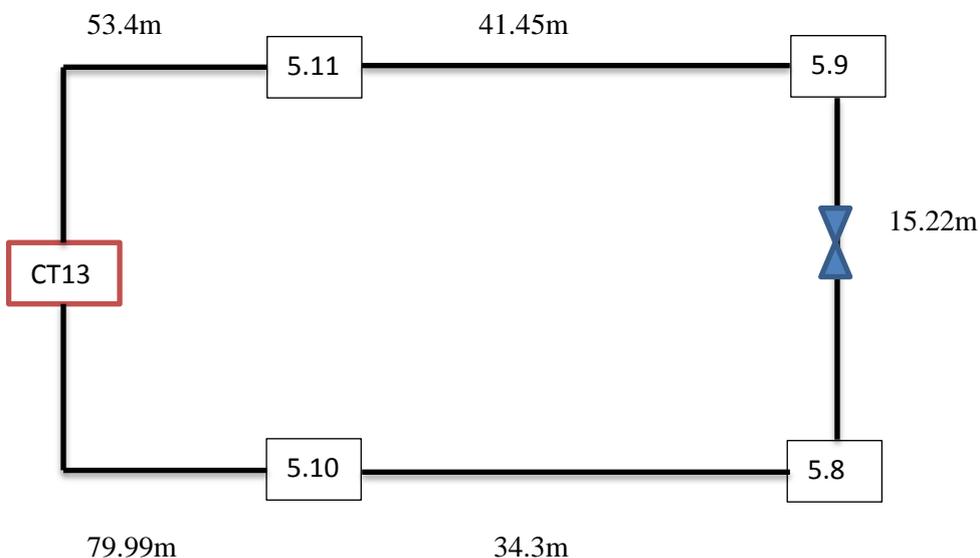
#### 2.1.13.2. Anillo 2.

##### 2.1.13.2.1. Previsión de potencia.

El anillo 2 alimenta a 4 escaleras de la parcela 5.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se puede observar las cargas del anillo así como su longitud:



-Cálculo del punto de mínima tensión:

Éste se calcula mediante la expresión: 
$$l_x = \frac{\sum l \cdot P}{P_T}$$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

Las cargas de la C.G.P. de la parcela 5 son las correspondientes a la carga de 10 viviendas, de los servicios generales, el ascensor.

La tabla siguiente muestra los valores de las cargas, así como el punto de mínima tensión.

Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT13	5.11	68,45	53,4	53,4	3655,23
5.11	5.9	68,45	41,45	94,85	6492,4825
5.9	5.8	68,45	15,22	110,07	7534,2915
5.8	5.10	68,45	34,3	144,37	9882,1265
5.10	CT13		79,99	224,36	
Ptotal kW		273,8			27564,1305
Punto min tensión (m)	100,6725				

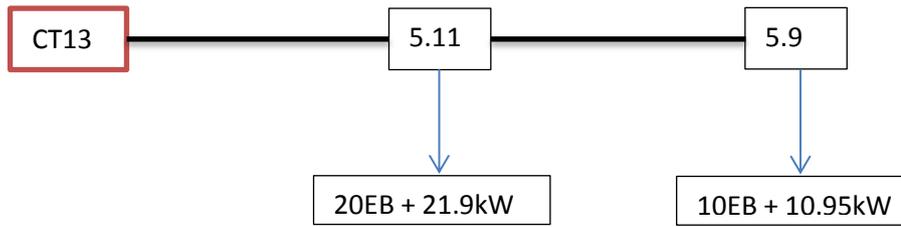
Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

### 2.1.13.2.2. Intensidad.

#### Rama 1

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La carga es la equivalente a la de la primera (5.11).

$$P = 14.8 * 5.75 + 21.9 = 107 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{107 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 181.69 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{181.69}{0.74} = 245.53 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.74 = 251.6 \text{ A} > 181.69 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

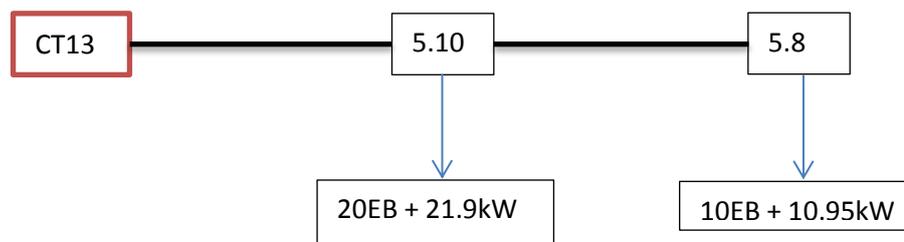
Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
<b>Longitudes en metros <sup>(1)</sup></b>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para  $240 \text{ mm}^2$  protege hasta 195 m que es mayor que los 94.85 m que mide la rama 1.

## Rama 2

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La carga es la equivalente a la de la primera carga (5.10).

$$P = 14.8 * 5.75 + 21.9 = 107 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos\varphi = 0.85$$

$$I = \frac{107 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 181.69 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{181.69}{0.74} = 245.53 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.74 = 251.6 \text{ A} > 181.69 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 195 m que es mayor que los 114.29 m que mide la rama 2.

### 2.1.13.2.3. Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5 %.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\varphi)$$

Donde:

W (kW), L (m), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia de cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT13-5.11	107	0,0534	0,599949	0,59995
5.11-5.9	59,825	0,04145	0,260373	0,860323356

0.86 % < 5 % → VÁLIDO

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT13-5.10	107	0,07999	0,898688	0,89869
5.10-5.8	59,825	0,0343	0,21546	1,114149738

1.114 % < 5 % → VÁLIDO

#### 2.1.13.2.4. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del Centro de Transformación 13 utilizarán:

**AL XZ1 0.6/1 kV 3×240 + 1×150 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas utilizarán un fusible de 315 A.

#### 2.1.14. Centro de Transformación 14.

El Centro de Transformación 14 alimenta a las siguientes parcelas:

- Parcela 4 (viviendas colectivas con electrificación básica).

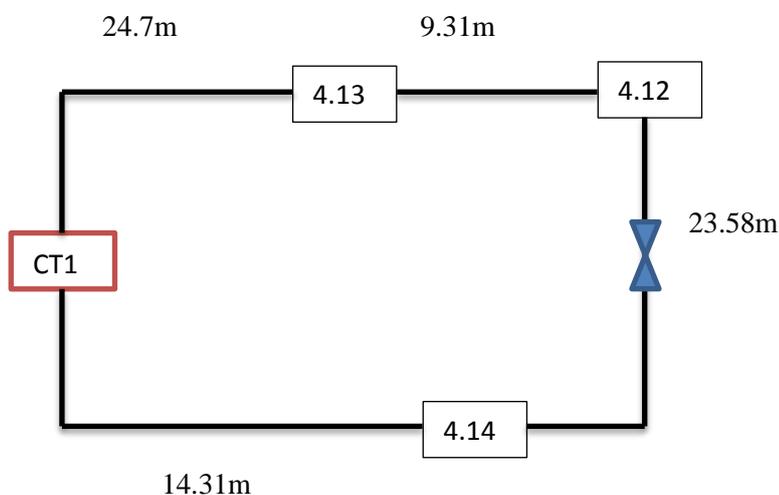
##### 2.1.14.1. Anillo 1.

##### 2.1.14.1.1. Previsión de potencia.

El anillo 1 alimenta a 3 escaleras de la parcela 4.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión, que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se puede observar las cargas del anillo así como su longitud:



-Cálculo del punto de mínima tensión:

Éste se calcula mediante la expresión: 
$$l_x = \frac{\sum l \cdot P}{P_T}$$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

Las cargas de la C.G.P. de la parcela 4 son las correspondientes a la carga de 10 viviendas, de los servicios generales, el ascensor, a la CGP 4.14, además, le corresponde la carga del garaje.

La tabla siguiente muestra los valores de las cargas, así como el punto de mínima tensión.

Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT14	4.13	68,45	24,7	24,7	1690,715
4.13	4.12	68,45	9,31	34,01	2327,9845
4.12	4.14	127,386	23,58	57,59	7336,15974
4.14	CT14		14,31	71,9	
Ptotal kW		264,286			11354,85924
Punto min tensión (m)	42,9642858				

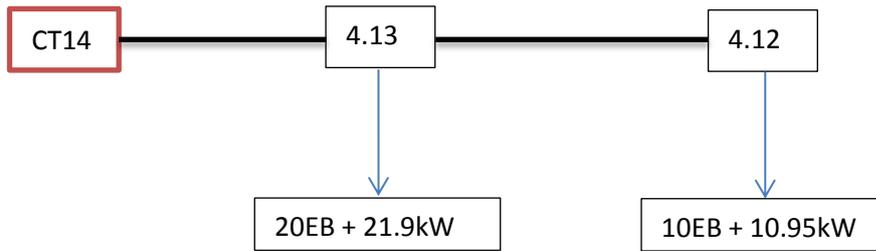
Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

#### 2.1.14.1.2. Intensidad.

##### Rama 1

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La carga es la equivalente a la de la primera (4.13.).

$$P = 14.8 * 5.75 + 21.9 = 107 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{107 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 181.69 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{181.69}{0.74} = 245.53 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.74 = 251.6 \text{ A} > 181.69 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

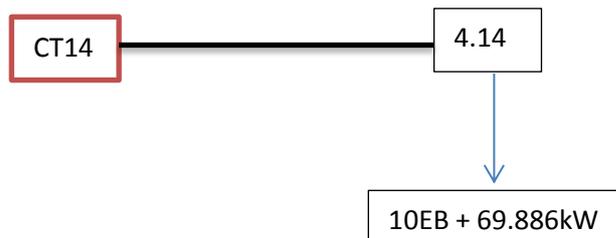
Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
<b>Longitudes en metros <sup>(1)</sup></b>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 195 m que es mayor que los 34.01 m que mide la rama 1.

## Rama 2

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21),0,5



La carga es la equivalente a la única que hay (4.14).

$$P = 8.5 * 5.75 + 69.886 = 118.761 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos\varphi = 0.85$$

$$I = \frac{118.761 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 201.66 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow 4$  circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{201.66}{0.74} = 272.52 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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)

Sección mm <sup>2</sup>	Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto		
	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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.74 = 251.6 \text{ A} > 201.66 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 195 m que es mayor que los 14.31 m que mide la rama 2.

### 2.1.14.1.3. Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5 %.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\varphi)$$

Donde:

W (kW), L (m), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia de cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT14-4.13	107	0,0247	0,2775045	0,277505
4.13-4.12	59,825	0,00931	0,0584819	0,335986929

0.33 % < 5 % → VÁLIDO

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT14-4.14	118,761	0,01431	0,1784443	0,178444

0.178 % < 5 % → VÁLIDO

#### 2.1.14.1.4. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del anillo 1 del Centro de Transformación 14 utilizarán:

**AL XZ1 0.6/1 kV 3×240 + 1×150 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas utilizarán un fusible de 315 A.

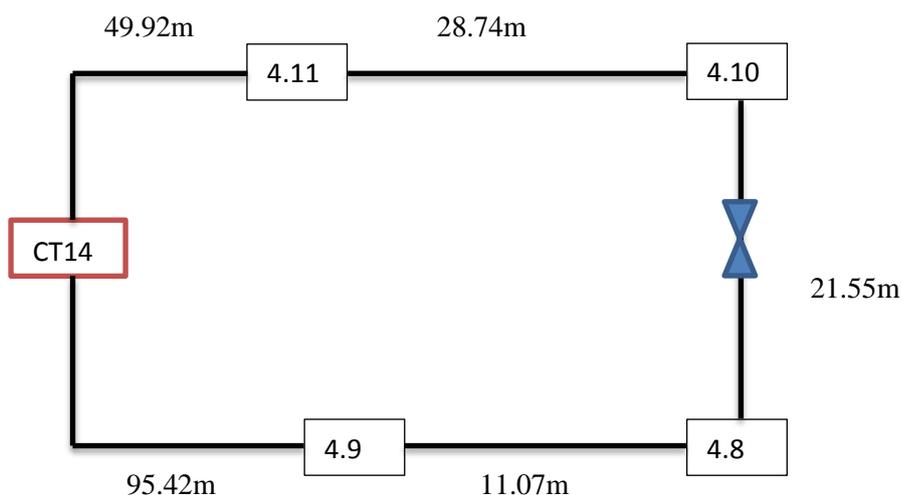
#### 2.1.14.2. Anillo 2.

##### 2.1.14.2.1. Previsión de potencia.

El anillo 2 alimenta a 4 escaleras de la parcela 4.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se puede observar las cargas del anillo así como su longitud:



-Cálculo del punto de mínima tensión:

Éste se calcula mediante la expresión:  $l_x = \frac{\Sigma l * P}{P_T}$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

Las cargas de la C.G.P. de la parcela 4 son las correspondientes a la carga de 10 viviendas, de los servicios generales y el ascensor.

La tabla siguiente muestra los valores de las cargas, así como el punto de mínima tensión:

Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT14	4.11	68,45	49,92	49,92	3417,024
4.11	4.10	68,45	28,74	78,66	5384,277
4.10	4.8	68,45	21,55	100,21	6859,3745
4.8	4.9	68,45	11,07	111,28	7617,116
4.9	CT14		95,42	206,7	
Ptotal kW		273,8			23277,7915
Punto min tensión (m)	85,0175				

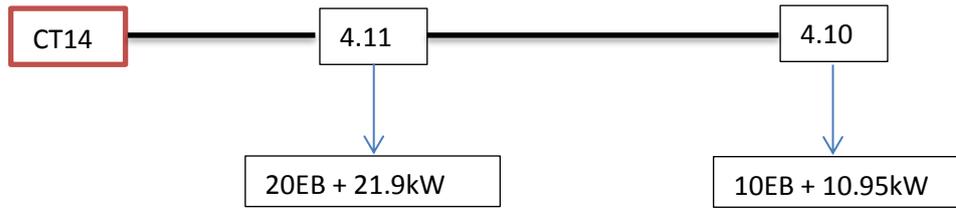
Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

#### 2.1.14.2.2. Intensidad.

##### Rama 1

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21),0,5



La carga es la correspondiente a la de la priemra (4.11).

$$P = 14.8 * 5.75 + 21.9 = 107 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{107 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 181.69 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow 4$  circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{181.69}{0.74} = 245.53 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.74 = 251.6 \text{ A} > 181.69 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

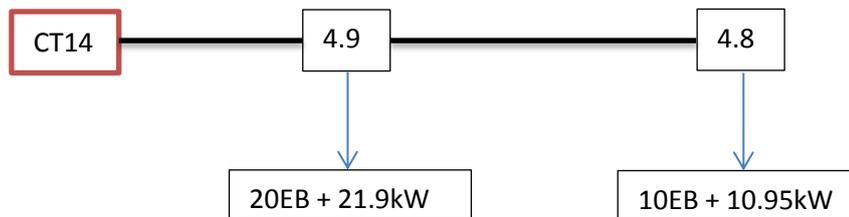
Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
<b>Longitudes en metros <sup>(1)</sup></b>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 195 m que es mayor que los 78.66 m que mide la rama 1.

## Rama 2

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La carga es la equivalente a la de la primera (4.9).

$$P = 14.8 * 5.75 + 21.9 = 107 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos\varphi = 0.85$$

$$I = \frac{107 * 10^3}{\sqrt{3} * 400 * 0.85} = 181.69 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

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	-	-

Escojo el valor  $k=0.74 \rightarrow 4$  circuitos agrupados a 200 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{181.69}{0.74} = 245.53 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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)

Sección mm <sup>2</sup>	Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto		
	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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.74 = 251.6 \text{ A} > 181.69 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 315 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 195 m que es mayor que los 106.49 m que mide la rama 2.

### 2.1.14.2.3. Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5 %.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\varphi)$$

Donde:

W (kW), L (m), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia de cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT14-4.11	107	0,04992	0,5608512	0,560851
4.11-4.10	59,825	0,02874	0,1805339	0,741384903

0.741 % < 5 % → VÁLIDO

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT14-4.9	107	0,09542	1,0720437	1,072044
4.9-4.8	59,825	0,01107	0,0695376	1,141581589

1.141 % < 5 % → VÁLIDO

#### 2.1.14.2.4. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del Centro de Transformación 14 utilizarán:

**AL XZ1 0.6/1 kV 3×240 + 1×150 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas utilizarán un fusible de 315 A.

### 2.1.15. Centro de Transformación 15.

El Centro de Transformación 15 alimenta a las siguientes parcelas:

- Parcela 1 (viviendas unifamiliares con electrificación elevada).
- Parcela 3 (viviendas unifamiliares con electrificación elevada).
- Parcela 4 (viviendas colectivas con electrificación básica).
- Parcela 7 (viviendas unifamiliares con electrificación elevada).
- Alumbrado Vial.
- Jardín 6.
- Equipamiento Juvenil.

