



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

---

**PROYECTO DE LÍNEA AÉREA Y SUBTERRÁNEA DE MEDIA  
TENSIÓN PARA ALIMENTAR DOS CENTROS DE  
TRANSFORMACIÓN DE 400 KVA PARA SUMINISTRO  
ELÉCTRICO A 70 VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y ALUMBRADO  
PÚBLICO.**

*TRABAJO FINAL DEL*

**Grado en Ingeniería Eléctrica**



*REALIZADO POR*

**Roberto Aras Bataller**

*TUTORIZADO POR*

**Antonio Fayos Álvarez**

**CURSO ACADÉMICO: 2020/2021**

## RESUMEN

*El presente proyecto tiene como fin alimentar una urbanización de 76 viviendas y el alumbrado público en Baja Tensión. Para ello se va a proceder a diseñar una línea de Media Tensión (20 kV), varios Centros de Transformación (400 kVA) y red de distribución en Baja Tensión tanto para las viviendas como para el alumbrado.*

*El documento estará compuesto de los estudios, descripciones, justificaciones, cálculos, planos, pliegos de condiciones técnicas y presupuestos para llevar a cabo la solución adoptada.*

## RESUM

*El present projecte té com a finalitat alimentar una urbanització de 76 vivendes y el alumbrat públic en Baixa Tensió. Per tant, se va a proceder a diseñar una línea de Mitja Tensió (20 kV), diversos Centros de Transformació (400 kVA) y red de distribución de Baixa Tensió tant per a les vivendes com per al alumbrat.*

*El document estará compost per els estudis, descripciones, justificaciones, cálculs, plànols, plec de condicions tècniques y pressupostos per a dur a terme la solució adoptada.*

## ABSTRACT

*The present project aims to feed an urbanization of 76 homes and public lighting in Low Voltage. For this, a Medium Voltage line (20 kV), several Transformation Centers (400 kVA) and a Low Voltage distribution network will be designed for both homes and the lighting.*

*The document will be composed of the studies, descriptions, justifications, calculations, plans, technical specifications and budgets to carry out the solution adopted.*

## ÍNDICE

1.Objeto del proyecto. ....	4
2.Alcance del proyecto.....	4
3.Antecedentes.....	4
4.Normativa y referencia. ....	5
5.Descripción general del proyecto. ....	9
5.1.Emplazamiento. ....	9
5.2.Previsión de potencia. ....	13
6.Línea aérea de Media Tensión.....	16
1.MEMORIA.....	19
2.PLANOS.....	28
3.PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.....	32
4.PRESUPUESTO.....	36
5.ANEXOS.....	37
7.Línea subterránea de Media Tensión.....	60
1.MEMORIA.....	62
2.PLANOS.....	68
3.PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.....	71
4.PRESUPUESTO.....	81
5.ANEXOS.....	82
8. Centro de transformación.....	86
1.MEMORIA.....	89
2.PLANOS.....	105
3.PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.....	110
4.PRESUPUESTO.....	114



5.ANEXOS.....	121
9.Líneas subterráneas de Baja Tensión.....	133
1.MEMORIA.....	135
2.PLANOS.....	140
3.PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.....	145
4.PRESUPUESTO.....	149
5.ANEXOS.....	150
10.Alumbrado público exterior.....	166
1.MEMORIA.....	168
2.PLANOS.....	170
3.PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.....	175
4.PRESUPUESTO.....	179
5.ANEXOS.....	180
11.Conclusión.....	214
12.Agradecimientos.....	214

## **1. Objeto del proyecto**

El trabajo final de grado (TFG) tiene como objetivo la realización de las instalaciones eléctricas necesarias para poder suministrar energía eléctrica a una urbanización de viviendas unifamiliares y el alumbrado público, para ello se debe diseñar a nivel de Media Tensión (MT), Baja Tensión (BT) y Centros de Transformación (CT) para poder alimentar la urbanización de 'El Hornillo' situada en La Pobla de Vallbona.

El proyecto estará compuesto de todos los estudios, justificaciones, cálculos, planos, pliego de condiciones y presupuesto, para la posterior construcción y montaje en un futuro si se quisiera llevar a cabo.

## **2. Alcance del proyecto**

Para el abastecimiento o suministro eléctrico de la urbanización 'El Hornillo' serán necesarias diversas obras, para poder adaptar el terreno a la normativa existente tanto de Alta Tensión como de Baja Tensión. Las obras a realizar son las siguientes:

- Realizar la red aérea de Media Tensión (20 kV) tanto para el tramo aéreo como para el tramo subterráneo, este último será el que alimenta a los Centros de Transformación (CT), se realizarán por separado los proyectos de línea aérea y subterránea de Media Tensión.
- Dimensionamiento y situación de los CT 's necesarios.
- Trazado de línea de Baja Tensión desde los CT 's correspondientes para suministrar energía eléctrica a las viviendas y al alumbrado público correspondiente.
- Estudio del alumbrado público exterior

## **3. Antecedentes**

Roberto Aras Bataller realiza este proyecto de instalación de Línea Aérea y Subterránea de Media Tensión 20 kV, dos Centros de Transformación de 400 kVA y redes subterráneas de Baja Tensión para suministro eléctrico de 70 viviendas unifamiliares y el alumbrado público, con motivo de la construcción de la urbanización 'El Hornillo' ubicada en La Pobla de Vallbona (UTM 30 - X=711.812 ; Y=4386522 )

#### 4. Normativa y referencias

- **Real Decreto 223/2008** de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09
- **Real Decreto 337/2014**, de 9 de mayo, por el que se aprueban el **Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión**, y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión**. Aprobado por Decreto 842/2002, de 02 de agosto, B.O.E. 224 de 18-09-2002.
- **Autorización de Instalaciones Eléctricas**. Aprobado por Ley 40/94, de 30 de diciembre, B.O.E. de 31-12-1994.
- **Ordenación del Sistema Eléctrico Nacional** y desarrollos posteriores. Aprobado por Ley 40/1994, B.O.E. 31-12-1994.
- **Real Decreto 614/2001, de 8 de junio**, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.
- **Ley 24/2013** de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- **Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía**, Decreto de 12 Marzo de 1954 y **Real Decreto 1725/84** de 18 de Julio.
- **Real Decreto 2949/1982** de 15 de Octubre de Acometidas Eléctricas.
- **Real Decreto 1110/2007** de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- **Real Decreto 1955/2000**, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica (B.O.E. de 27 de diciembre de 2000).
- **Real Decreto 222/2008** de 15 de febrero, por el que se establece el régimen retributivo de la actividad de distribución de energía eléctrica
- **Real Decreto 1432/2008** de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión



- **Real Decreto 105/2008**, de 1 de Febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- **Instrucción Técnica Complementaria EA – 02** , para alumbrado público.

**NTE-IEP.** Norma tecnológica de 24-03-1973, para **Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra.**

- Normas **UNE / IEC.**
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.
- Ordenanzas municipales del ayuntamiento donde se ejecute la obra.
- Condicionados que puedan ser emitidos por organismos afectados por las instalaciones.
- Normas particulares de la compañía suministradora.
- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones

-Normas particulares de la Comunidad Autónoma Valenciana:

- **Orden 9/2010, de 7 de abril**, de la Consellería de Infraestructuras y Transporte, por la que se modifica la Orden de 12 de febrero de 2001, de la Consellería de Industria y Comercio, por la que se modifica la de 13 de marzo de 2000, sobre contenido mínimo en proyectos de industrias e instalaciones industriales. (DOCV de 16/4/10)
- **Decreto 88/2055**, de 29 de abril, del Consell de la Generalitat, por el que se establecen los procedimientos de autorización de instalaciones de producción, transporte y distribución de energía eléctrica que son competencia de la Generalitat. (DOCV de 5/5/05)
- **Decreto 32/2006**, de 10 de marzo, del Consell de la Generalitat, por el que se modifica el Decreto 162/1990, de 15 de octubre, del Consell de la Generalitat, por el que se aprobó el Reglamento para la ejecución de la Ley 2/1989, de 3 de marzo, de la Generalitat, de Impacto Ambiental.
- **Ley 4/1998**, de 11 de junio, del Patrimonio Cultural Valenciano. (DOGV de 18/6/98)
- **Ley 4/2004** de 30 de junio, de la Generalitat, de Ordenación del Territorio y Protección del Paisaje. (DOCV de 2/7/04)
- **Decreto 120/2006** de 11 de agosto, del Consell, por el que se aprueba el Reglamento de Paisaje de la Comunitat Valenciana. (DOCV de 16/8/06)



Trabajo Final de Grado

- **Ley 2/89** de 3 de marzo, de la Generalitat Valenciana, de Evaluación de Impacto Ambiental. (DOGV de 8/3/89)
- **Decreto 162/90** de 15 de octubre, por el que se aprueba la ejecución de la Ley 2/89, de 3 de marzo, de Evaluación de Impacto Ambiental. (DOGV de 30/10/90)
- **Ley 3/93** de 9 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, Forestal de la Comunidad Valenciana.
- **Ley 3/1995** de 23 de marzo, de Vías Pecuarias.
- **Decreto 7/2004** de 23 de enero, del Consell de la Generalitat, por el que se aprueba el pliego general de normas de seguridad en prevención de incendios forestales a observar en la ejecución de obras y trabajos que se realicen en terreno forestal o en sus inmediaciones. (DOGV de 27/1/04)
- **Resolución de 15 de octubre de 2010**, del Conseller de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda y vicepresidente tercero del Consell, por la que se establecen las zonas de protección de la avifauna contra la colisión y electrocución, y se ordenan medidas para la reducción de la mortalidad de aves en líneas eléctricas de alta tensión. (DOCV de 5/11/10)