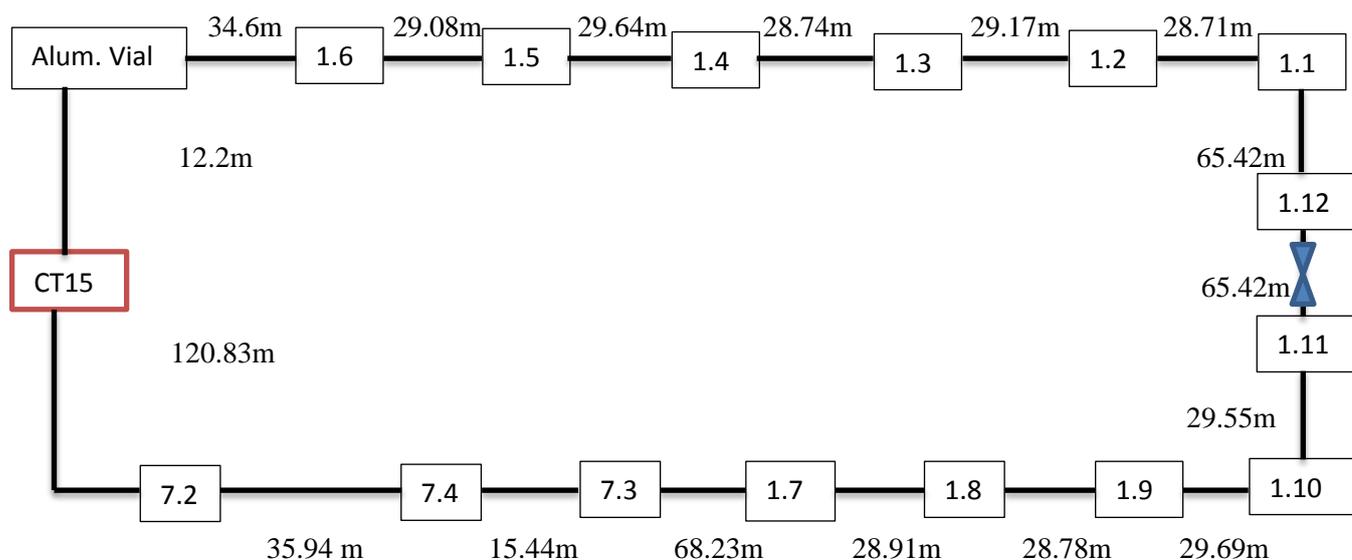
#### 2.1.15.1. Anillo 1.

##### 2.1.15.1.1. Previsión de potencia.

El anillo 1 alimenta a la parcela 1, al alumbrado vial y a 3 CGP de la parcela 7.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión, que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se puede observar las cargas del anillo así como su longitud:



-Cálculo del punto de mínima tensión:

Éste se calcula mediante la expresión:  $l_x = \frac{\sum l \cdot P}{P_T}$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

Las cargas de las C.G.P. de la parcela 1 corresponden a dos viviendas.

La tabla siguiente muestra los valores de las cargas, así como el punto de mínima tensión:

Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT15	Alum. Vial	20	12,2	12,2	244
Alum. Vial	1.6	18,4	34,36	46,56	856,704
1.6	1.5	18,4	29,08	75,64	1391,776
1.5	1.4	18,4	29,64	105,28	1937,152
1.4	1.3	18,4	28,74	134,02	2465,968
1.3	1.2	18,4	29,17	163,19	3002,696
1.2	1.1	18,4	28,71	191,9	3530,96
1.1	1.12	18,4	65,42	257,32	4734,688
1.12	1.11	18,4	29,55	286,87	5278,408
1.11	1.10	18,4	29,69	316,56	5824,704
1.10	1.9	18,4	28,91	345,47	6356,648
1.9	1.8	18,4	28,78	374,25	6886,2
1.8	1.7	18,4	28,91	403,16	7418,144
1.7	7.3	18,4	68,23	471,39	8673,576
7.3	7.4	18,4	15,44	486,83	8957,672
7.4	7.2	18,4	35,94	522,77	9618,968
7.2	CT15		120,83	643,6	
Ptotal (kW)		296			77178,264
Punto mín	260,7373784				

tensión (m)

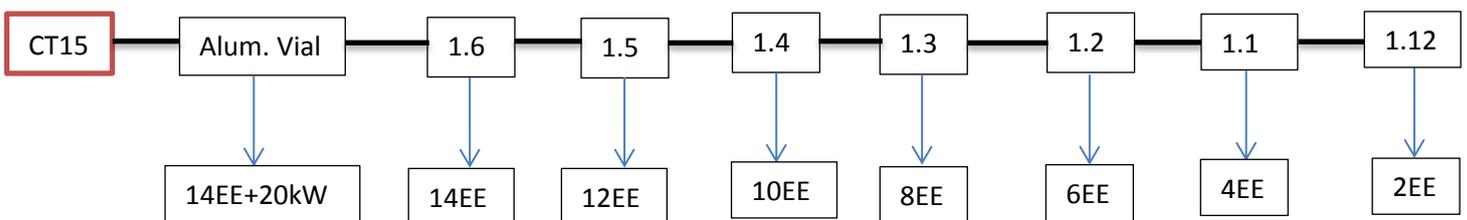
Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

### 2.1.15.1.2. Intensidad.

#### Rama 1

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21),0,5



La carga es la equivalente a la de la primera (Alum. Vial).

$$P = 8,5 \cdot 9,2 + 20 = 98,2 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es 
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0,85$$

$$I = \frac{123,96 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,85} = 210,49 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.81 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 400 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{210.49}{0.81} = 259.87 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**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)**

Sección mm <sup>2</sup>	Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto		
	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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.81 = 275.4 \text{ A} > 210.49 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

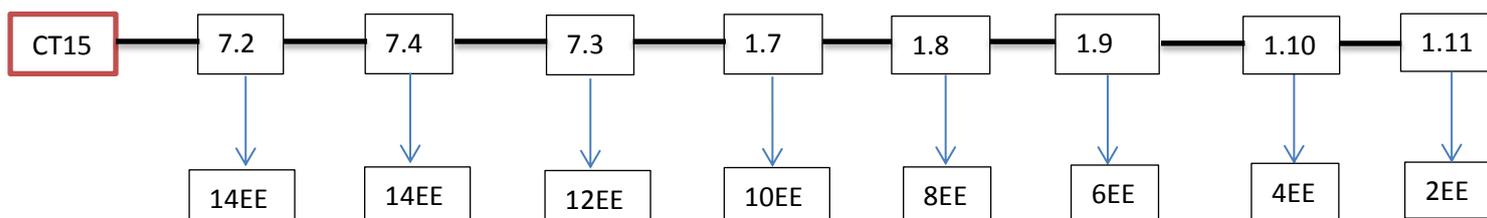
Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
<b>Longitudes en metros <sup>(1)</sup></b>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 160 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 455 m que es mayor que los 257.32 m que mide la rama 1.

### Rama 2

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La carga es la equivalente a la de la priemra (7.2).

$$P = 12.5 \cdot 9.2 = 115 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos\varphi = 0.85$$

$$I = \frac{115 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85} = 195.28 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

**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	-	-

Escojo el valor  $k=0.81 \rightarrow$  4 circuitos agrupados a 400 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{195.28}{0.81} = 241.08 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

**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)**

Sección mm <sup>2</sup>	Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto		
	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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.81 = 275.4 \text{ A} > 195.28 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 160 A de intensidad nominal, ya que para  $240 \text{ mm}^2$  protege hasta 455 m que es mayor que los 356.73m que mide la rama 2.

### 2.1.15.1.3. Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5 %.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\varphi)$$

Donde:

W (kW), L (m), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia de cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama 1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT15-Alum. Vial	123,96	0,0122	0,237433	0,23743
Alum. Vial - 1.6	103,96	0,03436	0,560814	0,798244299
1.6-1.5	91,08	0,02908	0,415831	1,214075504
1.5-1.4	78,2	0,02964	0,363902	1,57797764
1.4-1.3	64,4	0,02874	0,290584	1,868562032
1.3-1.2	49,68	0,02917	0,227519	2,096081031
1.2-1.1	34,96	0,02871	0,157581	2,253662182
1.1-1.12	18,4	0,06542	0,188985	2,442647478

2.44 % < 5 % → VÁLIDO

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT15-7.2	115	0,12083	2,181586	2,18159
7.2-7.4	103,96	0,03594	0,586603	2,768192617
7.4-7.3	91,08	0,01544	0,220785	2,988977823
7.3-1.7	78,2	0,06823	0,837687	3,826664825
1.7-1.8	64,4	0,02891	0,292303	4,118968053
1.8-1.9	49,68	0,02878	0,224477	4,343445146
1.9-1.10	34,96	0,02891	0,158679	4,502124041
1.10-1.11	18,4	0,02969	0,085768	4,587892513

4.58 % < 5 % → VÁLIDO

**2.1.15.1.4. Resultado de cálculos.**

Las ramas 1 y 2 del Centro de Transformación 15 utilizarán:

**AL XZ1 0.6/1 kV 3×240 + 1×150 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas utilizarán un fusible de 160 A.

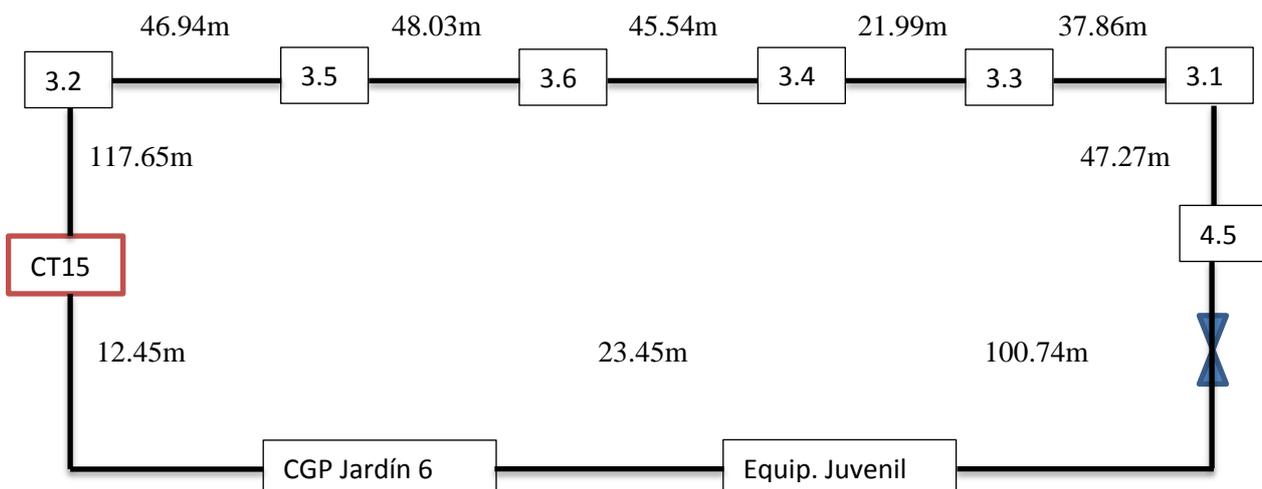
**2.1.15.2. Anillo 2.**

**2.1.15.2.1. Previsión de potencia.**

El anillo 2 alimenta a la parcela 3, al jardín 6 y al equipamiento juvenil.

Para el cálculo de la sección, deben cumplirse los criterios de calentamiento y caída de tensión, que se demuestran a continuación.

En la siguiente gráfica se puede observar las cargas del anillo así como su longitud.



-Cálculo del punto de mínima tensión:

Éste se calcula mediante la expresión:  $l_x = \frac{\sum l * P}{P_T}$

Los valores de las potencias son sin coeficiente de simultaneidad.

Las cargas de las C.G.P. de la parcela 3 corresponden a dos viviendas.

La tabla siguiente muestra los valores de las cargas, así como el punto de mínima tensión:

Inicio	Llegada	kW de cada CGP	Distancia (m)	Distancia desde origen (m)	Numerador (dist. * pot)
CT15	3.2	18,4	117,65	117,65	2164,76
3.2	3.5	18,4	46,91	164,56	3027,904
3.5	3.6	18,4	48,03	212,59	3911,656
3.6	3.4	18,4	45,54	258,13	4749,592
3.4	3.3	18,4	21,99	280,12	5154,208
3.3	3.1	18,4	37,86	317,98	5850,832
3.1	4.5	68,45	47,27	365,25	25001,3625
4.5	CGP EJ	100,74	175,28	540,53	54452,9922
CGP EJ	CGP Jardín 6	12	23,45	563,98	6767,76
CGP Jardín 6	CT15		12,45	576,43	
Ptotal (kW)		291,59			111081,0667
Punto mín tensión (m)	380,9495068				

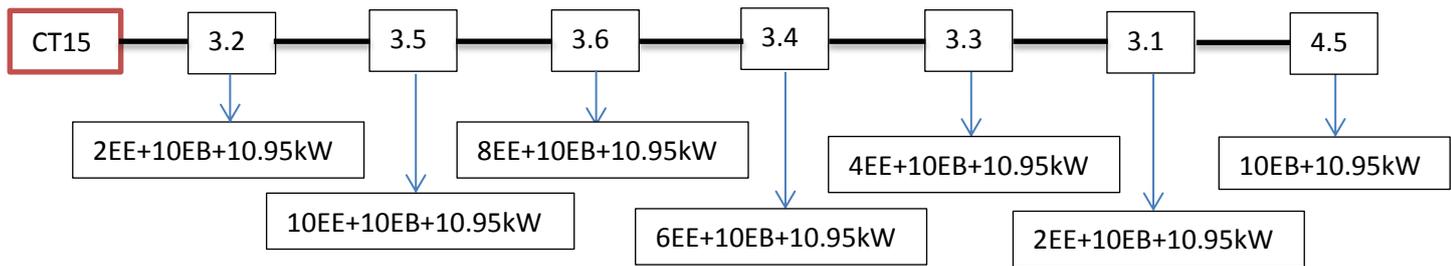
Procedo al cálculo de la sección, cumpliendo con los siguientes criterios para cada una de las ramas.

### 2.1.15.2.2. Intensidad.

#### Rama 1

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La carga es la equivalente a la de la priemra (3.2).

$$P = 9.9 \cdot 9.2 + 8.5 \cdot 5.75 + 10.95 = 150.905 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es 
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{150.905 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85} = 256.25 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

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	-	-

Escojo el valor  $k=0.81 \rightarrow 4$  circuitos agrupados a 400 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{256.25}{0.81} = 316.35 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.81 = 275.4 \text{ A} > 256.25 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

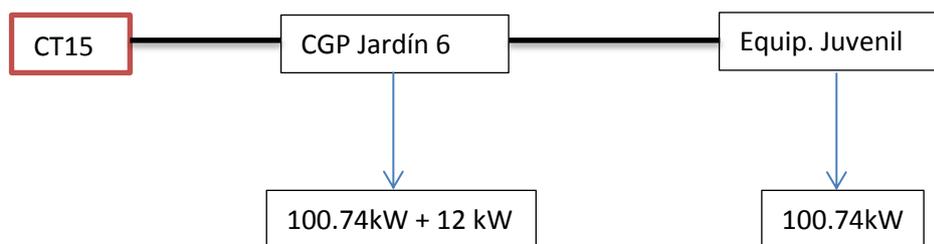
Cable	Intensidad nominal de fusible					
	100	125	160	200	250	315
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	190	155	115			
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	255	205	155	120		
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	470	380	285	215	165	
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	-	605	455	345	260	195
<b>Longitudes en metros <sup>(1)</sup></b>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 160 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 455 m que es mayor que los 365.25 m que mide la rama 1.

## Rama 2

Para el cálculo de la potencia hay que tener en cuenta el coeficiente de simultaneidad en relación al nº de viviendas, que podemos ver en la siguiente tabla, procedente de la ITC-BT 10:

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5



La carga es la correspondiente a la de la priemra (Jardín 6).

$$P = 100.74 + 12 = 112.74 \text{ kW}$$

La expresión de la intensidad es  $I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$

Siendo:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = 0.85$$

$$I = \frac{112.74 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85} = 222.68 \text{ A}$$

Para entrar en las tablas del fabricante necesitamos tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos, ya que los demás factores son iguales a los factores tipo. La tabla de la casa Prysmian es la siguiente:

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	-	-

Escojo el valor  $k=0.81 \rightarrow 4$  circuitos agrupados a 400 mm de distancia.

$$I_{tablas} = \frac{I}{k} = \frac{222.68}{0.81} = 274.92 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad:

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)

Sección mm <sup>2</sup>	Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto		
	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

Escojo un valor de  $S = 240 \text{ mm}^2$  que admite una intensidad de 340 A.

$$340 \cdot 0.81 = 275.4 \text{ A} > 222.68 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO.}$$

Para el cálculo del fusible a utilizar nos basamos en las tablas del proyecto tipo de Iberdrola MT 2.51.01:

Cable	In (A)
RV 0,6/1 kV 4 x 50 Al	160
RV 0,6/1 kV 3 x 95 + 1 x 50 Al	200
RV 0,6/1 kV 3 x 150 + 1 x 95 Al	250
RV 0,6/1 kV 3 x 240 + 1 x 150 Al	315

Protección contra cortocircuito:

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>						

Según estas tablas, utilizamos un fusible de 160 A de intensidad nominal, ya que para 240 mm<sup>2</sup> protege hasta 455 m que es mayor que los 35.9 m que mide la rama 2.

### 2.1.15.2.3. Caídas de tensión.

Para que la sección sea válida es necesario que la caída de tensión de cada una de las ramas sea menor que el 5 %.

La expresión que calcula esta caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{W * L}{10 * U^2} (R + X * \tan\varphi)$$

Donde:

W (kW), L (m), U (V).

La siguiente tabla muestra el valor de resistencia e impedancia según la sección del conductor:

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

La potencia de cada tramo es aquella que incluye el factor de simultaneidad.

Las caídas de tensión de ambas ramas vienen recogidas a continuación:

Rama1:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT15-3.2	150,905	0,11765	1,864167	1,86417
3.2-3.5	138,025	0,04691	0,679849	2,544019039
3.5-3.6	124,225	0,04803	0,626485	3,170504348
3.6-3.4	109,505	0,04554	0,52362	3,694124406
3.4-3.3	94,785	0,02199	0,218854	3,912978232
3.3-3.1	78,225	0,03786	0,310968	4,223946074
3.1-4.5	59,825	0,04727	0,296932	4,520878488

4.52 % < 5 % → VÁLIDO

Rama 2:

Tramo	Potencia (kW)	Longitud (km)	%ΔV	Sumatorio %ΔV
CT15-CGP Jardín 6	112,74	0,02345	0,277594	0,27759
CGPJardín 6-CGPEJ	100,74	0,01245	0,131692	0,409282365

0.409 % < 5 % → VÁLIDO

#### 2.1.15.2.4. Resultado de cálculos.

Las ramas 1 y 2 del anillo 2 del Centro de Transformación 15 utilizarán:

**AL XZ1 0.6/1 kV 3×240 + 1×150 mm<sup>2</sup>**

Ambas ramas utilizarán un fusible de 160 A.

## 2.2. Red de Media Tensión.

### 2.2.1. Acometida – Centro de Transformación y Reparto.

#### 2.2.1.1. Previsión de potencia.

La potencia máxima a soportar por el conductor será la correspondiente a los 15 centros de transformación de la red en anillo más el centro de transformación de abonado.

Al ser los 15 centros de transformación de 400 kVA y el abonado de 630 kVA, la potencia total será:

$$S = 15 * 400 + 630 = 6630 \text{ kVA}$$

Para el cálculo de la sección del conductor deben cumplirse tres criterios: calentamiento, caída de tensión y cortocircuito.

#### 2.2.1.2. Intensidad y densidad de corriente.



La expresión de la intensidad y su posterior valor sería:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V} = \frac{6630}{\sqrt{3} * 20} = 191.39 \text{ A}$$

Para entrar a tablas tenemos que tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos en la misma zanja, y como podemos observar en la tabla 10 de la ITC-LAT-06:

Tipo de instalación	Separación de los ternos	Factor de corrección								
		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	-	-	-	-

Tomamos el valor de 0.68 para 4 ternos separados 0.2m.

$$I = \frac{191.39}{0.68} = 281.45 \text{ A}$$

Con este valor entramos a la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad para conductores AL EPROTENAX H COMPACT:

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	110	105	98	102	94
25	160	145	135	125	130	120
35	195	180	160	150	155	145
50	230	215	190	180	185	170
70	295	265	235	220	225	210
95	355	320	280	260	265	250
120	410	365	320	295	305	285
150	465	415	360	330	340	315
185	535	475	405	375	385	355
240	630	555	470	440	445	420
300	725	635	530	500	-	-
400	840	-	600	565	-	-
500	975	-	680	650	-	-
630	1125	-	765	730	-	-
	Conductores de Al					
16	96	85	82	76	78	72
25	125	110	105	95	100	95
35	150	135	125	115	120	110
50	180	160	145	135	145	130
70	225	200	180	170	170	160
95	275	240	215	200	205	190
120	320	280	245	230	235	215
150	360	315	275	255	265	240
185	415	360	315	290	295	275
240	495	425	365	345	345	325
300	565	485	410	390	390	365
400	660	-	470	450	-	-
500	775	-	540	515	-	-

Iberdrola aconseja no instalar conductores de sección menor a 150 mm<sup>2</sup>.

Escogemos una sección de S=185 mm<sup>2</sup> que admite 315\*0.68=214.2 A > 191.39 A=Inom

### 2.2.1.3. Caída de tensión.

La expresión de la caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U = \sqrt{3} * I * L * (R * \cos\varphi + X \operatorname{sen}\varphi)$$

Y debe ser siempre menor al 5% para ser válido.

Los valores de resistencia y reactancia los tomo de las tablas VII y VIII del catálogo de Prysmian:

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	<b>0.430</b>	0.264	0.434
120	0.206	0.340	0.209	0.343
150	0.168	<b>0.277</b>	0.170	0.281
185	0.134	0.221	0.137	0.224
240	0.104	<b>0.168</b>	0.105	0.173
300	0.083	0.136	-	-
400	0.066	<b>0.105</b>	-	-
500	0.054	0.089	-	-

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	0.126	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	<b>0.118</b>	0.121	<b>0.129</b>
120	0.095	0.098	0.106	0.111	0.112	0.118	0.123
150	<b>0.093</b>	<b>0.096</b>	0.102	0.108	<b>0.110</b>	0.115	<b>0.118</b>
185	0.089	0.093	0.100	0.104	0.106	0.110	0.113
240	0.088	0.090	0.097	0.101	<b>0.102</b>	0.106	<b>0.109</b>
300	0.086	0.088	0.093	0.097	0.099	0.103	0.105
400	0.085	0.086	0.091	0.095	<b>0.096</b>	0.100	<b>0.102</b>
500	0.084	0.084	0.089	0.092	0.093	0.096	0.099

Para una sección de 185 mm<sup>2</sup> tenemos una R=0.221 Ω/km y una X=0.106 Ω/km.

Por lo que la caída de tensión queda:

$$\Delta U = \sqrt{3} * 191.39 * 0.257 * (0.221 * 0.85 + 0.106 * 0.527) = 20.76V$$

$$\% \Delta U = \frac{20.76 * 100}{20000} = 0.1038\% < 5\%$$

#### 2.2.1.4. Cortocircuito.

Según la siguiente tabla del ITC-LAT-06 para conductores de aluminio:

Tipo de aislamiento	$\Delta\theta^*$ (K)	Duración del cortocircuito, $t_{cc}$ , en segundos									
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
PVC: sección $\leq 300 \text{ mm}^2$ sección $> 300 \text{ mm}^2$	90	240	170	138	107	98	76	62	53	48	43
	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 $U_0/U \leq 18/30 \text{ kV}$	145	281	199	162	126	115	89	73	63	56	51

Para un conductor HEPR cuya  $K=145$ , la densidad de corriente máxima admisible es para un tiempo de cortocircuito de  $0.5\text{s} \rightarrow 126 \text{ A/mm}^2$ .

La potencia de cortocircuito máxima según Iberdrola es 350 MVA.

$$I_{cc} = \frac{350}{\sqrt{3} * 20} = 10.10 \text{ kA}$$

Siendo la densidad de corriente:

$$\frac{10.10 * 10^3}{185} = 54.59 \text{ A/mm}^2$$

$$54.59 < 126 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2} \rightarrow \text{VÁLIDO}$$

#### 2.2.1.5. Resultado de cálculos.

El conductor a utilizar es:

**AL HEPRZ1 3×185/16 mm<sup>2</sup>**

#### 2.2.1.6. Análisis de las tensiones transferibles al exterior por tuberías, raíles, vallas, conductores de neutro, blindajes de cables, circuitos de señalización y de los puntos especialmente peligrosos y estudio de las formas de eliminación o reducción.

De acuerdo con las condiciones de diseño de la línea en una zona completamente nueva para su urbanización y teniendo en cuenta las condiciones del tipo de cable utilizado según el fabricante, las probabilidades de transferencia de tensión al exterior son mínimas. No obstante conviene tener en cuenta lo siguiente:

- Serán conectadas a tierra tanto la pantalla como la cubierta metálica del conductor.

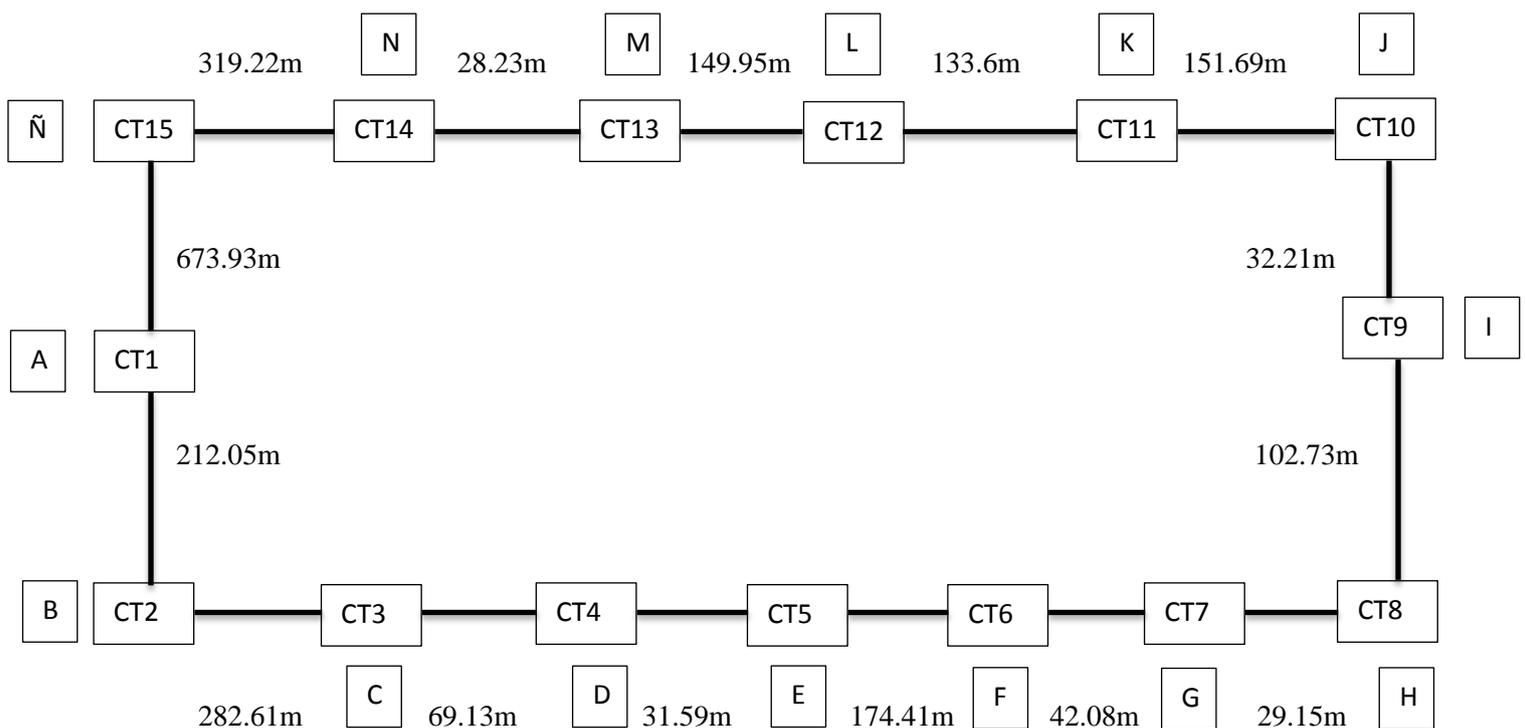
- Las zanjas disponen de una profundidad estipuladas por la compañía suministradora de energía, y todas ellas serán de nueva realización y siendo tenidas en cuenta para posteriores instalaciones como servicio de telecomunicaciones, etc.
- En el caso de que en su trazado, la zanja para el tendido del cable de MT, encuentre en su cercanía la cimentación de alguna farola o transporte de comunicaciones, se tendrá el cable a una distancia mínima de 50 cm. Si esta distancia no se puede cumplir, se utilizará una protección mecánica de resistencia adecuada, prolongada a 50 cm a ambos lados de los cantos descubiertos en el sentido longitudinal de la zanja.

## 2.2.2. Anillo de Media Tensión.

### 2.2.2.1. Previsión de potencia.

El anillo de media tensión está formado por quince centro de transformación cada uno de 400 kVA y 20 kV.

La longitud total es, como se puede apreciar en el siguiente esquema, de 2432.58 m.



Para el cálculo de la sección debemos comprobar por densidad de corriente, caída de tensión y cortocircuito.

**2.2.2.2. Intensidad y densidad de corriente.**

$$I_A = I_B = I_C = I_D = I_E = I_F = I_G = I_H = I_I = I_J = I_K = I_L = I_M = I_N = I_{\tilde{N}}$$

$$I_A = \frac{400}{\sqrt{3} * 20} = 11.54_{-31.78^\circ} A = 9.81 - j6.08 A$$

$$\Sigma I = 15 * I_A = 173.1_{-31.78^\circ} = 147.14 - j91.16 A$$

Para entrar en las tablas tenemos que tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos en la misma zanja, que como en el caso anterior es de 0.68.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{173.1}{0.68} = 254.56 A$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad para conductores AL EPROTENAX H COMPACT:

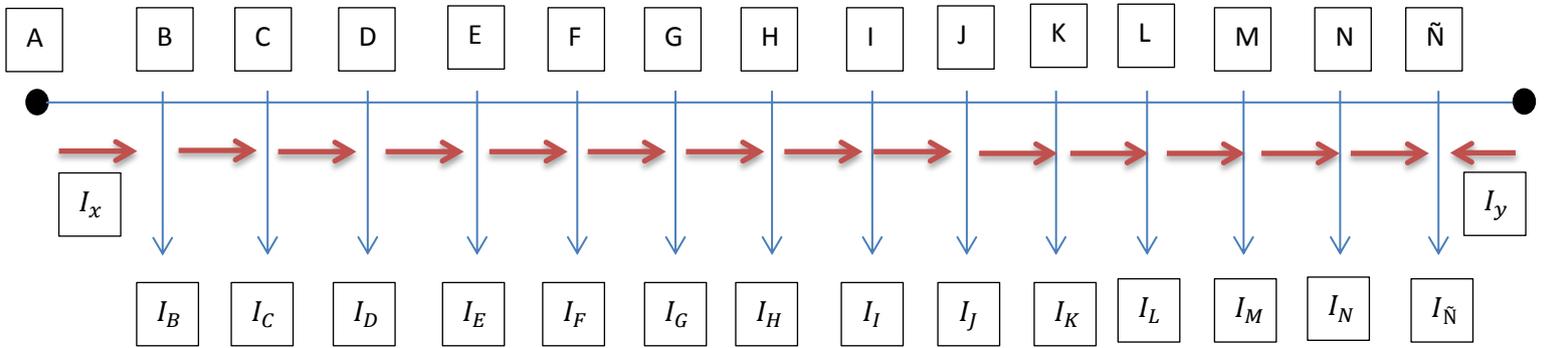
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Tensión nominal					
	105 °C 1,8/3 kV a 18/30 kV					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Conductores de Cu					
10	-	-	-	-	-	-
16	120	110	105	98	102	94
25	160	145	135	125	130	120
35	195	180	160	150	155	145
50	230	215	190	180	185	170
70	295	265	235	220	225	210
95	355	320	280	260	265	250
120	410	365	320	295	305	285
150	465	415	360	330	340	315
185	535	475	405	375	385	355
240	630	555	470	440	445	420
300	725	635	530	500	-	-
400	840	-	600	565	-	-
500	975	-	680	650	-	-
630	1125	-	765	730	-	-
	Conductores de Al					
16	96	85	82	76	78	72
25	125	110	105	95	100	95
35	150	135	125	115	120	110
50	180	160	145	135	145	130
70	225	200	180	170	170	160
95	275	240	215	200	205	190
120	320	280	245	230	235	215
150	360	315	275	255	265	240
185	415	360	315	290	295	275
240	495	425	365	345	345	325
300	565	485	410	390	390	365
400	660	-	470	450	-	-
500	775	-	540	515	-	-

Iberdrola aconseja no instalar conductores de sección menor a 150 mm<sup>2</sup>, por lo que:

$$S = 150 \text{ mm}^2 \text{ admite } 275 * 0.68 = 187 A > I_{nom} = 173.1 A \rightarrow \text{VÁLIDO}$$

2.2.2.3. Caída de tensión.

Para el cálculo de caída de tensión procedo a la resolución del anillo:



Determinar  $I_x$  e  $I_y$ :

$$I_y = \frac{\sum(Z * I)_O}{Z_T}; \quad I_x = \Sigma I - I_y$$

Los valores de resistencia y reactancia los tomo de las tablas VII y VIII del catálogo de Prysmian:

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	-	-

**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

Para la sección de 150 mm<sup>2</sup> tenemos una R=0.277 Ω/km y una X=0.11 Ω/km.