- Normas y recomendaciones de diseño de aparataje eléctrica:

- **CEI 62271-1    UNE-EN 62271-1**

*Estipulaciones comunes para las normas de aparataje de Alta Tensión.*

- **CEI 61000-4-X    UNE-EN 61000-4-X**

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

- **CEI 62271-200    UNE-EN 62271-200**

*Aparataje bajo envolvente metálica para corriente alterna de tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.*

- **CEI 62271-102    UNE-EN 62271-102**

*Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.*

- **CEI 62271-103    UNE-EN 62271-103**

*Interruptores de Alta Tensión. Interruptores de Alta Tensión para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 52 kV.*

- **CEI 62271-105    UNE-EN 62271-105**

*Combinados interruptor - fusible de corriente alterna para Alta Tensión.*



- Normas y recomendaciones de diseño de transformadores:

- **CEI 60076-X**

*Transformadores de Potencia.*

- **UNE 21428-1-1**

*Transformadores de Potencia.*

- *Reglamento (UE) Nº 548/2014 de la Comisión de 21 de mayo de 2014 por el que se desarrolla la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta a los transformadores de potencia pequeños, medianos y grandes (Ecodiseño)*

- **UNE 21428**

*Transformadores trifásicos sumergidos en aceite para distribución en baja tensión de 50 a 2 500 kVA, 50 Hz, con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV.*

## **5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO**

Se quiere realizar el abastecimiento de energía eléctrica para la construcción de una nueva urbanización de unas 70 viviendas más el alumbrado público que proporcionará energía lumínica al emplazamiento. Antes de proceder a la realización del proyecto tenemos que tener en cuenta una serie de cosas:

- El lugar donde se pretende llevar energía eléctrica no tiene líneas de Baja Tensión con potencia suficiente como para realizar una instalación de este calibre.
- Se debe llevar hasta el emplazamiento línea de Media Tensión (20 kV) preferentemente aérea desde un apoyo de anclaje cercano.
- Esta línea aérea pasará a ser subterránea para alimentar el Centro de Transformación o Centros, necesarios para el suministro de energía eléctrica que es el principal objetivo que rige este proyecto.
- Por último se procederá a sacar líneas subterráneas de Baja Tensión para alimentar las CGP's y CPM's de cada suministro incluido el alumbrado público.
- Se realizará el estudio lumínico mediante el programa DIALUX.

### **5.1. Emplazamiento**

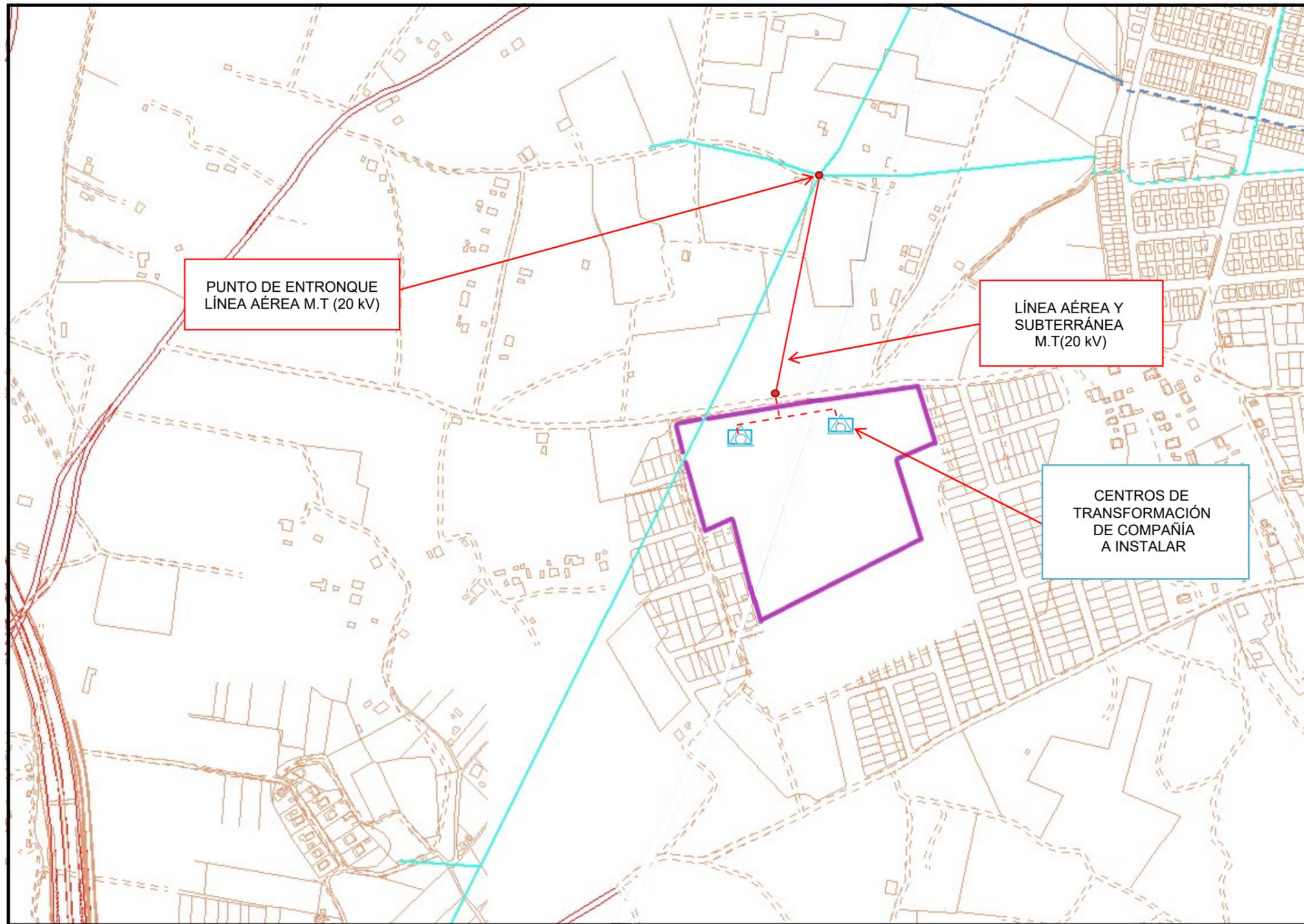
El lugar donde se pretende realizar la instalación eléctrica de la nueva urbanización está muy cerca de otra urbanización llamada 'Plá de la Cova' que a la vez está a poco más de 1500 metros del núcleo urbano de la Poble de Vallbona.

La nueva urbanización se llamará 'El Hornillo', porque está justo en la zona del pueblo que así se hace llamar, el emplazamiento y los primeros trabajos a realizar del presente proyecto serán los siguientes:



Trabajo Final de Grado

Plano de Situación	Nº plano	1
Proyecto de línea aérea y subterránea de Media Tensión para alimentar dos Centros de Transformación de 400 kVA para suministro eléctrico a 70 viviendas y alumbrado público.	NºPÁG.	10
	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	



PUNTO DE ENTRONQUE  
LÍNEA AÉREA M.T (20 kV)

LÍNEA AÉREA Y  
SUBTERRÁNEA  
M.T(20 kV)