Por lo que la impedancia queda: Z=(0.277+j0.11) Ω/km.

$$I_y = \frac{\sum(Z * I)_o}{Z_T}$$

$$= \frac{Z_{AB} * I_B + Z_{AC} * I_C + Z_{AD} * I_D + Z_{AE} * I_E + Z_{AF} * I_F + Z_{AG} * I_G + Z_{AH} * I_H + Z_{AI} * I_I + Z_{AJ} * I_j + Z_{AK} * I_K + Z_{AL} * I_L + Z_{AM} * I_M + Z_{AN} * I_N + Z_{AÑ} * I_{Ñ}}{Z_T}$$

$$I_y = 63.04 - j39.96A$$

$$I_x = (147.14 - j91.16) - (63.04 - j39.69) = 84.1 - j51.47 A$$

-Localizamos el punto de mínima tensión:

$$I_{AB} = I_x = 84.1 - j51.47 A$$

$$I_{BC} = I_x - I_B = (84.1 - j51.47) - (9.81 - j6.08) = 74.29 - j45.39A$$

$$I_{CD} = I_{BC} - I_C = (74.29 - j45.39) - (9.81 - j6.08) = 64.48 - j39.31 A$$

$$I_{DE} = I_{CD} - I_D = (64.48 - j39.31) - (9.81 - j6.08) = 54.67 - j33.23 A$$

$$I_{EF} = I_{DE} - I_E = (54.67 - j33.23) - (9.81 - j6.08) = 44.86 - j27.15 A$$

$$I_{FG} = I_{EF} - I_F = (44.86 - j27.15) - (9.81 - j6.08) = 35.05 - j21.07 A$$

$$I_{GH} = I_{FG} - I_G = (35.05 - j21.07) - (9.81 - j6.08) = 25.24 - j20.99A$$

$$I_{HI} = I_{GH} - I_H = (25.24 - j20.99) - (9.81 - j6.08) = 15.43 - j14.91 A$$

$$I_{IJ} = I_{HI} - I_I = (15.43 - j14.91) - (9.81 - j6.08) = 5.62 - j8.83A$$

$$I_{JK} = I_{IJ} - I_J = (5.62 - j8.83) - (9.81 - j6.08) = -4.19 - j2.75 A$$

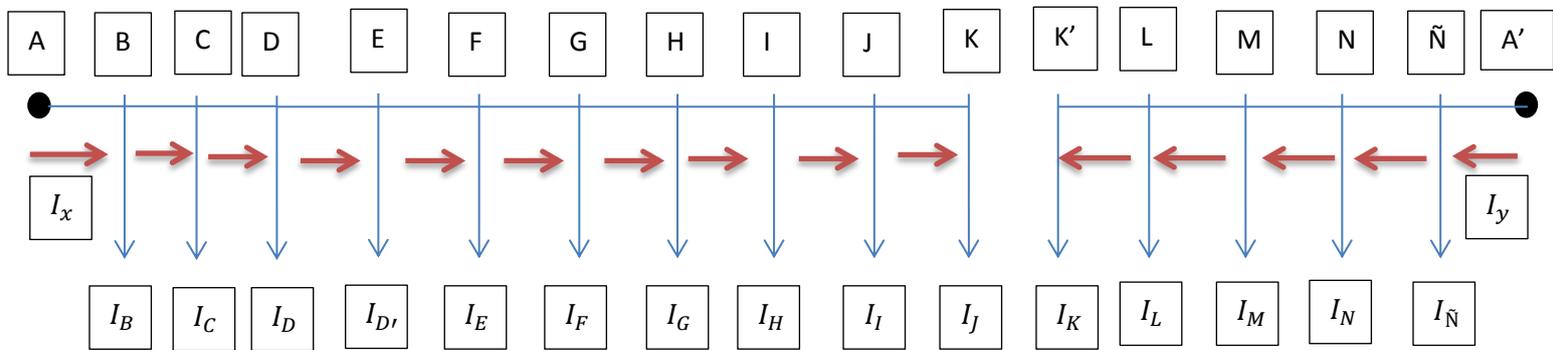
$$I_{KL} = I_{JK} - I_K = (-4.19 - j2.75) - (9.81 - j6.08) = -14 + j3.33 A \rightarrow p.m.t$$

$$I_{LM} = I_{KL} - I_L = (-14 + j3.33) - (9.81 - j6.08) = -23.81 + j9.41 A$$

$$I_{MN} = I_{LM} - I_M = (-23.81 + j9.41) - (9.81 - j6.08) = -33.62 + j15.49 A$$

$$I_{N\tilde{N}} = I_{MN} - I_N = (-33.62 + j15.49) - (9.81 - j6.08) = -43.43 + j21.57 A$$

El punto D sería el de mínima tensión.



$$\Delta U = \sqrt{3} * Z * I = \sqrt{3} * (Z_{A'\tilde{N}} * I_y + Z_{\tilde{N}N} * I_{N\tilde{N}} + Z_{NM} * I_{MN} + Z_{ML} * I_{LM} + Z_{LK} * I_{KL})$$

$$\Delta U = 37.62 - j13.98 = 40.13_{-20.38^\circ} V$$

$$\Delta U\% = \frac{40}{20000} * 100 = 0.2\% < 5\% \rightarrow VÁLIDO$$

#### 2.2.2.4. Cortocircuito.

Según la siguiente tabla del ITC-LAT-06 para conductores de aluminio:

Tipo de aislamiento	$\Delta\theta^*$ (K)	Duración del cortocircuito, $t_{cc}$ , en segundos									
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
PVC: sección $\leq 300 \text{ mm}^2$ sección $> 300 \text{ mm}^2$	90	240	170	138	107	98	76	62	53	48	43
	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 $U_0/U \leq 18/30 \text{ kV}$	145	281	199	162	126	115	89	73	63	56	51

Para un conductor HEPR cuya  $K=145$ , la densidad de corriente máxima admisible es para tiempo de cortocircuito de 0.5s  $\rightarrow 126 \text{ A/mm}^2$ .

La potencia de cortocircuito máxima según Iberdrola es 350MVA.

$$I_{cc} = \frac{350}{\sqrt{3} * 20} = 10.10 \text{ kA}$$

Siendo entonces la densidad de corriente:

$$\frac{10.10 * 10^3}{150} = 67.33 \text{ A/mm}^2$$

Y como comprobamos:

$67.33 \text{ A/mm}^2 < 126 \text{ A/mm}^2 \rightarrow \text{VÁLIDO.}$

#### 2.2.2.5. Resultado de cálculos.

El conductor a utilizar es:

**AL HEPRZ1 3×150/16 mm<sup>2</sup>**

#### 2.2.2.6. Análisis de las tensiones transferibles al exterior por tuberías, raíles, vallas, conductores de neutro, blindajes de cables, circuitos de señalización y de los puntos especialmente peligrosos y estudio de las formas de eliminación o reducción.

De acuerdo con las condiciones de diseño de la línea en una zona completamente nueva para su urbanización y teniendo en cuenta las condiciones del tipo de cable utilizado según el fabricante, las probabilidades de transferencia de tensión al exterior son mínimas. No obstante conviene tener en cuenta lo siguiente:

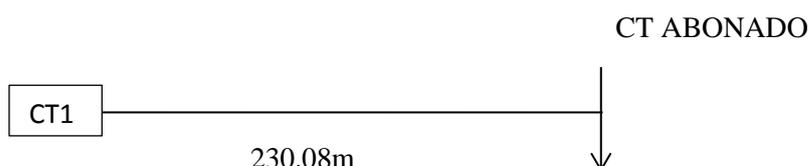
- Serán conectadas a tierra tanto la pantalla como la cubierta metálica del conductor.
- Las zanjas disponen de una profundidad estipuladas por la compañía suministradora de energía, y todas ellas serán de nueva realización y siendo tenidas en cuenta para posteriores instalaciones como servicio de telecomunicaciones, etc.
- En el caso de que en su trazado, la zanja para el tendido del cable de MT, encuentre en su cercanía la cimentación de alguna farola o transporte de comunicaciones, se tendrá el cable a una

distancia mínima de 50 cm. Si esta distancia no se puede cumplir, se utilizará una protección mecánica de resistencia adecuada, prolongada a 50 cm a ambos lados de los cuantos descubrimientos en el sentido longitudinal de la zanja.

### 2.2.3. Centro de Transformación y Reparto – Centro de Transformación Abonado.

#### 2.2.3.1. Previsión de potencia.

El esquema quedaría:



La expresión de la intensidad es  $I = \frac{S}{\sqrt{3} * V}$

Siendo la tensión de 20 kV.

$$I = \frac{400}{\sqrt{3} * 20} = 11.54 A$$

Para entrar en las tablas tenemos que tener en cuenta un factor de corrección debido al agrupamiento de circuitos en la misma zanja, y como podemos observar en la tabla 10 de la ITC-LAT-06:

		Factor de corrección								
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	-	-	-	-

Tomo el valor 0.73 para 3 ternos separados 0.2m.

$$I_{tablas} = \frac{I}{K} = \frac{11.54}{0.73} = 15.8 \text{ A}$$

Con este valor entramos en la tabla de Prysmian correspondiente a los valores máximos admisibles de intensidad para conductores AL EPROTENAX H COMPACT:

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	110	105	98	102	94
25	160	145	135	125	130	120
35	195	180	160	150	155	145
50	230	215	190	180	185	170
70	295	265	235	220	225	210
95	355	320	280	260	265	250
120	410	365	320	295	305	285
150	465	415	360	330	340	315
185	535	475	405	375	385	355
240	630	555	470	440	445	420
300	725	635	530	500	-	-
400	840	-	600	565	-	-
500	975	-	680	650	-	-
630	1125	-	765	730	-	-
	Conductores de Al					
16	96	85	82	76	78	72
25	125	110	105	95	100	95
35	150	135	125	115	120	110
50	180	160	145	135	145	130
70	225	200	180	170	170	160
95	275	240	215	200	205	190
120	320	280	245	230	235	215
150	360	315	275	255	265	240
185	415	360	315	290	295	275
240	495	425	365	345	345	325
300	565	485	410	390	390	365
400	660	-	470	450	-	-
500	775	-	540	515	-	-

Iberdrola aconseja no instalar conductores de sección menor a 150 mm<sup>2</sup>, por lo que:

$$S=150 \text{ mm}^2 \text{ admite } 275 \cdot 0.73 = 200.75 \text{ A} > I_{nom} = 11.54 \text{ A} \rightarrow \text{VÁLIDO}$$

### 2.2.3.2. Caída de tensión.

La expresión de la caída de tensión es la siguiente:

$$\Delta U = \sqrt{3} * I * L * (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

La caída de tensión debe ser menor a un 5% para considerarse válido.

Los valores de resistencia y reactancia los tomo de las tablas VII y VIII del catálogo de Prysmian:

**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	<b>0.430</b>	0.264	0.434
120	0.206	0.340	0.209	0.343
150	0.168	<b>0.277</b>	0.170	0.281
185	0.134	0.221	0.137	0.224
240	0.104	<b>0.168</b>	0.105	0.173
300	0.083	0.136	-	-
400	0.066	<b>0.105</b>	-	-
500	0.054	0.089	-	-

**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	<b>0.118</b>	0.121	<b>0.129</b>
120	0.095	0.098	0.106	0.111	0.112	0.118	0.123
150	0.093	0.096	0.102	0.108	<b>0.110</b>	0.115	<b>0.118</b>
185	0.089	0.093	0.100	0.104	0.106	0.110	0.113
240	0.088	0.090	0.097	0.101	<b>0.102</b>	0.106	<b>0.109</b>
300	0.086	0.088	0.093	0.097	0.099	0.103	0.105
400	0.085	0.086	0.091	0.095	<b>0.096</b>	0.100	<b>0.102</b>
500	0.084	0.084	0.089	0.092	0.093	0.096	0.099

Para una sección de 150 mm<sup>2</sup> tenemos una R=0.277 Ω/km y X=0.11 Ω/km.

Por lo que la caída de tensión queda:

$$\Delta U = \sqrt{3} * 11.54 * 0.23008 * (0.277 * 0.85 + 0.11 * 0.52)$$

$$\Delta U = 1.34 V$$

$$\Delta U\% = \frac{1.34}{20000} * 100 = 6.7 * 10^{-3} \% < 5\% \rightarrow \text{VÁLIDO}$$

### 2.2.3.3. Cortocircuito.

Según la siguiente tabla del ITC-LAT-06 para conductores de aluminio:

Tipo de aislamiento	$\Delta\theta^*$ (K)	Duración del cortocircuito, $t_{cc}$ , en segundos									
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
PVC: sección $\leq 300 \text{ mm}^2$ sección $> 300 \text{ mm}^2$	90	240	170	138	107	98	76	62	53	48	43
	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 $U_0/U \leq 18/30 \text{ kV}$	145	281	199	162	126	115	89	73	63	56	51

Para un conductor HEPR cuya  $K=145$ , la densidad de corriente máxima admisible es para un tiempo de cortocircuito de 0.5s  $\rightarrow 126 \text{ A/mm}^2$ .

La potencia de cortocircuito máxima según Iberdrola es 350 MVA.

$$I_{cc} = \frac{350}{\sqrt{3} * 20} = 10.10 \text{ kA}$$

Siendo entonces la densidad de corriente:

$$\frac{10.10 * 10^3}{150} = 67.33 \text{ A/mm}^2$$

Podemos comprobar que:

$$67.33 \text{ A/mm}^2 < 126 \text{ A/mm}^2 \rightarrow \text{VÁLIDO}$$

### 2.2.3.4. Resultado de cálculos.

El conductor a utilizar es:

**AL HEPRZ1 3×150/16 mm<sup>2</sup>**

### 2.2.3.5. Análisis de las tensiones transferibles al exterior por tuberías, raíles, vallas, conductores de neutro, blindajes de cables, circuitos de señalización y de los puntos especialmente peligrosos y estudio de las formas de eliminación o reducción.

De acuerdo con las condiciones de diseño de la línea en una zona completamente nueva para su urbanización y teniendo en cuenta las condiciones de tipo de cable utilizado según el fabricante, las probabilidades de transferencia de tensión al exterior son mínimas. No obstante conviene tener en cuenta lo siguiente:

- Serán conectadas a tierra tanto la pantalla como la cubierta metálica del conductor.
- Las zanjas disponen de una profundidad estipuladas por la compañía suministradora de energía, y todas ellas serán de nueva realización y siendo tenidas en cuenta para posteriores instalaciones como servicio de telecomunicaciones, etc.

- En el caso de que en su trazado, la zanja para el tendido del cable de MT, encuentre en su cercanía la cimentación de alguna farola o transporte de comunicaciones, se tenderá el cable a una distancia mínima de 50 cm. Si esta distancia no se puede cumplir, se utilizará una protección mecánica de resistencia adecuada, prolongada a 50 cm a ambos lados de los cantos descubiertos en el sentido longitudinal de la zanja.

## 2.3. Centros de Transformación.

### 2.3.1. Centro de Transformación PFU-5/20 y PFU-4/20.

#### 2.3.1.1. Intensidad de alta tensión.

En un sistema trifásico, la intensidad primaria  $I_p$  viene determinada por la expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} * U}$$

Siendo:

S = potencia del transformador en kVA.

U = tensión compuesta primaria en kV = 20 kV

$I_p$  = Intensidad primaria en Amperios.

Sustituyendo valores tendremos:

Potencia del transformador (kVA)	$I_p$ (A)
400	11.55

siendo la intensidad total primaria de 11.55 Amperios.

#### 2.3.1.2. Intensidad de baja tensión.

En un sistema trifásico la intensidad secundaria  $I_s$  viene determinada por la expresión:

$$I_s = \frac{S - W_{fe} - W_{cu}}{\sqrt{3} * U}$$

Siendo:

S = potencia del transformador en kVA.

$W_{fe}$  = pérdida en el hierro.

$W_{cu}$  = pérdida en los arrollamientos.

$U$  = tensión compuesta en carga del secundario en kilovoltios = 0.4 kV.