CENTROS DE  
TRANSFORMACIÓN  
DE COMPAÑÍA  
A INSTALAR

**LEYENDA**

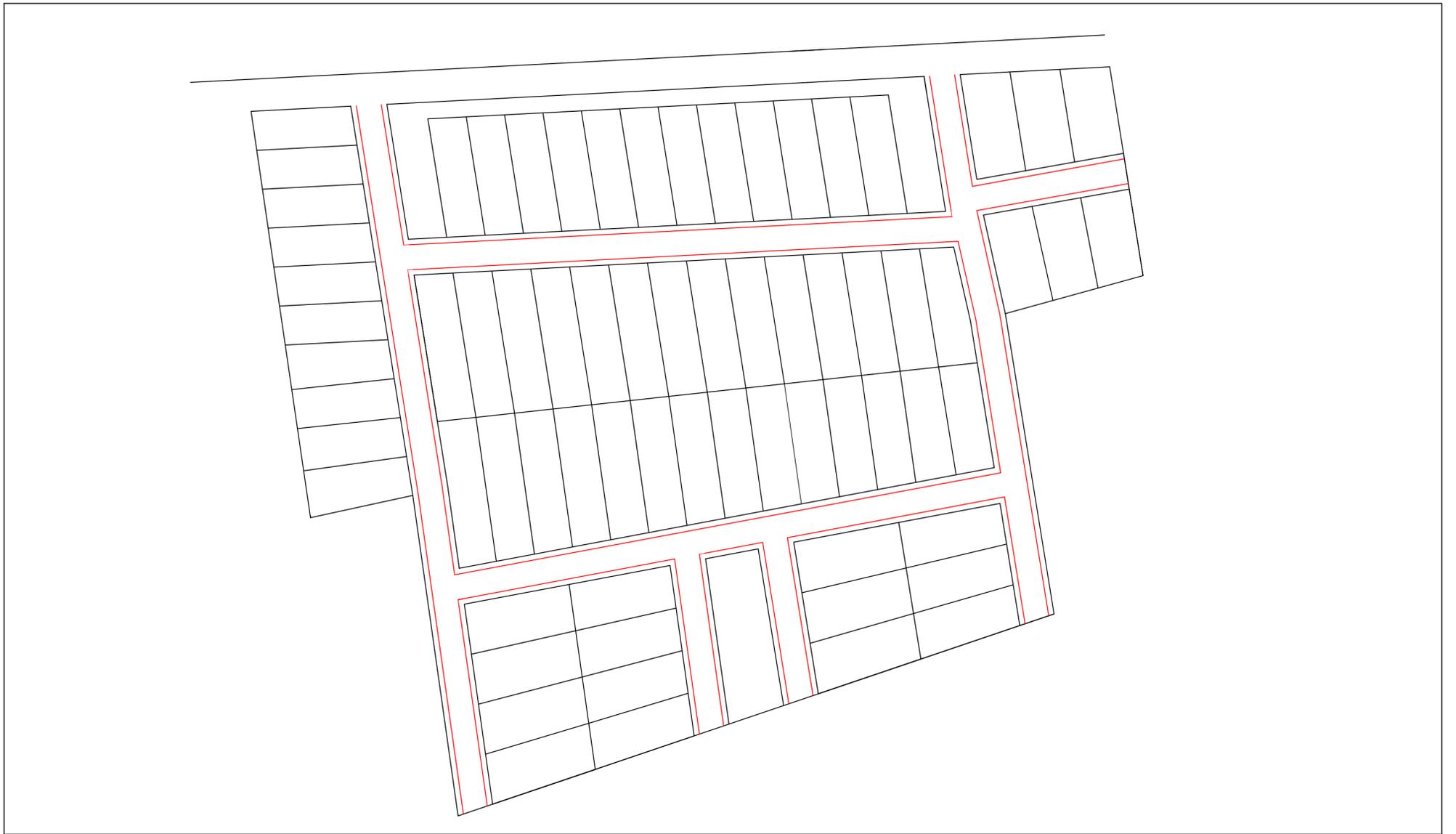
<p>△ CENTRO DE TRANSFORMACION IBERDROLA</p> <p>○ CENTRO DE TRANSFORMACION DE CLIENTE</p>	<p>--- CANALIZACION SUBTERRANEA EXISTENTE</p> <p>--- CANALIZACION SUBTERRANEA PROYECTADA</p> <p>□ ARQUETA EXISTENTE</p> <p>□ ARQUETA PROYECTADA</p> <p>○ TUBO LIBRE</p> <p>○ TUBO OCUPADO MT</p> <p>○ TUBO OCUPADO BT</p>	<p>— LÍNEA AÉREA MEDIA TENSIÓN EXISTENTE</p> <p>— LÍNEA AÉREA MEDIA TENSIÓN A DESMONTAR</p> <p>— LÍNEA AÉREA BAJA TENSIÓN EXISTENTE</p> <p>— LÍNEA SUBTERRÁNEA BAJA TENSIÓN A DESMONTAR</p> <p>--- LÍNEA SUBTERRÁNEA MEDIA TENSIÓN PROYECTADA</p> <p>— LÍNEA AÉREA MEDIA TENSIÓN PROYECTADA</p> <p>— CPM EXISTENTE</p> <p>— CPM PROYECTADA</p>	<p>○ APOYO MADERA EXISTENTE</p> <p>□ APOYO HORMIGON EXISTENTE</p> <p>◇ APOYO CHAPA EXISTENTE</p> <p>◇ APOYO CELOSIA EXISTENTE</p> <p>□ APOYO HORMIGON PROYECTADO</p> <p>◇ APOYO CHAPA PROYECTADO</p> <p>◇ APOYO CELOSIA PROYECTADO</p>
--	---	--	--

Fecha 07/05/2021 N° PÁG 11

PLANO - ELEMENTOS

NUEVA URBANIZACIÓN 'EL HORNILLO'





**LEYENDA**

 <p>CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE COMPAÑÍA</p>	 <p>CAJA DE SECCIONAMIENTO Y CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA</p>  <p>ALUMBRADO PÚBLICO</p>  <p>POSTE PROYECTADO M.T.</p>	 <p>LÍNEA SUBTERRÁNEA M.T.</p>  <p>RED DE DISTRIBUCIÓN A.P.</p>  <p>LÍNEA SUBTERRÁNEA B.T.</p>
--	---	---

<p><b>Escala</b></p> <p><b>1/20</b></p>
---

FECHA	22/06/21	Nº PÁG	12
NUEVA URBANIZACIÓN 'EL HORNILLO'			

<p><b>PLANO GENERAL-PARCELACIÓN</b></p> <p>Proyecto de línea aérea/subterránea de M.T para alimentar dos Centros de Transformación de 400 kVA suministro eléctrico a 70 viviendas y alumbrado público</p>
---

## 5.2. Previsión de potencia.

### 5.2.1. Generalidades

Para poder obtener el valor total de la potencia que va a necesitar la urbanización hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- La cantidad de viviendas a las que se va a proporcionar energía eléctrica y grado de electrificación deseado para cada vivienda, en nuestro caso el grado de electrificación será elevado y la potencia de cada vivienda será de 9,2 kW según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) y la ITC BT-10.
- La cantidad de luminarias a instalar y potencia de cada luminaria según REBT (ITC BT-09) instalaciones de alumbrado exterior y las instrucciones para el alumbrado público urbano según el Ayuntamiento de La Pobla de Vallbona.

### 5.2.2. Cálculo de la potencia prevista

#### ○ VIVIENDAS

El conjunto de 70 viviendas tendrá una potencia común para todas ellas, esta potencia para cada una de ellas será de 9.200 W, es decir, con un grado de electrificación elevado por los siguientes motivos:

- Los vatios que necesita cada casa están sujeto a la previsión de la utilización de más aparatos eléctricos que en el caso del grado de electrificación básica, tales son como sistemas de calefacción o acondicionamiento de aire, así como instalaciones de recarga de vehículo eléctrico (si fuera necesario).
- La superficie útil de la vivienda será superior a 160 metros cuadrados en todas las parcelas en las que se situaran las viviendas.

Por otra parte, como la urbanización cuenta con 70 viviendas, hay que aplicar el coeficiente de simultaneidad que vendrá dado por el número de viviendas. Este coeficiente es necesario para hacer una estimación de la potencia simultánea o carga en el Centro de Transformación que debe estar disponible para poder dar los suministros.

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

$$\text{Coeficiente de simultaneidad} = 15,3 + (n - 21) \cdot 0,5$$

n = 70 viviendas

$$\text{Coeficiente de simultaneidad} = 15,3 + (70 - 21) \cdot 0,5$$

**Coeficiente de simultaneidad = 39,8**

Con lo cual la potencia prevista para las viviendas unifamiliares es de :

$$P_V = 9.200 \cdot 39,8 = 366.160 \text{ W} \cong 367 \text{ kW}$$

- **ALUMBRADO PÚBLICO**

Se disponen de un total de 91 luminarias para el alumbrado público de las calles, este alumbrado será de tipo LED de unos 90 W por luminarias, siendo la potencia total de estas de:

$$p_L = 100 \text{ lum} \cdot 91 \text{ W} = 9100 \text{ W} = 9,1 \text{ kW}$$

En el anexo de instalación de Baja Tensión se detalla el porqué se han instalado 91 luminarias LED en la urbanización.

Por lo tanto, la previsión de potencia necesaria para el transformador, es la suma de las potencias aparentes totales de las viviendas unifamiliares y las del alumbrado público.

$$P_V = \sqrt{(367)^2 + [367 \cdot \text{tg}(\arccos 0,9)]^2} = 407,77 \text{ kVA}$$

$$P_L = \sqrt{(9,1)^2 + [9,1 \cdot \text{tg}(\arccos 0,9)]^2} = 10,1 \text{ kVA}$$

$$P_T = P_V + P_L = 417,877 \text{ kVA}$$

Se ha optado por la elección de dos transformadores con potencia de 400 kVA, distribuidos en diferentes centros de transformación, así se podrán dar los suministros sin problemas de saturación.

---

# PROYECTO DE LÍNEA AÉREA Y SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN PARA ALIMENTAR DOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN DE 400 KVA PARA SUMINISTRO ELÉCTRICO A 70 VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y ALUMBRADO PÚBLICO

---

TRABAJO FINAL DE GRADO

## 6.LÍNEA AÉREA MEDIA TENSIÓN



1.MEMORIA.....	19
1.1.Características generales.....	19
1.1.Conductor.....	19
1.2.Nivel de aislamiento y formación de cadenas.....	20
1.3.Apoyos.....	21
1.4.Crucetas.....	21
1.5.Señalización y numeración de los apoyos .....	22
1.6.Cimentaciones.....	22
1.7.Sistema de puesta a tierra.....	25
2.PLANOS.....	28
2.1.Plano línea aérea media tensión nº1.....	29
2.2.Plano línea aérea media tensión nº2.....	30
2.3.Plano perfil línea aérea media tensión.....	31
3.PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.....	32
3.1.Calidad de los materiales.....	32
3.2.Obra civil.....	32
3.3.Conductor.....	33
3.4.Aisladores.....	33
3.5.Pararrayos.....	33
3.6.Herrajes y accesorios.....	33
3.7.Apoyos.....	34
3.8.Normas de ejecución de las instalaciones.....	34
3.9.Pruebas reglamentarias.....	34
3.10.Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.....	35
4.PRESUPUESTO.....	36
5.ANEXO.....	37
5.1.Cálculos eléctricos .....	37
5.1.1.Intensidad máxima admisible.....	37



Trabajo Final de Grado

5.1.2.Resistencia eléctrica.....	37
5.1.3.Reactancia y coeficiente de inducción mutua.....	37
5.1.4.Caída de tensión.....	39
5.1.5.Capacidad de transporte.....	39
5.1.6.Pérdidas de potencia.....	40
5.2.Distancias de seguridad .....	41
5.2.1.Distance de aislamiento eléctrico para evitar descargas.....	41
5.2.2.Distancias en el apoyo.....	41
5.2.3.Distancias al terreno.....	42
5.2.4.Distancias con otras líneas. ....	42
5.3.Cálculos mecánicos .....	43
5.3.1.Apoyos.....	43
5.4.Sistema de puesta a tierra apoyos.....	49
5.4.1.Apoyos no frecuentados.....	50
5.4.1.Apoyos no frecuentados.....	53



## 1.MEMORIA

### 1.1. Características generales.

En primer lugar, debemos llevar red de media tensión al emplazamiento para luego poder transformarla en tensión normalizada de baja tensión que alimente los nuevos suministros. Esta línea de media tensión será de tipo aérea en el primer tramo, hasta llegar a la nueva urbanización, para después bajar al segundo tramo (dos derivaciones) que será subterráneo el cual será el que alimenta a los Centros de Transformación de Compañía.