$I_s$  = Intensidad secundaria en Amperios.

Sustituyendo valores tendremos:

Potencia del transformador (kVA)	$I_s$ (A)
400	569.37

### 2.3.1.3. Cortocircuito.

#### 2.3.1.3.1. Observaciones.

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se determina una potencia de cortocircuito de 350 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la compañía suministradora.

#### 2.3.1.3.2. Cálculo de las Corrientes de Cortocircuito.

Para la realización del cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las expresiones:

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de alta tensión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} * U}$$

Siendo:

$S_{cc}$  = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.

$U$  = Tensión primaria en kV.

$I_{ccp}$  = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de baja tensión:

No la vamos a calcular ya que será menor que la calculada en el punto anterior.

- Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de baja tensión (despreciando la impedancia de la red de alta tensión):

$$I_{ccs} = \frac{S}{\sqrt{3} * \frac{U_{cc}}{100} * U_s}$$

Siendo:

$S$  = Potencia del transformador en kVA.

$U_{cc}$  = Tensión porcentual de cortocircuito del transformador.

$U_s$  = Tensión secundaria en carga en voltios.

$I_{ccs}$  = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

### 2.3.1.3.3. Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Utilizando la fórmula expuesta anteriormente con:

$$S_{cc} = 350 \text{ MVA.}$$

$$U = 20 \text{ kV.}$$

Y sustituyendo valores tendremos una intensidad primaria máxima para un cortocircuito en el lado de A.T. de:

$$I_{ccp} = 10.1 \text{ kA}$$

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

Utilizando la fórmula expuesta anteriormente y sustituyendo valores, tendremos:

$$I_{ccs} = \frac{400}{\sqrt{3} * \frac{4}{100} * 0.4} = 14.43 \text{ kA}$$

Siendo:

- $U_{cc}$ : Tensión de cortocircuito del transformador en tanto por ciento.
- $I_{ccs}$ : Intensidad secundaria máxima para un cortocircuito en el lado de baja tensión.

### 2.3.1.4. 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.

#### 2.3.1.4.1. 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.

### 2.3.1.4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La comprobación por sollicitación electrodinámica tiene como objetivo verificar que los elementos conductores de las celdas incluidas en este proyecto son capaces de soportar el esfuerzo mecánica derivado de un defecto de cortocircuito entre fase.

Para las celdas modelo RM6 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo 51168210XB realizado por VOLTA.

El ensayo garantiza una resistencia electrodinámica de 40 kA.

### 2.3.1.4.3. 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:

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

### 2.3.1.5. Selección de fusibles de alta y baja tensión.

#### ➤ ALTA TENSIÓN.

Los cortacircuitos fusibles son los limitadores de corriente, produciéndose su fusión, para una intensidad determinada, antes que la corriente haya alcanzado su valor máximo. De todas formas, esta protección debe permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío, soportar la intensidad en servicio continuo y sobrecargas eventuales y cortar las intensidades de defecto en los bornes del secundario del transformador.

Como regla práctica, simple y comprobada, que tiene en cuenta la conexión en vacío del transformador y evita el envejecimiento del fusible, se puede verificar que la intensidad que hace fundir al fusible en 0.1 segundo es siempre superior o igual a 14 veces la intensidad nominal del transformador.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia del transformador a proteger.

Sin embargo, en el caso de utilizar como interruptor de protección del transformador un disyuntor en atmósfera de hexafluoruro de azufre, y ser éste el aparato destinado a interrumpir las corrientes de cortocircuito cuando se produzcan, no se instalarán fusibles para la protección de dicho transformador.

Potencia del transformador (kVA)	Intensidad nominal del fusible de A.T. (A)
-----	-----
400	25

➤ BAJA TENSIÓN.

En el circuito de baja tensión del transformador se instalará un Cuadro de Distribución homologado por la Compañía Suministradora.

Potencia del transformador (kVA)	Nº de Salidas en B.T.
400	3

**2.3.1.6. Dimensionado de la ventilación del C.T.**

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

**2.3.1.7. 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.

**2.3.1.8. Cálculos de las instalaciones de puesta a tierra.**

**2.3.1.8.1. 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 150 Ohm•m

**2.3.1.8.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra, y del tiempo máximo de 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 calcular considerando la intensidad máxima empírica y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben ser establecidos por la compañía eléctrica.

Intensidad máxima de defecto:

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

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:

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

### 2.3.1.8.3. 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.

### 2.3.1.8.4. 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  $R_o = 150 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$
- 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:

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

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:

- $K_r \leq 0,2887$

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  $K_c = 0,0483$

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:

- $R'_t = 14,55 \text{ Ohm}$

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

$$\cdot I'_d = 399,19 \text{ A}$$

### 2.3.1.8.5. 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:

$$* V'_d = 5808,27 \text{ V}$$

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:  $V'_c = 2892,16 \text{ V}$

### 2.3.1.8.6. 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:

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

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:

\*  $V_p = 1323,33$  V en el Centro de Transformación

### 2.3.1.8.7. Calculo 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:

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

donde:

$K$	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

$$* V_p = 1954,29 \text{ V}$$

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

$$* V_{p(acc)} = 10748,57 \text{ V}$$

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:

$$* V_p = 1323,33 \text{ V} < V_p = 1954,29 \text{ V}$$

Tensión de paso en el acceso al centro:

$$* V_{p(acc)} = 2892,16 \text{ V} < V_{p(acc)} = 10748,57 \text{ V}$$

Tensión de defecto:

$$* V'd = 5808,27 \text{ V} < V_{bt} = 10000 \text{ V}$$

Intensidad de defecto:

$$* I_a = 50 \text{ A} < I_d = 399,19 \text{ A} < I_{dm} = 400 \text{ A}$$

### 2.3.1.8.8. 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:

\*  $D = 9,53 \text{ m}$

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: 5/22 (según método UNESA)
- \* Geometría: Picas alineadas
- \* Número de picas: dos
- \* Longitud entre picas: 2 metros
- \* Profundidad de las picas: 0,5 m

Los parámetros según esta configuración de tierras son:

- \*  $K_r = 0,201$
- \*  $K_c = 0,0392$

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.

$$R_{tserv} = K_r \cdot R_o = 0,201 \cdot 150 = 30,15 < 37 \text{ Ohm}$$

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.

### 2.3.1.8.9. Corrección y ajuste del diseño inicial, estableciendo el definitivo.

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 "Kr" 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.

### 2.3.2. Centro de Transformación miniBLOCK-24.

#### 2.3.2.1. Intensidad de alta tensión.

En un sistema trifásico, la intensidad primaria  $I_p$  viene determinada por la expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} * U}$$

Siendo:

$S$  = Potencia del transformador en kVA.

$U$  = Tensión compuesta primaria en kV = 20 kV.

$I_p$  = Intensidad primaria en Amperios.

Sustituyendo valores, tendremos:

Potencia del transformador (kVA)	$I_p$ (A)
400	11.55

Siendo la intensidad total primaria de 11.55 Amperios.

#### 2.3.2.2. Intensidad de baja tensión.

En un sistema trifásico la intensidad secundaria  $I_s$  viene determinada por la expresión:

$$I_s = \frac{S - W_{fe} - W_{cu}}{\sqrt{3} * U}$$

Siendo:

$S$  = Potencia del transformador en kVA.

$W_{fe}$  = Pérdidas en el hierro.

$W_{cu}$  = Pérdidas en los arrollamientos.

$U$  = Tensión compuesta en carga del secundario en kilovoltios = 0.4 kV.

$I_s$  = Intensidad secundaria en Amperios.

Sustituyendo valores, tendremos:

Potencia del transformador (kVA)	$I_s$ (A)
400	569.37

### 2.3.2.3. Cortocircuitos.

#### 2.3.2.3.1. Observaciones.

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se determina una potencia de cortocircuito de 350 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Compañía suministradora.

#### 2.3.2.3.2. Cálculo de las Corrientes de Cortocircuito.

Para la realización del cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las expresiones:

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de alta tensión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} * U}$$

Siendo:

$S_{cc}$  = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.

$U$  = Tensión primaria en kV.

$I_{ccp}$  = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de baja tensión:

No la vamos a calcular ya que será menor que la calculada en el punto anterior.

- Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de baja tensión (despreciando la impedancia de la red de alta tensión):

$$I_{ccs} = \frac{S}{\sqrt{3} * \frac{U_{cc}}{100} * U_s}$$

Siendo:

$S$  = Potencia del transformador en kVA.

$U_{cc}$  = Tensión porcentual de cortocircuito del transformador.

$U_s$  = Tensión secundaria en carga en voltios.

$I_{ccs}$  = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

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

Utilizando la fórmula expuesta anteriormente con:

$$S_{cc} = 350 \text{ MVA.}$$

$$U = 20 \text{ kV.}$$

y sustituyendo valores tendremos una intensidad primaria máxima para un cortocircuito en el lado de A.T. de:

$$I_{ccp} = 10.1 \text{ kA.}$$

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

Utilizando la fórmula expuesta anteriormente y sustituyendo valores, tendremos:

Potencia del transformador (kVA)	$U_{cc}$ (%)	$I_{ccs}$ (kA)
400	4	14.43

Siendo:

- $U_{cc}$ : Tensión de cortocircuito del transformador en tanto por ciento.
- $I_{ccs}$ : Intensidad secundaria máxima para un cortocircuito en el lado de baja tensión.

### 2.3.2.4. 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.

#### 2.3.2.4.1. 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.

#### 2.3.2.4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito, por lo que:

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

### 2.3.2.4.3. 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:

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

### 2.3.2.4.4. 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.

#### 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.

#### **2.3.2.4.5. 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

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.

#### **2.3.2.4.6. 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

#### **2.3.2.4.7. 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.

#### **2.3.2.4.8. Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra.**

#### **2.3.2.4.9. 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 150 Ohm·m.

#### **2.3.2.4.10. 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.

#### **2.3.2.4.11. 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.

#### **2.3.2.4.12. 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:

- Limitación de la intensidad a tierra:  $I_{dm} = 500 \text{ A}$

Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT:

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

Características del terreno:

- Resistencia de tierra  $R_o = 150 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$
- 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:  
 $I_d \cdot R_t \leq V_b$

donde:

$I_d$  intensidad de falta a tierra [A]

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

Vbt tensión de aislamiento en baja tensión [V]

La intensidad del defecto se calcula de la siguiente forma:

$$I d = I dm$$

donde:

Idm limitación de la intensidad de falta a tierra [A]

Id intensidad de falta a tierra [A]

Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

$$Id = 500 \text{ A}$$

La resistencia total de puesta a tierra preliminar:

$$Rt = 20 \text{ Ohm}$$

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 Kr 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:

$$K \leq \frac{Rt}{Ro}$$

donde:

Rt resistencia total de puesta a tierra (ohm)

Ro resistividad del terreno en [Ohm·m]

Kr coeficiente del electrodo

#### -Centro de Transformación

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

$$Kr \leq 0,1333$$

La configuración adecuada para este caso tiene las siguientes propiedades:

Configuración seleccionada	30-30/5/42
Geometría del sistema	Anillo rectangular
Distancia de la red	3.0x3.0 m
Profundidad del electrodo horizontal	0,5 m
Número de picas	cuatro
Longitud de las picas	2 metros

Parámetros característicos del electrodo:

Resistencia Kr	0,11
Tensión de paso Kp	0,0258
Tensión de contacto Kc	0,0563

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:

$$R_t = K_r \cdot R_o$$

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:

$$R_t = 16,5 \text{ Ohm}$$

y la intensidad de defecto real

$$I_d = 500 \text{ A}$$

#### 2.3.2.4.13. 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:

$$V_d = R_t \cdot I_d$$

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:

$$V'd = 8250 \text{ V}$$

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:

$$V_c = K_c \cdot R_o \cdot I d$$

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:

$$V'c = 4222,5 \text{ V}$$

#### 2.3.2.4.14. 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:

$$V'p = 1935 \text{ V en el Centro de Transformación}$$

#### 2.3.2.4.15. Cálculo de las tensiones aplicadas.

Centro de Transformación

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

12.  $t = 0,7$  seg

13.  $K = 72$

14.  $n = 1$

Tensión de paso en el exterior:

$$V_p = \frac{10 * k}{t^n} * \left(1 + \frac{6 * R_0}{1000}\right)$$

donde:

K coeficiente

t tiempo total de duración de la falta [s]

n coeficiente

R<sub>0</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

$$V_p = 1954,29 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso al edificio:

$$V_p = \frac{10 * k}{t^n} * \left(1 + \frac{3 * R_0 + 3 * R'_0}{1000}\right)$$

donde:

K coeficiente

t tiempo total de duración de la falta [s]

n coeficiente

R<sub>0</sub> resistividad del terreno en [Ohm·m]

R'<sub>0</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

$$V_{p(acc)} = 10748,57 \text{ V}$$

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:

$$V_p = 1935 \text{ V} < V_p = 1954,29 \text{ V}$$

Tensión de paso en el acceso al centro:

$$V_{p(acc)} = 4222,5 \text{ V} < V_{p(acc)} = 10748,57 \text{ V}$$

Tensión de defecto:

$$V_d = 8250 \text{ V} < V_{bt} = 10000 \text{ V}$$

Intensidad de defecto:

$$I_a = 50 \text{ A} < I_d = 500 \text{ A} < I_{dm} = 500 \text{ A}$$

#### 2.3.2.4.16. 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:

$$D = \frac{R_0 * I'_d}{2000 * \pi}$$

donde:

$R_0$  resistividad del terreno en [Ohm·m]

$I'_d$  intensidad de defecto [A]

D distancia mínima de separación [m]

Para este Centro de Transformación:

$$D = 11,94 \text{ m}$$

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	8/22 (según método UNESA)
Geometría	Picas alineadas
Número de picas	dos
Longitud entre picas	2 metros
Profundidad de las picas	0,8 m

Los parámetros según esta configuración de tierras son:

$$- K_r = 0,194$$

$$- K_c = 0,0253$$

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.

$$R_{tserv} = K_r \cdot R_0 = 0,194 \cdot 150 = 29,1 < 37 \text{ Ohm}$$

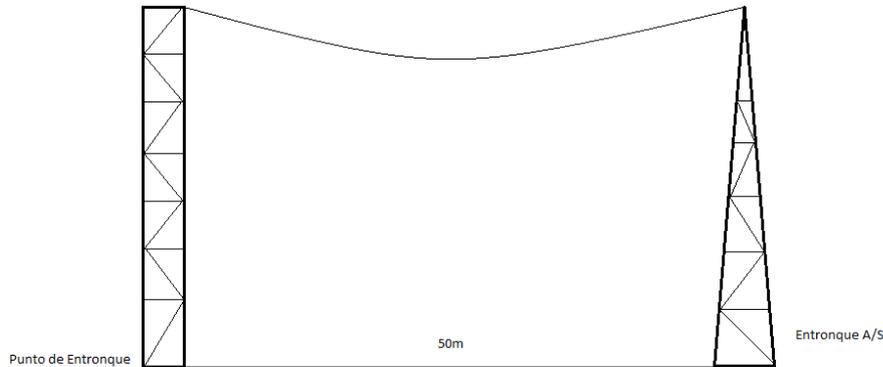
Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, protegido con tubo de PVC de grado de protección 7 como mínimo, contra daños mecánicos.

#### 2.3.2.4.17. 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 " $K_r$ " 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.

## 2.4. Diseño del armado del entronque aéreo subterráneo.



- Comprobamos que tipo de conductor vamos a utilizar.

El conductor elegido tiene que admitir toda la intensidad de la urbanización. Para ello calculamos dicha intensidad mediante la potencia total en la urbanización:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\alpha} = \frac{4\% * 9680.35}{\sqrt{3} * 20 * 0.85} = 131 A < 197A$$

El conductor LA-56 admite como máximo 197 A, por lo tanto es válido.

$$P = 9680.35 \text{ kVA}$$

$$V = 20 \text{ kV}$$

$$\cos\alpha = 0.85$$

- Cálculo de la altura del apoyo.

$$HV = d + f - 1.2 \quad HT = HV + h - 0.2$$

Cálculo de la flecha:  $a_e \cong 50m$   $\left. \begin{array}{l} f=1.14m \\ T=51 \text{ daN} \end{array} \right\}$  Hip. +50°C

- Distancia entre conductores  $D = K * \sqrt{F + L} + K' * D_{pp}$

$$K=f(\alpha); \alpha = \arctg \frac{Sbv}{P} = \arctg \frac{0.57}{0.6} = 43.53^\circ \rightarrow K = 0.6$$

$$S_{bv} = 60 * (9.5 * 10^{-3}) = 0.57 \text{ kg/m}$$

$$P_a = \sqrt{0.189^2 + (60 * (9.5 * 10^{-3}))^2} = 0.6 \text{ kg/m}$$

$$F = 0.61 \text{ m}$$

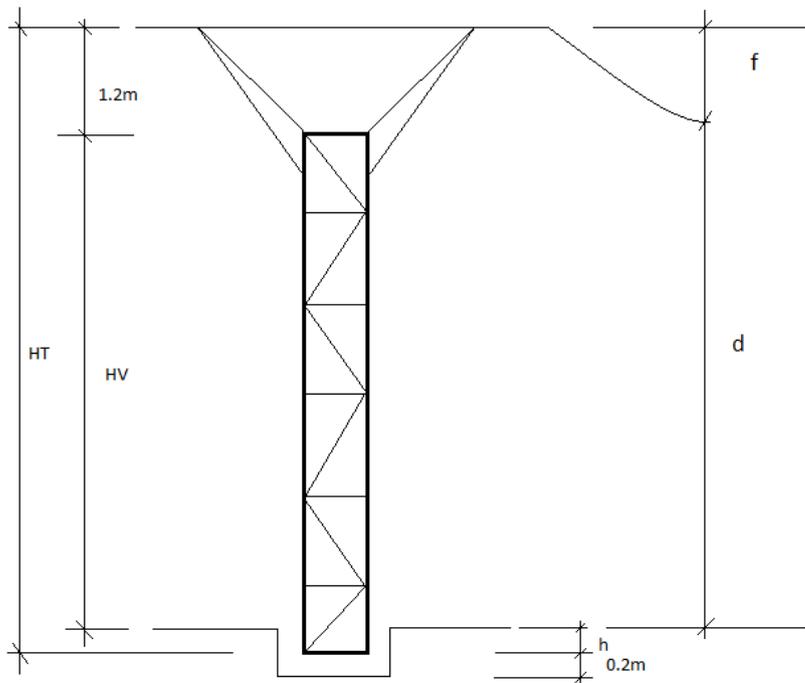
$$L = 0$$

$$K' = 0.75$$

$$D_{pp} = 0.25$$

$$D = 0.6 * \sqrt{1.14 + 0} + 0.75 * 0.25 = 0.83 \text{ m} < 1.5 \text{ m} \rightarrow \text{ARMADO B2 VÁLIDO}$$

- Procedo al cálculo de la altura del apoyo:



$$d = D_{add} + D_{el} = 5.3 + 0.22 = 5.53m \cong 6m$$

$$HV = d + f - 1.2 = 6 + 1.14 - 1.2 = 5.94m$$

Escojo un HT=10m     $10 = HV + 1.5 - 0.2$  ;     $HV = 8.7m > 5.94m$  VÁLIDO

$$d = 8.7 - 1.14 + 1.2 = 8.76m$$

#### APOYO 10 C-500

#### ARMADO B2

El apoyo de 10m es válido ya que al cruzarse con una línea de telecomunicaciones y tener una flecha de 1.14m hay distancia suficiente entre el conductor del entronque y el de la línea de telecomunicación, siendo la distancia máxima entre ambos de 2m.

# **PLIEGO DE CONDICIONES**

## INDICE

3.	PLIEGO DE CONDICIONES.....	4
3.1.	Generalidades. ....	4
3.2.	INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN. ....	4
3.2.1.	Calidad de los materiales. Condiciones y ejecución.....	4
3.2.1.1.	Conductores: Tendido, empalmes, terminales, cruces y protecciones. ....	5
3.2.1.2.	Señalización.....	6
3.2.1.3.	Empalmes y terminales. ....	7
3.2.1.4.	Accesorios.....	7
3.2.1.5.	Medidas eléctricas.....	7
3.2.1.6.	Obra Civil. ....	8
3.2.1.7.	Zanjas: Ejecución, tendido, cruzamientos, señalización y acabado. ....	8
3.2.2.	Normas generales para la ejecución de las instalaciones. ....	9
3.2.3.	Revisiones y pruebas reglamentarias al finalizar la obra. ....	11
3.2.4.	Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad. ....	11
3.2.5.	Revisiones, inspecciones y pruebas periódicas reglamentarias a efectuar por parte de instaladores, de mantenedores y/o de organismos de control. ....	12
3.3.	INSTALACIÓN MEDIA TENSIÓN. ....	12
3.3.1.	Calidad de los materiales. Condiciones y ejecución.....	12
3.3.1.1.	Conductores: Tendido, empalmes, terminales, cruces y protecciones. ....	13
3.3.1.2.	Obra Civil. ....	17
3.3.1.3.	Zanjas: ejecución, tendido, cruzamientos, paralelismos, señalización y acabado. ....	17
3.3.2.	Normas generales para la ejecución de las instalaciones. ....	19
3.4.	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN MINIBLOCK. ....	20
3.4.1.	Calidad de los materiales. ....	20

3.4.1.1.	Obra Civil. ....	20
3.4.1.2.	Aparamenta de Alta Tensión.....	21
3.4.1.3.	Transformadores de potencia. ....	21
3.4.2.	Normas de ejecución de las instalaciones.....	22
3.4.3.	Pruebas reglamentarias. ....	22
3.4.3.1.	Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad. ....	22
3.4.3.2.	Certificados y documentación.....	23
3.4.4.	Libro de órdenes.....	23
3.5.	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PFU-5/20 y PFU-4/20.....	23
3.5.1.	Calidad de los materiales. ....	23
3.5.1.1.	Obra Civil. ....	23
3.5.1.2.	Aparamenta de Alta Tensión.....	23
3.5.1.3.	Transformadores de potencia. ....	24
3.5.2.	Equipos de medida.....	24
3.5.3.	Normas de ejecución de las instalaciones.....	25
3.5.4.	Pruebas reglamentarias. ....	25
3.5.5.	Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad. ....	26
3.5.6.	Certificados y documentación.....	26
3.5.7.	Libro de órdenes.....	26

### **3. PLIEGO DE CONDICIONES.**

#### **3.1. Generalidades.**

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.

#### **3.2. INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN.**

##### **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.

Se utilizarán cables con aislamiento de dieléctrico seco, tipos XZ1(S), de las características siguientes:

Cable tipo XZ1(S):

- Conductor..... Aluminio
- Secciones..... 95 - 150 y 240 mm<sup>2</sup>
- Tensión asignada..... 0,6/1 kV
- Aislamiento..... Mezcla de polietileno reticulado (XLPE)
- Cubierta..... PVC

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 150 mm<sup>2</sup> y 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 95 mm<sup>2</sup>, se utilizará como neutro de la sección de 150 mm<sup>2</sup> línea de derivación de la red general y acometidas.

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.

### **3.2.1.1. Conductores: Tendido, empalmes, terminales, cruces y protecciones.**

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.

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.

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.

### **3.2.1.2. 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.

### **3.2.1.3. 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.

### **3.2.1.4. 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.

### **3.2.1.5. 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.

### **3.2.1.6. Obra Civil.**

La obra civil llevada a cabo en esta parte del proyecto consiste en la realización de las zanjas por donde discurrirá la red de baja tensión, los tipos de zanjas se escriben en el siguiente apartado en el cual veremos distintas disposiciones según el número de conductores a introducir en ellas.

### **3.2.1.7. 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.

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 0,35 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, 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 0,10m 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 considere 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.

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 número 9, 10 y 11.

### **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.

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.

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.

### **3.2.3. 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.

### **3.2.4. 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.

### **3.2.5. Revisiones, inspecciones y pruebas periódicas reglamentarias a efectuar por parte de instaladores, de mantenedores y/o de organismos de control.**

Generalmente, este tipo de instalación 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.

## **3.3. INSTALACIÓN MEDIA TENSIÓN.**

### **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 conductores de aluminio de la casa Prysmian del tipo “ AL EPROTENAXH COMPACT 12/20 kV ”.

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 semiconductor 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 semiconductor 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.

#### **Tendido de los cables.**

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.

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 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.

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 tapanán 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.

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 semiconductoras pues ofrecen dificultades a la vista y los efectos de una deficiencia en este sentido pueden originar el fallo del cable en servicio.

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.

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.

### **3.3.1.2. 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.

### **3.3.1.3. 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.

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 monoductos 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.

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 0,8 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.

### **3.3.2. 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.

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.

### **3.4. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN MINIBLOCK.**

#### **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 Alta Tensión.**

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.

### **3.4.2. 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.

#### **3.4.3.1. 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.

### **3.4.3.2. 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.

### **3.4.4. 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. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PFU-5/20 y PFU-4/20.**

### **3.5.1. Calidad de los materiales.**

#### **3.5.1.1. 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.

#### **3.5.1.2. Aparamenta de Alta Tensión.**

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.

### **3.5.1.3. 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.

### **3.5.2. 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 aparata 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 aparata interior en gas, evitando de esta forma el deterioro de los circuitos principales de la instalación.

### **3.5.3. 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.

### **3.5.4. 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.

### **3.5.5. 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.

### **3.5.6. 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.

### **3.5.7. 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.

# PRESUPUESTO

4.	PRESUPUESTO .....	3
4.1.	Presupuesto Baja Tensión.....	3
4.2.	Presupuesto Media Tensión.....	4
4.3.	Presupuesto Centros de Transformación.....	5
4.3.1.	Centro de Transformación PFU-5/20.....	5
4.3.2.	Presupuesto Centro de Transformación PFU-4/20.....	11
4.3.3.	Presupuesto Centro de Transformación miniBLOCK.....	19
4.4.	Diversos materiales eléctricos.....	24
4.5.	Presupuesto total.....	25

## 4. PRESUPUESTO.

### 4.1.Presupuesto Baja Tensión.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	PRECIO TOTAL (€)
<u>ZANJA EN ASFALTO</u> <u>PARA B.T.</u>				
Zanja 0,8 x 1,25 m2	ML	200	37	7400
Tubos DPN 160 mm2	ML	160	8,2	1312
Hormigón	m3	50	44	2200
Cinta señalizadora	ML	70	0,3	21
Relleno zahorra	m3	50	15	750
Aglomerado asfáltico	m3	20	13	260
<u>ZANJA EN ACERA</u> <u>PARA B.T.</u>				
Zanja 0,8 x 1 m2	ML	6000	42	252000
Arena lavada	m3	800	20	16000
Cinta señalizadora	ML	3200	0,3	960
Relleno zahorra	m3	500	15	7500
Baldosa	ML	1700	12	20400
Tendido Cable 0,6/1 KV 1x240 mm2 Al	ML	18000	2,7	48600
Tendido Cable 0,6/1 KV 1x150 mm2 Al	ML	18000	2,7	48600
Empalmes de conexión	UD	150	4	600
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>				<b>406003 €</b>

#### 4.2. Presupuesto Media Tensión.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	PRECIO TOTAL (€)
<u>ZANJA EN ASFALTO</u> <u>PARA M.T.</u>				
Zanja 0,8 x 1,25 m2	ML	30	37	1110
Tubos DPN 160 mm2	ML	80	8,2	656
Hormigón	m3	50	44	2200
Cinta señalizadora	ML	55	0,3	16,5
Relleno zahorra	m3	30	15	450
Aglomerado asfáltico	m3	20	13	260
<u>ZANJA EN ACERA</u> <u>PARA M.T.</u>				
Zanja 0,8 x 1 m2	ML	2000	42	84000
Arena lavada	m3	600	20	12000
Cinta señalizadora	ML	2000	0,3	600
Relleno zahorra	m3	400	15	6000
Baldosa	ML	1000	12	12000
Tendido cable HEPRZ1 3x150 mm2	ML	12000	5,6	67200
<b>Total presupuesto</b>	<b>Media Tensión</b>			<b>186462.5€</b>

### 4.3. Presupuesto Centros de Transformación.

#### 4.3.1. Centro de Transformación PFU-5/20.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
1 Edificio de Transformación: PFU-5/20 Edificio prefabricado constituido por una envolvente, de estructura monobloque, de hormigón armado, tipo PFU-5/20, de dimensiones generales aproximadas 6080 mm de largo por 2380 mm de fondo por 3045 mm de alto. Incluye el edificio y todos sus elementos exteriores según CEI 622171-202, transporte, montaje y accesorios.	1	11.825,00 €	11.825,00 €
<b>Total importe obra civil</b>			<b>11.825,00 €</b>

#### Equipos de media tensión

1 Entrada / Salida 1: CGMCOSMOS-L  
Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL, con las siguientes características:  
Un = 24 kV  
In = 630 A  
Icc = 16 kA / 40 kA  
Dimensiones: 365 mm / 735 mm / 1300 mm  
Mando: motorizado tipo BM  
Se incluyen el montaje y conexión.

4	6.212,50 €	24.850,00 €
---	------------	-------------

1 Seccionamiento compañía: CGMCOSMOS-S

Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL, con las siguientes características:

Un = 24 kV

In = 630 A

Icc = 16 kA / 40 kA

Dimensiones: 365 mm / 735 mm / 1300 mm

Mando: motorizado tipo BM

Se incluyen el montaje y conexión.

1

2.675,00 €

2.675,00 €

1 Proteccion transformador 1: CGMCOSMOS-P

Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL, con las siguientes características:

Un = 24 kV

In = 400 A

Icc = 16 kA / 40 kA

Dimensiones: 470 mm / 735 mm / 1300 mm

Mando (fusibles): manual tipo BR

Se incluyen el montaje y conexión.

1

3.500,00 €

3.500,00 €

1 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 empleando 3 de 10 m de longitud, y terminaciones ELASTIMOLD de 24 kV del tipo enchufable acodada y modelo K158LR.

1

1.175,00 €

1.175,00 €

**Total importe equipos media tensión**

32.200,00 €

### **Equipo de potencia**

1 Transformador 1: Transformador aceite 24 kV Transformador trifásico reductor de tensión, según las normas citadas en la Memoria 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), grupo de conexión Dyn11, de tensión de cortocircuito de 4% y regulación primaria de + 2,5%, + 5%, + 7,5%, + 10 %.

1

9.450,00 €

9.450,00 €

Total importe equipos de potencia

9.450,00 €

### **Equipo de Baja Tensión**

1 Cuadros BT - B1 Transformador 1: Cuadros Baja Tensión UNESA Cuadro de BT UNESA, con 5 salidas con fusibles salidas trifásicas con fusibles en bases ITV, y demás características descritas en la Memoria.

1

1.200,00 €

1.200,00 €

1 Puentes BT - B1 Transformador 1: Puentes BT -

B1

Transformador 1

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 + 2xneutro de 2,5 m de longitud.

1

1.050,00 €

1.050,00 €

**Total importe equip. de baja tensión**

**2.250,00 €**

### **Sistema de puesta a Tierra**

1 Tierras Exteriores Prot Seccionamiento:

Anillo rectangular

Instalación exterior de puesta a tierra de protección en el edificio de seccionamiento, debidamente montada y conexionada, empleando conductor de cobre desnudo.

El conductor de cobre está unido a picas de acero cobreado de 14 mm de diámetro.

Características:

Geometría: Anillo rectangular

Profundidad: 0,8m

Numero de picas:4

Longitud de picas: 2m

Dimensiones del rectángulo: 2x2m

1

1.285,00 €

1.285,00 €

1 Tierras Exteriores Serv Transformación:

Picas alineadas

Tierra de servicio o neutro del transformador.

Instalación exterior realizada con cobre aislado con el mismo tipo de materiales que las tierras de protección.

Características:

Geometría: Picas alineadas

Profundidad: 0,8m

Numero de picas: 2

Longitud de picas: 2m

Distancia entre picas: 3m

1

1.630,00 €

1.630,00 €

1 Tierras Interiores Prot Seccionamiento:

Instalación interior tierras

Instalación de puesta a tierra de protección en el edificio de seccionamiento, con el conductor de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup>, grapado a la pared, y conectado a los equipos de MT y demás aparata de este edificio, así como una caja general de tierra de protección según las normas de la compañía.

1

925,00 €

925,00 €

1 Tierras Interiores Prot Transformación:

Instalación interior tierras

Instalación de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, con el conductor de cobre desnudo, grapado a la pared, y conectado a los equipos de MT y demás aparata de este edificio, así como una caja general de tierra de protección según las normas de la compañía

suministradora.