La línea aérea a realizar tendrá una longitud de 278 metros y una tensión de 20 kV a frecuencia industrial de 50 Hz, por este motivo según el RLAT, la línea es de tercera categoría.

Según el tiempo de actuación de la protección de la red y atendiendo a la ITC-LAT-06 del Reglamento, podemos clasificar la línea con la categoría A.

El punto de entronque será un poste de la compañía distribuidora Iberdrola, este poste es un poste de anclaje-ángulo y la línea a realizar tendrá cuatro postes contabilizando este, serán los siguientes:

1. Apoyo de anclaje-ángulo (punto de entronque)
2. Apoyo de alineación
3. Apoyo de alineación
4. Apoyo de final de línea

APOYO	VANO
1-ENTRONQUE	104
2-ALINEACIÓN	86
3-ALINEACIÓN	
4-FINAL DE LÍNEA	86

### 1.2. Conductor

El conductor que se ha contemplado para la línea aérea de media tensión es el que se utiliza actualmente en el poste que se ha elegido, es de aluminio-acero galvanizado de sección, atendiendo a la norma UNE 21018, la cual está recogida en la norma NI 54.63.01, es el antiguo LA 56 y actual 47-AL1/8-ST1A, las características del cual son las siguientes:



Designación UNE	LA - 56
Sección de aluminio, mm <sup>2</sup>	46,8
Sección total, mm <sup>2</sup>	54,6
Equivalencia en cobre, mm <sup>2</sup>	30
Composición	6 + 1
Diámetro de los alambres, mm	3,15
Diámetro aparente, mm	9,45
Carga mínima de rotura, daN	1640
Módulo de elasticidad, daN/mm <sup>2</sup>	7900
Coefficiente de dilatación lineal, °C <sup>-1</sup>	0,0000191
Masa aproximada, kg/km	189,1
Resistencia eléctrica a 20°C, Ω/km	0,6136
Densidad de corriente, A/mm <sup>2</sup>	3,7

La temperatura máxima de servicio, bajo carga normal en la línea, no sobrepasará los 50°C.

El recubrimiento de zinc, de los hilos de acero, cumple con los requisitos especificados en norma 'UNE-EN 50189'

### 1.3. Nivel de Aislamiento y formación de cadenas.

El aislamiento se compondrá de cadenas de aisladores de composite.

En este apartado se da a conocer el nivel de aislamiento de la zona en la que se realizará el proyecto, necesario para saber el tipo de aisladores que integran las cadenas.

En función de los niveles de contaminación de la zona en la que se instala la línea, existen el nivel II (Medio) o el nivel IV (fuerte), según está definida en la CEI 815, nuestro nivel de aislamiento es el Medio, por:

- En la zona no se producen humos contaminantes y la densidad de viviendas con calefacción es media.
- La zona está alejada del mar unos kilómetros pero puede estar sometida al viento proveniente de la costa.

Los aisladores ideales para este nivel de aislamiento son de vidrio y vástago o de composite. Se han elegido los aisladores de composite y se ha seguido la norma NI 48.08.01, por lo que el aislador tendrá las siguientes características.

#### Aislador tipo U 70 YB20

Material..... composite

Carga de rotura..... 7000 daN

Trabajo Final de Grado

Línea de fuga..... 480 mm

Tensión de contorno bajo lluvia a 50 Hz durante un minuto..... 70 kV eficaz

Tensión a impulso de rayo, valor cresta..... 165 kV

#### 1.4. Apoyos.

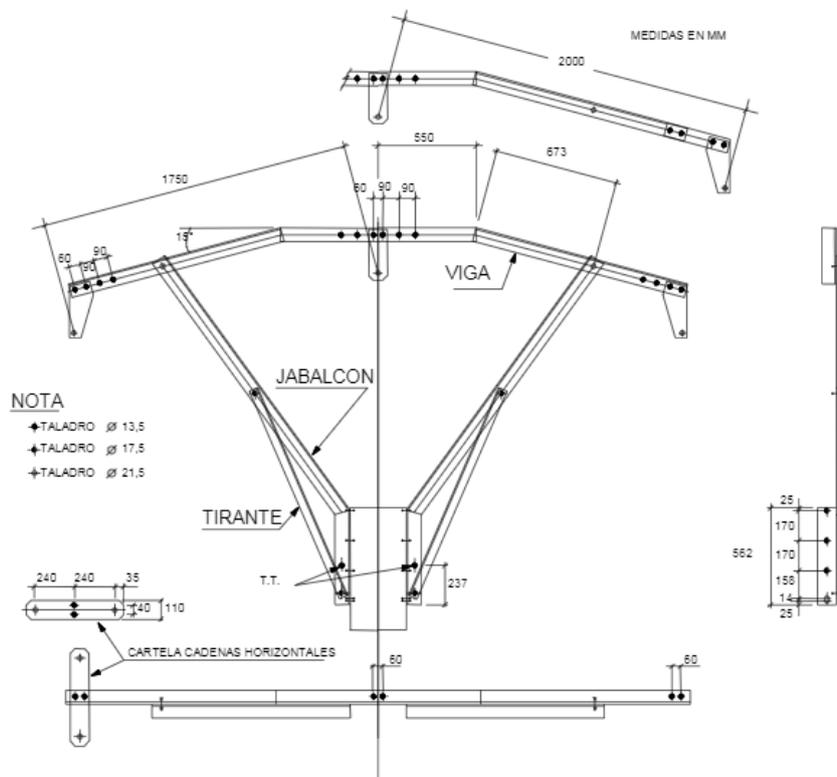
Los apoyos de alineación a colocar serán de chapa metálica según la norma NI 52.10.01.

Para el apoyo de final de línea se utilizará un apoyo de perfil metálico de celosía según la norma NI 52.10.10. En el anexo de los cálculos mecánicos de la línea aérea de media tensión se detalla más profundamente que tipo de apoyos se han elegido conforme a los cálculos realizados para la elección de este tipo de apoyos.

#### 1.5. Crucetas.

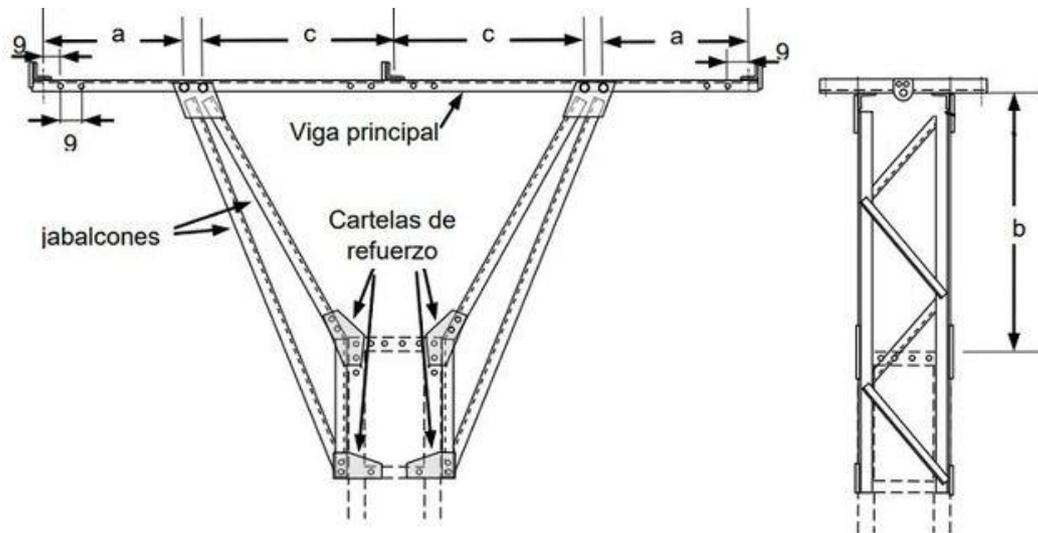
Las crucetas a utilizar serán metálicas, según las normas

- NI 52.30.22 - Crucetas bóveda de alineación para apoyos de líneas eléctricas de tensión nominal hasta 20 kV. Se utilizará la siguiente cruceta tipo bóveda para los dos apoyos de alineación considerados, el modelo será el BP125-17,5, se detallará en el anexo los cálculos mecánicos para este tipo de crucetas.