	1	925,00 €	925,00 €
Total importe sistemas de tierras			4.765,00 €
<b>Total CT tipo pfu-5/20 400 kVA</b>			<b>60.490,00 €</b>

### 4.3.2. Presupuesto Centro de Transformación PFU-4/20.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
<b>1</b> Edificio de Transformación: <i>PFU-4/20</i>  Edificio prefabricado constituido por una envolvente, de estructura monobloque, de hormigón armado, tipo PFU-4/20, de dimensiones generales aproximadas 4460 mm de largo por 2380 mm de fondo por 3045 mm de alto. Incluye el edificio y todos sus elementos exteriores según CEI 622171-202, transporte, montaje y accesorios.		<b>8.400,00 €</b>	<b>8.400,00 €</b>
Total importe obra civil			<b>8.400,00 €</b>

#### 1. Equipo de MT

<b>1</b> Entrada / Salida 1: <i>CGMCOSMOS-L</i>  Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL, con las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> <li>· Un = 24 kV</li> <li>· In = 400 A</li> <li>· Icc = 16 kA / 40 kA</li> <li>· Dimensiones: 365 mm / 735 mm / 1740 mm</li> <li>· Mando: manual tipo B</li> </ul> Se incluyen el montaje y conexión.		<b>2.675,00 €</b>	<b>2.675,00 €</b>
--	--	-------------------	-------------------

**1** Entrada / Salida 2: *CGMCOSMOS-L*

Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL, con las siguientes características:

- \*  $U_n = 24$  kV
- \*  $I_n = 400$  A
- \*  $I_{cc} = 16$  kA / 40 kA
- \* Dimensiones: 365 mm / 735 mm / 1740 mm
- \* Mando: manual tipo B

Se incluyen el montaje y conexión.

**2.675,00 €      2.675,00 €**

**1** Protección Transformador 1: *CGMCOSMOS-P*

Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL con las siguientes características:

- $U_n = 24$  kV
- $I_n = 400$  A
- $I_{cc} = 16$  kA / 40 kA
- Dimensiones: 470 mm / 735 mm / 1740 mm
- Mando (fusibles): manual tipo BR

Se incluyen el montaje y conexión.

**3.500,00 €      3.500,00 €**



**1** 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 empleando 3 de 10 m de longitud, y terminaciones ELASTIMOLD de 24 kV del tipo enchufable acodada y modelo K158LR.

1.175,00 € 1.175,00 €

**Equipos de potencia**

**1** Transformador 1: *Transformador aceite 24 kV*

Transformador trifásico reductor de tensión, según las normas citadas en la Memoria 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), grupo de conexión Dyn11, de tensión de cortocircuito de 4% y regulación primaria de + 2,5%, + 5%, + 7,5%, + 10 %.

Se incluye también una protección con Termómetro.

9.450,00 € 9.450,00 €

**Equipos de Baja Tensión**

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

Cuadro de Baja Tensión Optimizado CBTO-C, con 8 salidas con fusibles salidas trifásicas con fusibles en bases ITV, y demás características descritas en la Memoria.

2.975,00 € 2.975,00 €

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

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 de 2,5 m de longitud.

**1.150,00 €      1.150,00 €**



Total importe equipos de BT

**4.125,00 €**



**Sistema de Puesta a Tierra**

**Instalaciones de Tierra exteriores**

**1 Tierras Exteriores Prot Transformación: *Anillo rectangular***

Instalación exterior de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, debidamente montada y conexas, empleando conductor de cobre desnudo.

El conductor de cobre está unido a picas de acero cobreado de 14 mm de diámetro.

Características:

- Geometría: Anillo rectangular
- Profundidad: 0,5 m
- Número de picas: cuatro
- Longitud de picas: 2 metros
- Dimensiones del rectángulo: 5.0x2.5 m

**1.285,00 €      1.285,00 €**



**1 Tierras Exteriores Serv Transformación: Picas alineadas**

Tierra de servicio o neutro del transformador. Instalación exterior realizada con cobre aislado con el mismo tipo de materiales que las tierras de protección.

Características:

- \* Geometría: Picas alineadas
- \* Profundidad: 0,5 m
- \* Número de picas: dos
- \* Longitud de picas: 2 metros
- \* Distancia entre picas: 3 metros

630,00 € 630,00 €

**Instalaciones de Tierras Interiores**

**1 Tierras Interiores Prot Transformación: Instalación interior tierras**

Instalación de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, con el conductor de cobre desnudo, grapado a la pared, y conectado a los equipos de MT y demás aparata de este edificio, así como una caja general de tierra de protección según las normas de la compañía suministradora.

925,00 € 925,00 €

**1 Tierras Interiores Serv Transformación: Instalación interior tierras**

Instalación de puesta a tierra de servicio en el edificio de transformación, con el conductor de cobre aislado, grapado a la pared, y conectado al neutro de BT, así como una caja general de tierra de servicio según las normas de la compañía suministradora.

925,00 € 925,00 €

**Total importe sistema de tierras**

**3.765,00 €**



**Varios**

- Defensa de Transformadores

**1** Defensa de Transformador 1: *Protección física transformador*

Protección metálica para defensa del transformador.

233,00 €

233,00 €

- Equipos de Iluminación en el edificio de transformación

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

Equipo de iluminación compuesto de:

- \* Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los equipos de MT.
  
- \* Equipo autónomo de alumbrado de emergencia y señalización de la salida del local.

600,00 €

600,00 €

**1** Maniobra de Transformación: *Equipo de seguridad y maniobra*

Equipo de operación que permite tanto la realización de maniobras con aislamiento suficiente para proteger al personal durante la operación, tanto de maniobras como de mantenimiento, compuesto por:

- \* Banquillo aislante
- \* Par de guantes de amianto
- \* Una palanca de accionamiento
- \*

325,00 €

325,00 €

**Presupuesto Total del PFU-4/20**

Total importe obra civil	8.400,00 €	<input type="text"/>
Total importe aparamenta de MT	10.025,00 €	<input type="text"/>
Total importe equipos de potencia	9.450,00 €	<input type="text"/>
Total importe equipos de BT	4.125,00 €	<input type="text"/>
Total importe sistema de tierras	3.765,00 €	<input type="text"/>
Total importe de varios	1.158,00 €	<input type="text"/>
<b>Neto del presupuesto completo</b>	<b>36.923,00 €</b>	<input type="text"/>

### 4.3.3. Presupuesto Centro de Transformación miniBLOCK.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
1 Edificio de Transformación: miniBLOK - 24 Edificio prefabricado constituido por una envolvente, de estructura monobloque, de hormigón armado, tipo miniBLOK - 24, de dimensiones generales aproximadas 2100 mm de largo por 2100 mm de fondo por 2240 mm de alto. Incluye el edificio, todos sus elementos exteriores según RU-1303A, transporte, montaje, accesorios y aparamenta interior que esta formada sobre un bastidor por los siguientes elementos:	1		

#### **Equipos de Media Tensión**

1 E/S1,E/S2,PT1: CGMCOSMOS-2LP Equipo compacto de corte y aislamiento íntegro en gas, extensible y preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL con las siguientes características:  Un = 24 kV  In = 400 A  Icc = 16 kA / 40 kA  Dimensiones: 1190 mm / 735 mm / 1300 mm  Mando 1: manual tipo B  Mando 2: manual tipo B  Mando (fusibles): manual tipo BR			
--	--	--	--

### **Interconexiones de Media Tensión**

1 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 empleando 3 de 10 m de longitud, y terminaciones ELASTIMOLD de 24 kV del tipo enchufable acodada y modelo K158LR. En el otro extremo son del tipo enchufable acodada y modelo K158LR

1

### **Equipos de Potencia**

1 Transformador 1: Transformador aceite 24 kV Transformador trifásico reductor de tensión, según las normas citadas en la Memoria 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), grupo de conexión Dyn11, de tensión de cortocircuito de 4% y regulación primaria de + 2,5%, + 5%, + 7,5%, + 10 %.

1

### **Equipo de Baja Tensión**

1 Cuadros BT - B2 Transformador 1: CBTO Cuadro de BT especialmente diseñado para esta aplicación, con las características indicadas en la Memoria

1

## **Interconexiones de Baja Tensión**

1 Puentes BT - B2 Transformador 1: Puentes BT -  
B2 Transformador 1

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 +  
1xneutro de 2,5 m de longitud

1

## **Varios**

1 Iluminación Edificio de Transformación: Equipo de  
iluminación

Equipo de iluminación compuesto de:

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

1

1 Maniobra de Transformación: Equipo de  
seguridad y maniobra

Equipo de operación que permite tanto la  
realización de maniobras con aislamiento  
suficiente para proteger al personal durante la  
operación, tanto de maniobras como de  
mantenimiento, compuesto por:

Par de guantes de amianto

Una palanca de accionamiento

1

## **Sistema de Puesta a Tierra**

### 1 Tierras Exteriores Prot Seccionamiento:

Anillo rectangular

Instalación exterior de puesta a tierra de protección en el edificio de seccionamiento, debidamente montada y conexionada, empleando conductor de cobre desnudo.

El conductor de cobre está unido a picas de acero cobreado de 14 mm de diámetro.

Características:

Geometría: Anillo rectangular

Profundidad: 0,8m

Numero de picas:4

Longitud de picas: 2m

Dimensiones del rectángulo: 2x2m

1

### 1 Tierras Exteriores Serv Transformación:

Picas alineadas

Tierra de servicio o neutro del transformador.

Instalación exterior realizada con cobre aislado con el mismo tipo de materiales que las tierras de protección.

Características:

Geometría: Picas alineadas

Profundidad: 0,8m

Numero de picas: 2

Longitud de picas: 2m

Distancia entre picas: 3m

1

1 Tierras Interiores Prot Seccionamiento:

Instalación interior tierras

Instalación de puesta a tierra de protección en el edificio de seccionamiento, con el conductor de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup>, grapado a la pared, y conectado a los equipos de MT y demás aparamenta de este edificio, así como una caja general de tierra de protección según las normas de la compañía.

1

1 Tierras Interiores Prot Transformación:

Instalación interior tierras

Instalación de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, con el conductor de cobre desnudo, grapado a la pared, y conectado a los equipos de MT y demás aparamenta de este edificio, así como una caja general de tierra de protección según las normas de la compañía suministradora.

1

**Total CT tipo miniBLOK 400 kVA**

**31.180,00 €**

#### 4.4. Diversos materiales eléctricos.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO €	TOTAL €
Caja general de protección CAHORS CGP-7-400/BUC.	18	358	6.444,00
Caja de protección, medida y seccionamiento para un abonado CAHORS CPM3-D2/*-CS-M.	10	466	4.660,00
Caja de protección, medida y seccionamiento para dos abonados CAHORS CPM3-D2/2-CS-M. .	77	483	37.191,00
Zócalo CAHORS GRC armario 750.	87	100	8.700,00
Fusible gG-200 A.	10	2	20,00
Fusible gG-250 A.	14	3	42,00
Fusible gG-315 A.	30	4	120,00
Fusible gG-160	8	4	32,00
<b>TOTAL</b>			<b>57.105,00€</b>

#### **4.5.Presupuesto total.**

Propuesta Baja Tensión	406003,00€
Propuesta Media Tensión	186462.5,00€
Centro de Transformación PFU-5/20	60.490,00€
Centro de Transformación PFU-4/20	36.923,00€
Centro de Transformación miniBLOCK	31.180,00€
Diversos materiales eléctricos	57.105,00€
<b>PRECIO TOTAL</b>	<b>778.163.5€</b>

## INDICE PLANOS

1. Situación
2. Emplazamiento
3. Anillo de Media Tensión, Acometida y Abonado.
4. Centro de Transformación 1
5. Centro de Transformación 2
6. Centro de Transformación 3.
7. Centro de Transformación 4.
8. Centro de Transformación 5
9. Centro de Transformación 6
10. Centro de Transformación 7
11. Centro de Transformación 8
12. Centro de Transformación 9
13. Centro de Transformación 10
14. Centro de Transformación 11
15. Centro de Transformación 12
16. Centro de Transformación 13
17. Centro de Transformación 14
18. Centro de Transformación 15
19. Zanjas acera
20. Zanjas calzada
21. Esquema Unifilar
22. Dimensiones miniBLOCK
23. Dimensiones PFU-5
24. Planta del entronque
25. Puesta a tierra centros de transformación
26. Dimensiones PFU-4
27. Perfil y detalles del entronque A/S
28. Puesta a tierra PFU-4

**ESTUDIO BÁSICO DE  
SEGURIDAD Y SALUD**

## INDICE

<b>6. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD. ....</b>	<b>3</b>
6.1. Objeto.....	3
6.2. Características generales de la obra. ....	3
6.2.1. Descripción de la obra y situación.....	3
6.2.2. 6.2.2. Servicios higiénicos.....	3
6.3. Riesgos laborables. ....	3
6.3.1. Movimientos de tierras. ....	3
6.3.2. Cimentación y estructura. ....	4
6.3.3. Instalación eléctrica. ....	5
6.4. Instalaciones provisionales y asistencia sanitaria. ....	6
6.5. Normativa aplicable. ....	7
6.5.1. Normas Oficiales. ....	7
6.5.2. Normas Iberdrola.....	8
6.6. Estudio específico obra construcción centros de transformación. ....	8
6.6.1. Objeto. ....	8
6.6.2. Características generales de la obra.....	9
6.6.3. Riesgos laborables evitables completamente. ....	9
6.6.4. Riesgos laborables no eliminables completamente. ....	10
6.6.4.1. Toda la obra.....	10
6.6.4.2. Movimientos de tierras.....	11
6.6.4.3. Montaje y puesta en tensión.....	11
6.6.5. Riesgos Laborables especiales. ....	12
6.6.6. Instalaciones provisionales y asistencia sanitaria.....	13
6.6.7. Previsiones para trabajos posteriores.....	13
6.6.8. Normas de seguridad aplicables en la obra. ....	13

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

### **6.1. Objeto.**

Este estudio de Seguridad y Salud, establece las previsiones respecto a prevención de riesgo de accidentes y enfermedades profesionales, así como los derivados de los trabajos de reparación, conservación y mantenimiento, y las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores, durante la construcción de esta obra.

Servirá para dar unas directrices básicas a la empresa constructora bajo el control de la Dirección Facultativa, de acuerdo con el Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre, por el que se implanta la obligatoriedad de la inclusión de un Estudio Básico de Seguridad y Salud en el Trabajo, en los Proyectos de Edificaciones, para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de prevención de riesgos profesionales, que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias, los riesgos laborales que no pueden eliminarse conforme a lo señalado anteriormente especificar las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir riesgos valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas y las previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día y en las debidas condiciones los previsibles trabajos posteriores.

### **6.2. Características generales de la obra.**

#### **6.2.1. Descripción de la obra y situación.**

La obra se va a realizar en un área perteneciente a Fuente Álamo de Murcia. Los detalles de la misma ya han sido descritos con anterioridad en la memoria descriptiva.

#### **6.2.2. Servicios higiénicos.**

De acuerdo con el apartado 15 del Anexo 4 del R.D.1627/97, la obra dispondrá de los servicios higiénicos siguientes:

- Lavabos con agua fría, agua caliente, y espejo.
- Duchas con agua fría y caliente.
- Retretes.
- Vestuarios con asientos y taquillas individuales, provistas de llave.

### **6.3. Riesgos laborables.**

#### **6.3.1. Movimientos de tierras.**

#### **Riesgos más frecuentes**

- Caídas de operarios al mismo nivel.
- Caídas de operarios al interior de la excavación.
- Caídas de objetos sobre operarios.
- Caídas de materiales transportados.
- Choques o golpes contra objetos.
- Sobreesfuerzos.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Desplomes, desprendimientos, hundimientos del terreno.
- Ruido, contaminación acústica.
- Ambiente pulvígeno.
- Cuerpos extraños en los ojos.

### **Medidas preventivas**

- Talud natural del terreno.
- Limpieza de bolos y viseras.
- Apuntalamientos, apeos.
- Barandillas en borde de excavación.
- Tableros o planchas en huecos horizontales.
- Separación tránsito de vehículos y operarios.
- Avisadores ópticos y acústicos en Maquinaria
- Cabinas o pórticos de seguridad.
- No permanecer bajo frente excavación.
- Distancia de seguridad líneas eléctricas.

### **Protecciones individuales**

- Botas o calzado de seguridad.
- Botas de seguridad impermeables.
- Guantes de lona y piel.
- Guantes impermeables.
- Gafas de seguridad.
- Protectores auditivos.
- Cinturón de seguridad.
- Cinturón antivibratorio.
- Ropa de Trabajo.
- Traje de agua (impermeable).

## **6.3.2. Cimentación y estructura.**

### **Riesgos más frecuentes**

- Caídas de operarios al mismo nivel.
- Caídas de operarios a distinto nivel.
- Caída de operarios al vacío.
- Caídas de objetos sobre operarios.
- Choques o golpes contra objetos.
- Caídas de materiales transportados.
- Atrapamientos y aplastamientos.
- Ruidos contaminación acústica.
- Lesiones y/o cortes en manos y pies.

- Sobreesfuerzos.
- Vibraciones.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Desplomes, desprendimientos, hundimientos del terreno.
- Ruido, contaminación acústica.
- Ambiente pulvígeno.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Rotura, hundimiento, caídas de encofrados y de entibaciones.
- Condiciones meteorológicas adversas.
- Trabajos en zonas húmedas o mojadas.
- Radiaciones y derivados de la soldadura.
- Quemaduras en soldadura oxiacetyleno.