## Trabajo Final de Grado

- Para el apoyo de final de línea se utilizará una cruceta de bóveda recta final de línea que será el modelo BC1-15 según los cálculos realizados en el Anexo.



### 1.6. Trazado de la línea y señalización.

La línea transcurrirá por terrenos privados en gran parte, excepto para el punto de entronque y para el paso entre aérea y subterránea, se habrán obtenido previamente todos los permisos y acreditaciones necesarios para el trazado de la línea.

Los apoyos colocados llevarán varias placas en las que se señalará el riesgo eléctrico tipo CE 14 y otras en las que se numerarán, según las normas NI 29.00.00 y NI 29.05.00, respectivamente.

### 1.7. Cimentaciones

Las cimentaciones son los elementos que mantienen en pie los apoyos diseñados, para nuestros apoyos elegidos, apoyos metálicos, necesitamos disponer de un cimiento que asegure la estabilidad y la fijación al terreno.

Estas cimentaciones según el apartado 3.6.1 de la ITC-LAT 07 deben cumplir que el coeficiente de seguridad no sea inferior en los siguientes casos:

- Hipótesis normales: 1,5.
- Hipótesis anormales: 1,2.



## Trabajo Final de Grado

Para las cimentaciones de los apoyos cuya estabilidad esté fundamentalmente confiada a las reacciones horizontales del terreno, no se admitirá un ángulo de giro de la cimentación cuya tangente sea superior a 0,01 para alcanzar el equilibrio de las acciones volcadoras máximas con las reacciones del terreno. Para este cálculo se podrá utilizar el coeficiente de seguridad de 1,2 para todas las hipótesis, siendo las cimentaciones de apoyos monobloque.

Las cimentaciones cuya estabilidad se confía a reacciones verticales son las aplicadas en caso de apoyos de cuatro patas. Para este cálculo deberán aplicarse los coeficientes descritos anteriormente.

- Comprobación al arranque

Se comprobarán todas las fuerzas que se oponen al arranque del apoyo:

- a. Peso del apoyo
- b. Peso de la cimentación
- c. Peso de las tierras que arrastraría el macizo de hormigón al ser arrancado
- d. Carga resistente de los pernos, en el caso de realizarse cimentaciones mixtas o en rocas.

En caso de no disponer de las características reales del terreno mediante ensayos realizados en el emplazamiento de la línea, se recomienda utilizar como ángulo de talud o de arranque de tierras: 30 ° para terreno normal y 20 ° para terreno flojo.

- Comprobación a compresión

Se considerarán todas las cargas de compresión que la cimentación transmite al terreno:

- a. Peso del apoyo
- b. Peso de la cimentación
- c. Peso de las tierras que actúan sobre la solera de la cimentación
- d. Carga de la compresión ejercida por el apoyo.

Se comprobará que todas las cargas de compresión anteriores, divididas por la superficie de la solera de la cimentación, no sobrepasan la carga admisible del terreno.

- Comprobación de la adherencia entre anclaje y cimentación

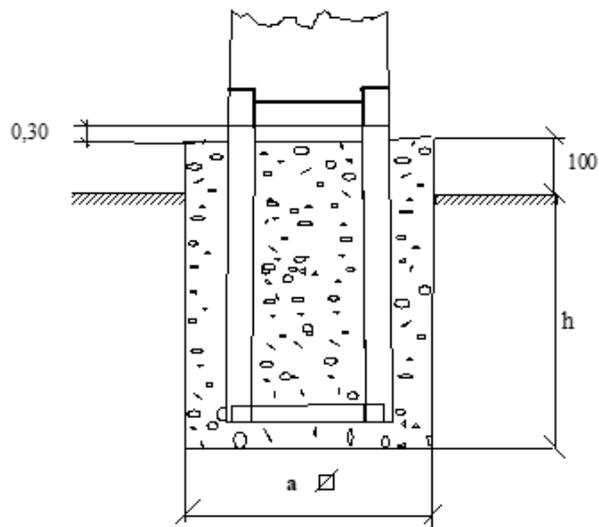
De la carga mayor que transmite el anclaje a la cimentación, normalmente la carga de compresión, cuando el anclaje y la unión a la estructura estén embebidas en el hormigón, se considerará que la mitad de esta carga la absorbe la adherencia entre el anclaje y la cimentación y la otra mitad los casquillos del anclaje por la cortadura de los

Trabajo Final de Grado

tornillos de unión entre casquillos y anclaje. Los coeficientes de seguridad de ambas cargas opuestas a que el anclaje deslice de la cimentación no deberán ser inferiores a 1,5.

Los tipos de cimentaciones según los tipos de apoyos instalados y la altura de ellos son los siguientes:

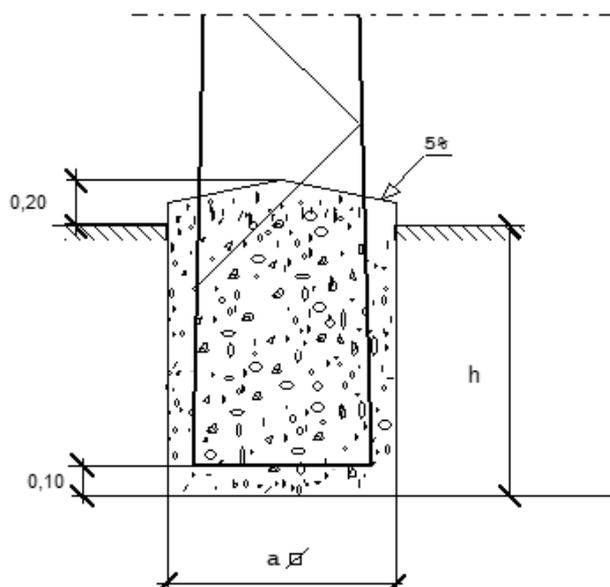
- **Alineación**



**Apoyo con anclajes de perfiles metálicos**

APOYO	CIMENTACIÓN			
Designación	a	h	Vol.excav.	Vol. Horm.
Iberdrola	m	m	$m^3$	$m^3$
CH-400-15 E	0,7	1,95	1,17	1,23

- **Final de línea**



APOYO	CIMENTACIÓN			
Designación	a	h	Vol.excav.	Vol. Horm.
Iberdrola	m	m	$m^3$	$m^3$
C-3000 -16 E	1,16	2,64	3,56	3,75

### 1.8. Sistema de puesta a tierra

Las puestas a tierra se diseñarán teniendo en cuenta lo que se especifica en la ITC LAT-07. Para ello se establecerán y se justificaran las configuraciones de los electrodos y medidas adoptadas para las puestas a tierra en los apoyos de la línea aérea para garantizar la seguridad de las personas atendiendo a las exigencias que se establecen en la reglamentación vigente dependiendo de si el apoyo es frecuentado o no frecuentado. El principal objetivo de estas puestas a tierra será mantener las tensiones de paso y de contacto dentro de niveles aceptables.

Se deberán cumplir los siguientes requisitos:

1. Resistir los esfuerzos mecánicos y la corrosión.
2. Resistir térmicamente la corriente de falta más elevada.



3. Garantizar la seguridad de las personas con respecto a tensiones que aparezcan durante una falta a tierra en los sistemas de puesta a tierra.
4. Proteger de daños a propiedades y equipos y garantizar la fiabilidad de la línea.

Que dependerán de:

- a. Método de puesta a tierra del neutro de la red: neutro aislado, neutro puesto a tierra mediante impedancia o neutro rígido a tierra.
- b. Del tipo de apoyo en función de su ubicación: apoyos frecuentados y apoyos no frecuentados y del material constituyente del apoyo: conductor o no conductor.

Los apoyos que alberguen las botellas terminales de paso aéreo subterráneo cumplirán los mismos requisitos que el resto de los apoyos en función de su ubicación.

Los apoyos son apoyos no frecuentados, ya que los apoyos colocados están en un lugar donde la presencia de personas no es frecuente, es decir, no se espera que las personas se queden durante un tiempo alrededor del apoyo, ya que los apoyos están en terrenos privados, a excepción de uno que está en un camino de tierra poco accesible. Es decir la zona o no es de acceso público o el acceso de personas es poco frecuente. A excepción del apoyo final de línea que al disponer de maniobra y ubicarse en torno a una carretera se considerará como frecuentado, por tanto el cálculo de la puesta a tierra se efectuará para ambos casos.

- **Elementos del sistema de puesta a tierra**

El sistema de puesta a tierra está constituido por un electrodo de puesta a tierra enterrado en el suelo y por la línea de tierra que conecta dichos electrodos a los elementos que deban quedar puestos a tierra.

El electrodo de puesta a tierra empleado será de material, diseño, dimensiones y colocación en el terreno apropiado para la naturaleza y condiciones del terreno de modo que garanticen en todo momento una tensión de contacto dentro de los niveles aceptables.

Estarán formados por:

- Electrodo horizontales de puesta a tierra constituidos por cables enterrados, desnudos de cobre de  $50 \text{ mm}^2$ , dispuestos en forma de bucles perimetrales.

Se colocarán en el fondo de la zanja perimetral de la cimentación del apoyo, a una distancia de 1 metro del macizo de hormigón, de forma que:

- a. Se rodeen con tierra ligeramente apisonada
- b. Las piedras o grava no estén directamente en contacto con los electrodos de puesta a tierra enterrados.



c. Cuando el suelo natural sea corrosivo para el tipo de metal que constituye el electrodo, el suelo se reemplace por un relleno adecuado.

- Picas de tierra verticales, de acero cobrizado de 14 mm de diámetro y de 1,5 metros de longitud, que podrán estar formadas por elementos empalmables.

Estas estarán situadas a una profundidad suficiente para evitar el efecto de la congelación del agua ocluida en el terreno, habitualmente entre 0,5 metros y 1 metro de profundidad, garantizando a la vez cierta protección mecánica.

Estos dos elementos serán unidos para poder conectar las partes conductoras de una red de tierras con los electrodos de puesta a tierra dentro de la propia red. Tendrán las dimensiones adecuadas para asegurar una conducción eléctrica y un esfuerzo térmico y mecánico equivalente a los electrodos.

Estas uniones usadas para el ensamblaje de picas deben tener el mismo esfuerzo mecánico que las picas mismas y deben resistir fatigas mecánicas durante su colocación, además los electrodos deben de ser resistentes a la corrosión y no deben ser susceptibles de crear pares galvánicos.

Todos los apoyos de material conductor o de hormigón armado deberán conectarse a tierra mediante una conexión específica.

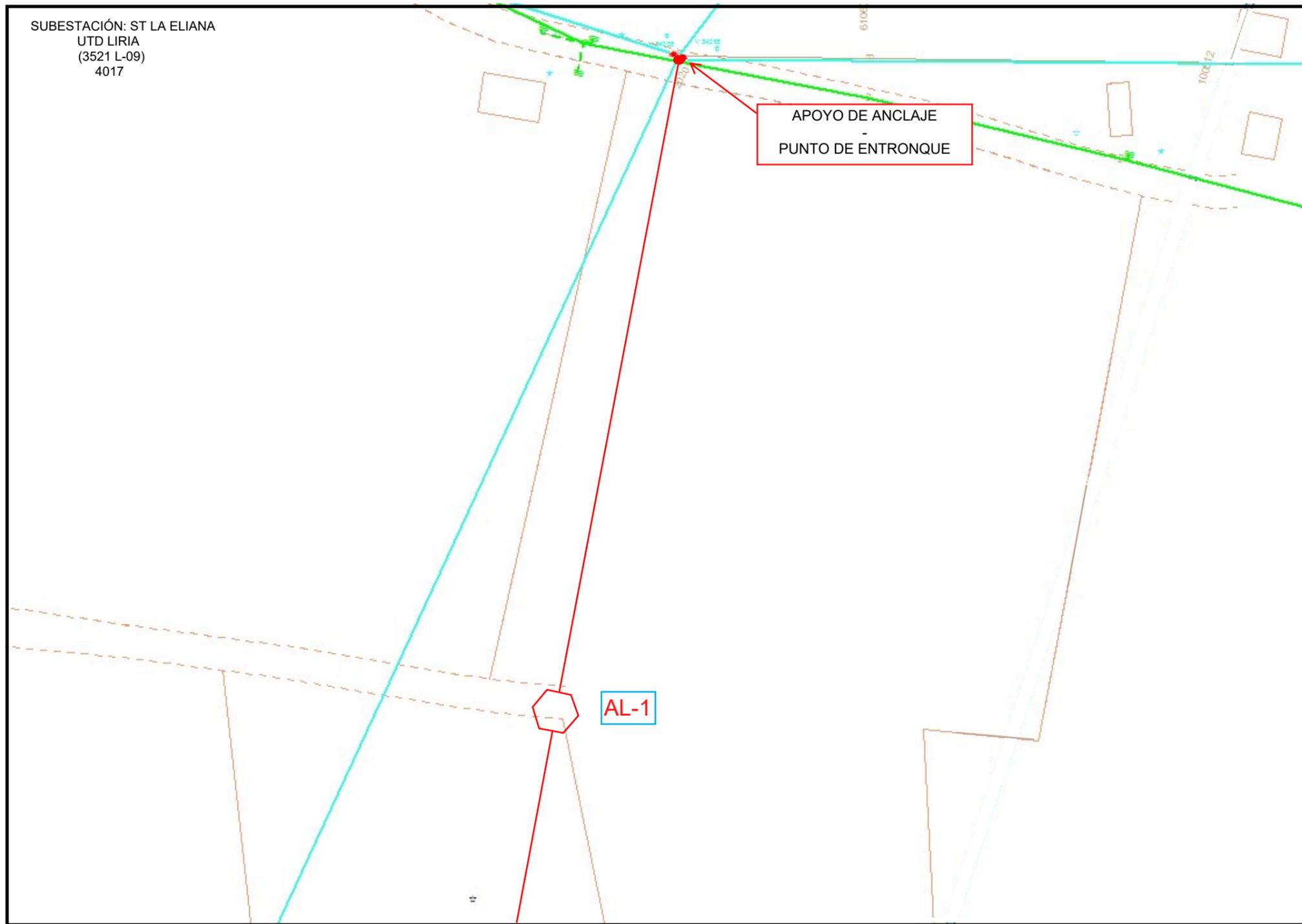
Esta conexión se podrá efectuar de cualquiera de las dos formas siguientes:

- a. Conectando a tierra directamente los herrajes o armaduras metálicas a las que estén fijados los aisladores, mediante un conductor de conexión.
- b. Conectando a tierra la armadura del hormigón, siempre que la armadura reúna las condiciones que se exigen para los conductores que constituyen la línea de tierra.



## 2.PLANOS

SUBESTACIÓN: ST LA ELIANA  
 UTD LIRIA  
 (3521 L-09)  
 4017



APOYO DE ANCLAJE  
 -  
 PUNTO DE ENTRONQUE

AL-1

LEYENDA

△ CENTRO DE TRANSFORMACION IBERDROLA  
 ○ CENTRO DE TRANSFORMACION DE CLIENTE

--- CANALIZACION SUBTERRANEA EXISTENTE  
 --- CANALIZACION SUBTERRANEA PROYECTADA  
 □ ARQUETA EXISTENTE  
 □ ARQUETA PROYECTADA  
 ○ TUBO LIBRE  
 ○ TUBO OCUPADO MT    ○ TUBO OCUPADO BT

— LÍNEA AÉREA MEDIA TENSIÓN EXISTENTE  
 - - - LÍNEA AÉREA MEDIA TENSIÓN A DESMONTAR  
 --- LÍNEA AÉREA BAJA TENSIÓN EXISTENTE  
 - - - LÍNEA SUBTERRÁNEA BAJA TENSIÓN A DESMONTAR  
 - - - LÍNEA SUBTERRÁNEA MEDIA TENSIÓN PROYECTADA  
 — LÍNEA AÉREA MEDIA TENSIÓN PROYECTADA  
 = CPM EXISTENTE  
 = CPM PROYECTADA

○ APOYO MADERA EXISTENTE  
 □ APOYO HORMIGON EXISTENTE  
 ○ APOYO CHAPA EXISTENTE  
 □ APOYO CELOSIA EXISTENTE  
 □ APOYO HORMIGON PROYECTADO  
 ○ APOYO CHAPA PROYECTADO  
 □ APOYO CELOSIA PROYECTADO

Fecha 10/04/2021 Nº PÁG 29

PLANO -1 - LÍNEA AÉREA M.T

NUEVA URBANIZACIÓN 'EL HORNILLO'



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
 DE VALÈNCIA

SUBESTACIÓN: ST LA ELIANA  
 UTD LIRIA  
 (3521 L-09)  
 4017

LA-56 20 kV)

AL-2

FL-3

LEYENDA

△ CENTRO DE TRANSFORMACION IBERDROLA  
 ○ CENTRO DE TRANSFORMACION DE CLIENTE

--- CANALIZACION SUBTERRANEA EXISTENTE  
 --- CANALIZACION SUBTERRANEA PROYECTADA

□ ARQUETA EXISTENTE  
 □ ARQUETA PROYECTADA

○ TUBO LIBRE  
 ○ TUBO OCUPADO MT    ○ TUBO OCUPADO BT

— LINEA AÉREA MEDIA TENSIÓN EXISTENTE  
 - - - LINEA AÉREA MEDIA TENSIÓN A DESMONTAR  
 --- LINEA AÉREA BAJA TENSIÓN EXISTENTE  
 - - - LINEA SUBTERRANEA BAJA TENSIÓN A DESMONTAR  
 - - - LINEA SUBTERRANEA MEDIA TENSIÓN PROYECTADA  
 --- LINEA AÉREA MEDIA TENSIÓN PROYECTADA

— CPM EXISTENTE  
 - - - CPM PROYECTADA

○ APOYO MADERA EXISTENTE  
 ○ APOYO HORMIGON EXISTENTE  
 ○ APOYO CHAPA EXISTENTE  
 ⊗ APOYO CELOSIA EXISTENTE  
 ○ APOYO HORMIGON PROYECTADO  
 ○ APOYO CHAPA PROYECTADO  
 ⊗ APOYO CELOSIA PROYECTADO

Fecha 10/04/2021 N° PÁG 30

NUEVA URBANIZACIÓN 'EL HORNILLO'