### **Medidas preventivas**

- Marquesinas rígidas.
- Barandillas.
- Pasos o pasarelas.
- Redes verticales.
- Redes horizontales.
- Andamios de seguridad.
- Tableros o planchas en huecos horizontales.
- Escaleras auxiliares adecuadas.
- Escalera de acceso peldañeada y protegida.
- Mantenimiento adecuado de la maquinaria.
- Cabinas o pórticos de seguridad.
- Iluminación natural o artificial adecuada.
- Distancia de seguridad a las líneas eléctricas.

### **6.3.3. Instalación eléctrica.**

#### **Riesgos más frecuentes**

- Fallos de aislamientos.
- Deterioro de conductores.
- Contactos fortuitos.
- Caídas de altura.
- Descargas eléctricas de origen directo o indirecto.
- Caídas al mismo nivel.
- Contactos accidentales con partes en tensión.
- Utilización de herramientas manuales.

#### **Medidas de prevención**

- Utilizar cuadros de distribución con protecciones diferenciales.
- Comprobación de ausencia de tensión.
- Bloqueo y/o aislamiento de las partes en tensión, o que pudieran ponerse en tensión accidentalmente.
- Puesta en corto circuito y a tierra de los elementos conductores que afecten o puedan afectar al lugar de trabajo.
- Señalizar y acotar la zona de trabajo.

- Utilizar el equipo de protección colectiva e individual adecuado (barandillas, equipo aislante, arnés de seguridad, casco, guantes, etc.).
- Todo trabajador que permanezca en una instalación con partes en tensión, deberá poseer la formación necesaria para desempeñar su puesto de trabajo en estas condiciones
- En todo momento se respetarán las distancias de seguridad con respecto a los elementos en tensión, midiéndola desde el extremo más alejado del operario (incluida la herramienta). Estas distancias son las exigidas en el Real Decreto 614/01, para realizar trabajos en proximidad de elementos en tensión.

Las zonas con tensión dentro de la obra deben estar perfectamente delimitadas y señalizadas, separándolas del resto de la obra sin tensión:

- Cuando se esté trabajando con maquinaria en zonas próximas a elementos con tensión, se vigilará que el radio de acción de la misma no sobrepasa la distancia de seguridad anteriormente marcada.
- Todos los trabajos se planificarán previamente y durante su ejecución serán controlados por un responsable, paralizando los mismos cuando exista duda de no poder respetar las distancias de seguridad.

### **Normas de prevención específicas del oficio de electricista**

Las tensiones inferiores a 24 V se pueden considerar seguras, no necesitándose protección adicional.

Los trabajos en instalaciones con tensiones superiores a 24 V han de realizarse cumpliendo una serie de normas básicas de seguridad, que son las llamadas Cinco reglas de Oro.

- Cortar todas las fuentes de tensión.
- Bloquear las fuentes de tensión.
- Comprobar la ausencia de tensión.
- Poner a tierra y en cortocircuito.
- Señalizar la zona de trabajo.

## **6.4. Instalaciones provisionales y asistencia sanitaria.**

### **Instalaciones provisionales de electricidad para la obra**

Desde el punto de toma fijado por la Propiedad se procederá al montaje de la instalación de obra.

La acometida será preferiblemente subterránea, disponiendo de un armario de protección en módulos normalizados, dotados de contadores de energía activa y reactiva si así se requiriese.

A continuación se pondrá el cuadro general de mando y protección, dotado de seccionador general de corte automático, interruptor unipolar y protección contra faltas a tierra, sobrecargas, y cortocircuito, mediante interruptores magnetotérmicos y relé diferencial de 300 mA de sensibilidad, puesto que todas las masas y el valor de la toma de tierra es  $< 10^{\circ}$ , además en los cuadros parciales se pondrá diferenciales de 30 mA. El cuadro estará construido de manera que impida el contacto con los elementos bajo tensión.

De este cuadro saldrán los circuitos necesarios de suministro a los cuadros secundarios para alimentación a los diferentes medios auxiliares, estando todos ellos debidamente protegidos con diferencial e interruptores magnetotérmicos.

Por último, del cuadro general saldrá un circuito para alimentación de los cuadros secundarios donde se conectarán las herramientas portátiles de los tajos. Estos cuadros serán de instalación móvil, según necesidades de obra y cumplirán las condiciones exigidas para instalaciones a la intemperie, estando colocados estratégicamente con el fin de disminuir en lo posible la longitud y el número de líneas.

El armario de protección y medida se colocará en el límite del solar, de conformidad con la Compañía Suministradora. Las tomas de corriente y clavijas, llevarán contacto de puesta a tierra de manera obligatoria.

## **6.5. Normativa aplicable.**

### **6.5.1. 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.

- 1) Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborables.
- 2) Decreto del 28/11/69 Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.
- 3) Real Decreto 842/2002 del 2 de agosto. Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y las Instrucciones Técnicas Complementarias.
- 4) Ley 8/1980 de 20 de marzo. Estatuto de los Trabajadores.
- 5) 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.
- 6) Real Decreto Legislativo 1/1994, de 20 de junio. Texto Refundido de la Ley General de la Seguridad Social.
- 7) Real Decreto 39/1995, de 17 de enero. Reglamento de los Servicios de Prevención.
- 8) Real Decreto 485/1997, de 14 de abril en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- 9) Real Decreto 486/1997, de 14 de abril. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- 10) Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, relativo a la manipulación manual de cargas que entrañen riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores.
- 11) Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo, relativo a la utilización por los trabajadores de los equipos de protección personal.

12) Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio, relativo a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

13) Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

14) 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.

### **6.5.2. Normas Iberdrola.**

Prescripciones de Seguridad para trabajos mecánicos y diversos de AMYS.

2) Prescripciones de Seguridad para trabajos y maniobras en instalaciones eléctricas AMYS.

3) MO-NEDIS 7.02 “Plan Básico de Prevención de Riesgos para Empresas Contratistas”.

4) 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.

## **6.6. Estudio específico obra construcción centros de transformación.**

### **6.6.1. 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.

El Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre, establece en el apartado 2 del Artículo 4 que en los proyectos de obra no incluidos en los supuestos previstos en el apartado 1 del mismo Artículo, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un Estudio Básico de Seguridad y Salud. Los supuestos previstos son los siguientes:

- \* El presupuesto de Ejecución por Contrata es superior a 450.760 euros.
- \* La duración estimada de la obra es superior a 30 días o se emplea a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- \* El volumen de mano de obra estimada es superior a 500 trabajadores/día
- \* Es una obra de túneles, galerías, conducciones subterráneas o presas.

Al no darse ninguno de los supuestos previstos en el apartado 1 del Artículo 4 del R.D. 1627/1997 se redacta el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud.

Así mismo este Estudio Básico de Seguridad y Salud da 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 las medidas de protección y prevención correspondientes.

En base a este Estudio Básico de Seguridad y al artículo 7 del R.D. 1627/1997, cada contratista elaborará un Plan de Seguridad y Salud en función de su propio sistema de ejecución de la obra y en el que se tendrán en cuenta las circunstancias particulares de los trabajos objeto del contrato.

### **6.6.2. 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.

#### 2.1.-Descripción de la obra y situación.

La situación de la obra a realizar y el tipo de la misma se recoge en el documento de Memoria del presente proyecto.

#### 2.2.-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.

#### 2.3.-Suministro de agua potable.

El suministro de agua potable será a través de las conducciones habituales de suministro en la región, zona, etc... En el caso de que esto no sea posible, dispondrán de los medios necesarios que garanticen su existencia regular desde el comienzo de la obra.

#### 2.4.-Servicios higiénicos.

Dispondrá de servicios higiénicos suficientes y reglamentarios. Si fuera posible, las aguas fecales se conectarán a la red de alcantarillado, en caso contrario, se dispondrá de medios que faciliten su evacuación o traslado a lugares específicos destinados para ello, de modo que no se agrede al medio ambiente.

#### 2.5.- Servidumbre y condicionantes.

No se prevén interferencias en los trabajos, puesto que si la obra civil y el montaje pueden ejecutarse por empresas diferentes, no existe coincidencia en el tiempo. No obstante, de acuerdo con el artículo 3 de R.D. 1627/1997, si interviene más de una empresa en la ejecución del proyecto, o una empresa y trabajadores autónomos, o más de un trabajador autónomo, el Promotor deberá designar un Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. Esta designación debería ser objeto de un contrato expreso.

### **6.6.3. Riesgos laborables evitables completamente.**

La siguiente relación de riesgos laborables que se presentan, son considerados totalmente evitables mediante la adopción de las medidas técnicas que precisen:

\*Derivados de la rotura de instalaciones existentes: Neutralización de las instalaciones existentes.

\*Presencia de líneas eléctricas de alta tensión aéreas o subterráneas: Corte del fluido, apantallamiento de protección, puesta a tierra y cortocircuito de los cables.

#### **6.6.4. Riesgos laborables no eliminables completamente.**

Este apartado contiene la identificación de los riesgos laborales que no pueden ser completamente eliminados, y las medidas preventivas y protecciones técnicas que deberán adoptarse para el control y la reducción de este tipo de riesgos. La primera relación se refiere a aspectos generales que afectan a la totalidad de la obra, y las restantes, a los aspectos específicos de cada una de las fases en las que ésta puede dividirse.

##### **6.6.4.1. Toda la obra.**

a) Riesgos más frecuentes:

- Caídas de operarios al mismo nivel
- Caídas de operarios a distinto nivel
- Caídas de objetos sobre operarios
- Caídas de objetos sobre terceros
- Choques o golpes contra objetos
- Fuertes vientos
- Ambientes pulvígenos
- Trabajos en condición de humedad
- Contactos eléctricos directos e indirectos
- Cuerpos extraños en los ojos
- Sobreesfuerzos

b) Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Orden y limpieza de las vías de circulación de la obra
- Orden y limpieza de los lugares de trabajo
- Recubrimiento, o distancia de seguridad (1m) a líneas eléctricas de B.T.
- Recubrimiento, o distancia de seguridad (3 - 5 m) a líneas eléctricas de A.T.
- Iluminación adecuada y suficiente (alumbrado de obra)
- No permanecer en el radio de acción de las máquinas
- Puesta a tierra en cuadros, masas y máquinas sin doble aislamiento
- Señalización de la obra (señales y carteles)
- Cintas de señalización y balizamiento a 10 m de distancia
- Vallado del perímetro completo de la obra, resistente y de altura 2m
- Marquesinas rígidas sobre accesos a la obra
- Pantalla inclinada rígida sobre aceras, vías de circulación o colindantes
- Extintor de polvo seco, de eficacia 21<sup>a</sup> - 113B
- Evacuación de escombros
- Escaleras auxiliares
- Información específica
- Grúa parada y en posición veleta

c) Equipos de protección individual:

- Cascos de seguridad
- Calzado protector
- Ropa de trabajo
- Casquetes antirruidos
- Gafas de seguridad
- Cinturones de protección

### **6.6.4.2. Movimientos de tierras.**

a) Riesgos más frecuentes:

- Desplomes, hundimientos y desprendimientos del terreno
- Caídas de materiales transportados
- Caídas de operarios al vacío
- Atrapamientos y aplastamientos
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de máquinas
- Ruidos, Vibraciones
- Interferencia con instalaciones enterradas
- Electrocuciiones

b) Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Observación y vigilancia del terreno.
- Limpieza de bolos y viseras
- Achique de aguas
- Pasos o pasarelas
- Separación de tránsito de vehículos y operarios
- No acopiar junto al borde de la excavación
- No permanecer bajo el frente de excavación
- Barandillas en bordes de excavación (0,9 m)
- Acotar las zonas de acción de las máquinas
- Topes de retroceso para vertido y carga de vehículos

### **6.6.4.3. Montaje y puesta en tensión.**

#### **6.6.4.3.1. Descarga y montaje de elementos prefabricados.**

a) Riesgos más frecuentes:

- Vuelco de la grúa.
- Atrapamientos contra objetos, elementos auxiliares o la propia carga.
- Precipitación de la carga.
- Proyección de partículas.
- Caídas de objetos.
- Contacto eléctrico.
- Sobreesfuerzos.

- Quemaduras o ruidos de la maquinaria.
- Choques o golpes.
- Viento excesivo.

b) Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Trayectoria de la carga señalizada y libre de obstáculos.
- Correcta disposición de los apoyos de la grúa.
- Revisión de los elementos elevadores de cargas y de sus sistemas de seguridad.
- Correcta distribución de cargas.
- Prohibición de circulación bajo cargas en suspensión.
- Trabajo dentro de los límites máximos de los elementos elevadores.
- Apantallamiento de líneas eléctricas de A.T.
- Operaciones dirigidas por el jefe de equipo.
- Flecha recogida en posición de marcha.

#### **6.6.4.3.2. Puesta en tensión.**

a) Riesgos más frecuentes:

- Contacto eléctrico directo e indirecto en A.T. y B.T.
- Arco eléctrico en A.T. y B.T.
- Elementos candentes y quemaduras.

b) Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Coordinar con la empresa suministradora, definiendo las maniobras eléctricas a realizar.
- Apantallar los elementos de tensión.
- Enclavar los aparatos de maniobra.
- Informar de la situación en la que se encuentra la zona de trabajo y ubicación de los puntos en tensión más cercanos.
- Abrir con corte visible las posibles fuentes de tensión.

c) Protecciones individuales:

- Calzado de seguridad aislante.
- Herramientas de gran poder aislante.
- Guantes eléctricamente aislantes.
- Pantalla que proteja la zona facial.

#### **6.6.5. Riesgos Laborables especiales.**

En la siguiente relación no exhaustiva se tienen aquellos trabajos que implican riesgos especiales para la seguridad y la salud de los trabajadores, estando incluidos en el Anexo II del R.D. 1627/97.

- Graves caídas de altura, sepultamientos y hundimientos.
- En proximidad de líneas eléctricas de alta tensión, se debe señalizar y respetar la distancia de seguridad (5 m) y llevar el calzado de seguridad.
- Exposición a riesgo de ahogamiento por inmersión.

- Uso de explosivos.
- Montaje y desmontaje de elementos prefabricados pesados.

#### **6.6.6. Instalaciones provisionales y asistencia sanitaria.**

La obra dispondrá de los servicios higiénicos que se indican en el R.D. 1627/97 tales como vestuarios con asientos y taquillas individuales provistas de llave, lavabos con agua fría, caliente y espejo, duchas y retretes, teniendo en cuenta la utilización de los servicios higiénicos de forma no simultánea en caso de haber operarios de distintos sexos.

De acuerdo con el apartado A 3 del Anexo VI del R.D. 486/97, la obra dispondrá de un botiquín portátil debidamente señalizado y de fácil acceso, con los medios necesarios para los primeros auxilios en caso de accidente y estará a cargo de él una persona capacitada designada por la empresa constructora.

La dirección de la obra acreditará la adecuada formación del personal de la obra en materia de prevención y primeros auxilios. Así como la de un Plan de emergencia para atención del personal en caso de accidente y la contratación de los servicios asistenciales adecuados (Asistencia primaria y asistencia especializada).

#### **6.6.7. Previsiones para trabajos posteriores.**

El apartado 3 del artículo 6 del R.D. 1627/1997, establece que en el Estudio Básico se contemplarán también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

En el Proyecto de Ejecución se han especificado una serie de elementos que han sido previstos para facilitar las futuras labores de mantenimiento y reparación del edificio en condiciones de seguridad y salud, y que una vez colocados, también servirán para la seguridad durante el desarrollo de las obras.

Los elementos que se detallan a continuación son los previstos a tal fin:

- Ganchos de servicio.
- Elementos de acceso a cubierta (puertas, trampillas)
- Barandilla en cubiertas planas.
- Grúas desplazables para limpieza de fachada.
- Ganchos de ménsula (pescantes)
- Pasarelas de limpieza.

#### **6.6.8. Normas de seguridad aplicables en la obra.**

- Ley 31/ 1.995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 54/ 2003 de 12 de diciembre, reforma de la Ley de Prevención de Riesgo Laborales.

- Real Decreto 171/2004 de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre en materia de coordinación de actividades empresariales.
- Real Decreto 604/2006 de 19 de mayo por el que se modifican los RD 1627/1997 y RD 39/1997.
- Real Decreto 485/1.997 de 14 de abril, sobre Señalización de seguridad en el trabajo.
- Real Decreto 486/1.997 de 14 de abril, sobre Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1.997 de 14 de abril, sobre Manipulación de cargas.
- Real Decreto 773/1.997 de 30 de mayo, sobre Utilización de Equipos de Protección Individual.
- Real Decreto 39/1.997 de 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 1215/1.997 de 18 de julio, sobre Utilización de Equipos de Trabajo.
- Real Decreto 1627/1.997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.