PLANO - 2 - LÍNEA AÉREA M.T



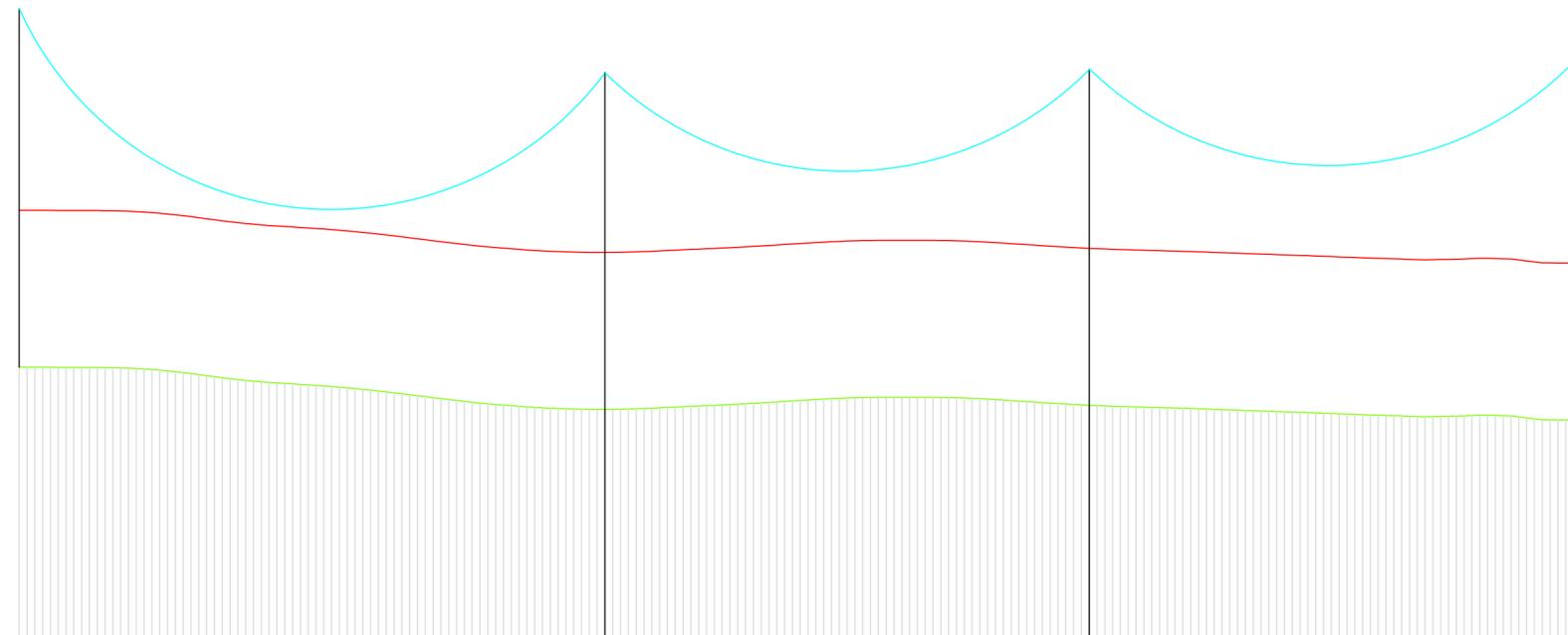
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

AN

AL-1

AL-2

FL-3



Nº Apoyo	1	2	3	4
Vano regulador:	93 metros			
Vano:		104 m	86 m	86 m
Cota:	129.01 m	127.13 m	127.31 m	126.65 m
Apoyo:		CH-RC-400-15m	CH-RC-400-15m	C3000-16E
Cruceta:		BP 125-1750	BP 125-1750	BC1-15
Aisladores:		U 70 YB20	U 70 YB20	U 70 YB20
Municipio:	Pobla de Vallbona(la)			

## LEYENDA

FECHA 22/06/21

Nº PÁG

31

PLANO PERFIL LONGITUDINAL L.A.M.T



CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE COMPAÑÍA



CAJA DE SECCIONAMIENTO Y CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA



ALUMBRADO PÚBLICO

LÍNEA AÉREA M.T

DISTANCIA MÍNIMA AL TERRENO

LÍNEA SUBTERRÁNEA B.T

NUEVA URBANIZACIÓN 'EL HORNILLO'

Proyecto de línea aérea/subterránea de M.T para alimentar dos Centros de Transformación de 400 kVA suministro eléctrico a 70 viviendas y alumbrado público



### **3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS**

#### **3.1. Calidad de los materiales.**

Todos los materiales a instalar serán nuevos, de primera mano, dimensionados para la Tensión más elevada de 24 kV. (Tensión más elevada, aislamiento pleno), construidos por fabricantes reconocidos bajo Normativa reglamentaria.

#### **3.2. Obra civil.**

La apertura de los hoyos será de acuerdo con la naturaleza del terreno. Las paredes del terreno deberán quedar lo más perpendiculares posible, tratando de no abrir más hoyo de lo necesario, con el fin de no debilitar éste. Será realizado previamente la solicitud de permiso a los propietarios de los terrenos afectados, haciéndose una inspección ocular con el fin de evitar el romper canalizaciones que hubiera enterradas. La tierra que se obtenga en la excavación de la apertura del hoyo, será vertida en lugar adecuado donde no pueda molestar u ocasionar daños.

#### Hormigones y Cimentaciones.

El hormigón a utilizar para la cimentación del apoyo, será preferentemente de Planta, siendo la dosificación a emplear la siguiente:

- Cemento 150 Kg.
- Arena 450 Lts.
- Grava 900 Lts. (de 10 a 60 mm)
- Agua 150 Lts.

El cemento Portland o artificial será de primera calidad, que como mínimo deberá cumplir el tipo P-250 de fraguado lento. El supervisor de la obra podrá realizar, cuando lo crea conveniente, los análisis y ensayos de laboratorio que considere oportunos.

La arena podrá proceder de ríos, minas, canteras etc., debiendo ser limpia y exenta de impurezas arcillosas u orgánicas, preferentemente con superficies ásperas de origen cuarzoso.

La piedra o grava procederá de graveras de río o bien de canteras, siempre limpia de polvo, calizas o arcillas. Sus dimensiones podrán establecerse entre 1 y 6 cm., siendo preferible que tengan superficies con aristas y granulometría apropiadas, prohibiéndose el empleo del llamado revoltón, es decir piedra y arena unida, sin dosificación, así como cascotes o materiales blandos.

El agua a utilizar nunca será la utilizada de ciénagas o que contenga disueltos componentes extraños.



La Peana se hará de forma que el macizo de hormigón sobresalga del nivel del terreno como mínimo 15 cm., terminando en "punta de diamante", para evitar el deslizamiento del agua, enlucándose posteriormente con hormigón rico en cemento.

Se tendrá precaución de dejar un taladro en la base para poder colocar el cable de tierra del Apoyo. Este deberá salir a unos 50 cm., por debajo del nivel del suelo, y, en la parte superior de la peana, junto a un angular o montante, pudiéndose utilizar para ello un tubo curvado de hierro galvanizado.

Los apoyos que dispongan de aparatos de maniobra dispondrán de plataforma de operador con su sistema de Puesta a Tierra adicional como equipotencial.

### **3.3. Conductor**

El conductor a utilizar será de aluminio-acero galvanizado tipo LA-56, cumpliendo la Norma UNE-EN 50182 así como la UNE 21018.

Se evitará que en el tendido, éste no sea arrastrado por el suelo, con el fin de no dañarlo, utilizando para ello poleas y rodillos adecuados. Se tenderán siempre desde bobina procurando que no se produzcan "bochas".

Para el tense, se utilizarán mordazas que no dañen al conductor, empleándose dinamómetros de escalas adecuadas, no realizándose el Tensado hasta transcurridos al menos 10 días después de efectuada la cimentación de hormigón de los Apoyos.

### **3.4. Aisladores**

No serán utilizados aisladores usados, y sobre todo los que hayan podido estar anteriormente soportando conductores de cobre. El nivel de aislamiento corresponderá para la Tensión más elevada de 24 kV.

El aislamiento tanto en amarres como en suspensión, estará constituido por elementos de composite según Norma NI-48.08.01 formadas por un aislador tipo U70 YB 20, en la condición "bajo lluvia", siendo estos resistentes a la polución.

### **3.5. Pararrayos**

Los Pararrayos Autovalvulares serán de una Tensión de 24 kV. y con una Capacidad de Poder de Descarga de 10 kA. Estos estarán conectados a su propio sistema de Puesta a Tierra independiente.

### **3.6. Herrajes y accesorios**

Todos los elementos siderúrgicos que se instalen en la Línea serán de estructura de acero AE-275-B según UNE-36080, galvanizados en caliente por inmersión con recubrimiento de zinc de 0,61 Kg/m<sup>2</sup>., tras previo desengrasado decapado y limpieza de las superficies, debiendo ser capaces de soportar cuatro inmersiones en una solución de SO<sub>4</sub> Cu al 20% de una densidad de 1,18 a 18°C., sin que el hierro quede al descubierto o coloreado parcialmente.



Los tornillos serán galvanizados y su diámetro no será inferior a 12 mm. de al menos 300 N/mm<sup>2</sup> de límite de fluencia, en calidad 5.6 según Norma UNE-EN 20.898.2.

### **3.7. Apoyos**

Los apoyos serán metálicos de estructura de perfil soldada y atornillada, del tipo normalizado, construidos por talleres de reconocida garantía, cumpliendo su fabricación con la Norma de Iberdrola NI 52.10.01.

Los perfiles en que estarán fabricados serán de acero cuyo límite de fluencia no será inferior a 275 N/mm<sup>2</sup> según Norma UNE-EN 10025. Estos se calcularán para el esfuerzo a que vayan a estar sometidos con el coeficiente de seguridad adecuado en cada caso, con un coeficiente de seguridad no inferior a 1,5 respecto al límite de fluencia, siendo de "seguridad aumentada" para el caso de cruzamientos y paralelismos. Su altura vendrá determinada de acuerdo con las características del terreno y elementos que se sitúen bajo ella, para nuestro caso de cruce sobre caminos y explotaciones agrícolas, la altura mínima de estos será de 7 m.

Todos los apoyos dispondrán de la identificación del tipo y de fabricante, irán numerados, así como dispondrán de la correspondiente placa de indicación de "Peligro de Muerte", y para el caso de zonas frecuentadas les serán colocadas chapas galvanizadas antiescalo en su base hasta una altura de 2 m. mínimo. Para aquellos que vayan a llevar maniobra incorporarán placa identificativa.

### **3.8. Normas de ejecución de las instalaciones**

Todas las Normas de construcción y ejecución, se ajustarán a los Planos, Mediciones y Calidades que se expresan.

Además del cumplimiento de lo expuestos anteriormente, la obra deberá cumplir con la Normativa que la pudiera afectar implícitamente por cualquier Organismo Oficial competente.

### **3.9. Pruebas reglamentarias**

Todos los materiales, cumplirán las normas establecidas sobre Ensayos que se han descrito y que el Fabricante deberá obtener, pudiendo estar a disposición de cualquier Organismo que lo solicitase.

Lo mencionado en el Pliego de Condiciones y omitido en los planos o viceversa, tendrá que ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos. En caso de contradicción entre Planos y el Pliego de Condiciones, prevalecerá lo prescrito en este último.

Las omisiones en Planos y Pliego de Condiciones o las descripciones erróneas de los detalles de las obras que sean manifiestamente indispensables para llevar a cabo el espíritu o intención expuesto en los Planos y Pliego de Condiciones, o que por usos y costumbres, deben de ser realizados, no solo eximen al Contratista de la obligación de



ejecutar estos detalles de obra omitidos o erróneamente descritos, si no que por el contrario deberán ser ejecutados como si hubiera sido completa y correctamente especificados en los Planos y Pliego de Condiciones.

### **3.10. Condiciones de uso mantenimiento y seguridad**

Las "Tomas de Tierra", deberán ser humedecidas frecuentemente y revisadas con regularidad, con un adecuado control de mantenimiento y controles periódicos.

Se avisará a la Empresa Suministradora ante cualquier incidente o anomalía que se observase en la Línea.



## 4.PRESUPUESTO

### 4.1. Presupuesto unitario

#### -Apoyos

<u>Ud.</u>	<u>Descripción</u>	<u>Precio</u>	<u>Total</u>
2	Apoyo alineación de chapa de acero, de 15 m de altura y 630 daN de esfuerzo nominal y cimentación de apoyo de hormigón, incluyendo cruceta bóveda de alineación, 3 cadenas de susensión composite, apertura de pozo, puesta a tierra y montaje.	1659,41€	3318,82€
1	Apoyo metálico de celosía, de 16 m de altura y 3000 daN de esfuerzo nominal, compuesto de cabeza prismática y fuste troncopiramidal de sección cuadrada y cimentación de hormigón , para entronque aéreo-subterráneo de línea M.T 20 kV.Cruceta recta, 3 cadenas de amarre composite, 3 seccionadores unipolares, autoválvulas, herrajes , crucetas de sujeción de aparamenta, botellas terminales para cable seco exterior, bajante de protección con tubo de acero, barra posapiés de operador, apertura de pozo y puesta a tierra en anillo para frecuentados.	2268,88 €	2268,88€

#### -Cable

278	Metro de línea trifásica con conductor aluminio-Acero (LA-56) 47-AL1/8ST1A, tendido, tensado y retenido más transporte.	1,65 €	458,7 €
-----	---	--------	---------

### 4.2. Presupuesto parcial

SUBTOTAL	TOTAL
LAMT	6046,4 €

## 5. ANEXO

### 5.1. Cálculos eléctricos línea aérea media tensión

En este apartado se calculan los parámetros de la línea aérea de Media Tensión necesarios para saber qué línea se va a proyectar y con qué características eléctricas.

#### 5.1.1. Intensidad máxima admisible por el conductor elegido

La intensidad máxima admisible se calcula mediante el producto de la densidad máxima de corriente admisible y la sección del conductor elegido.

Para el conductor LA-56 de la línea aérea que se diseña el valor de la densidad máxima admisible, según ITC-LAT-07 es:

$$\sigma = 3,7 \text{ A/mm}^2$$

Sabiendo que la sección del conductor es de  $54,6 \text{ mm}^2$ , la intensidad máxima admisible del conductor es:

$$I_{m\acute{a}x} = \sigma \cdot S = 3,7 \cdot 54,6 = 202 \text{ A}$$

#### 5.1.2. Resistencia eléctrica

La resistencia total de la línea se determina mediante la resistencia por unidad de longitud y de la longitud total de la línea:

$$R_T = R_L \cdot L$$

$$R_L = 0,6136 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$L = 278 \text{ metros}$$

$$R_T = 0,17 \text{ } \Omega$$

#### 5.1.3. Reactancia y coeficiente de inducción mutua

La reactancia kilométrica de la línea se calcula atendiendo a la siguiente expresión:

$$X = 2 \pi f L$$

Siendo L, el coeficiente autoinducción:

$$L = (0,5 + 4,605 \log D/r) \cdot 10^{-4}$$

Por lo tanto:

$$X = 2 \pi f (0,5 + 4,605 \log D/r) \cdot 10^{-4}$$

$$X = 0.063 \Omega$$

Dónde:

X: reactancia aparente ( $\Omega$ )

f: frecuencia de la red (Hz)

r: radio del conductor (mm) = 9,45/2

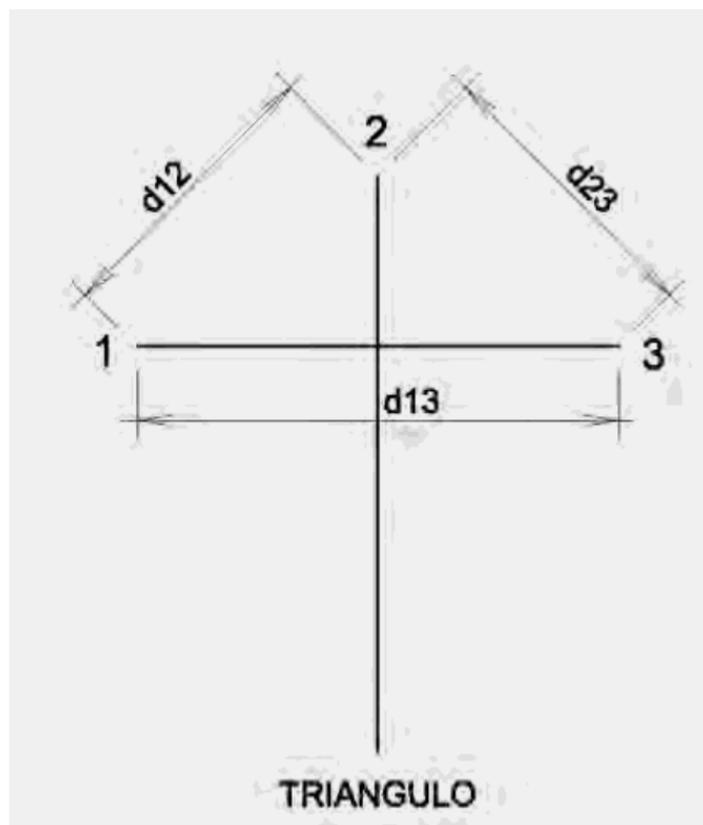
D: separación media geométrica entre conductores

El valor D se determina a partir de las distancias entre conductores  $d_{12}$ ,  $d_{23}$  y  $d_{13}$ , que proporcionan las crucetas elegidas, sabiendo que nuestra línea es de simple circuito.

Las crucetas en nuestro caso vamos a utilizar para los apoyos de alineación, por ser el que más número de apoyos tenemos en nuestra línea, el tipo de cruceta es bóveda de alineación, el valor de D será:

$$D = \sqrt[3]{d_{12} \cdot d_{13} \cdot d_{23}}$$

Siendo D=2,2





#### 5.1.4. Caída de tensión

La caída de tensión por resistencia y reactancia de la línea a diseñar viene dada por la fórmula:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos \Phi + X \sin \Phi) \cdot L$$

Donde:

$\Delta U$ : Caída de tensión compuesta(V)

I: Intensidad de la línea en (A)

R: Resistencia por fase ( $\Omega$ )

X: Reactancia por fase ( $\Omega$ )

$\Phi$ :Ángulo de desfase ( $^\circ$ )

L :Longitud de la línea (km)

$$\Delta U = 56,3847 \text{ V}$$

Siendo la caída de tensión en tanto por ciento:

$$\Delta U\% = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2} (R + X \operatorname{tg} \phi) = 0,31\% < 5\%$$

#### 5.1.5. Capacidad de transporte

La capacidad del transporte se atribuye a la cantidad de potencia que la línea puede transportar, esta queda determinada por la intensidad máxima admisible y por la caída de tensión anteriormente calculada, que no deberá exceder el 5%.

Esta potencia máxima que podrá transportar nuestra línea esta determinada mediante la siguiente fórmula:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{m\acute{a}x} \cdot \cos \Phi$$

,suponiendo un factor de potencia del 0,9 y sabiendo que la intensidad máxima admisible tiene un valor de 202 A ,el valor de la potencia que puede transportar la línea es de :

$$P = 6298 \text{ kW}$$

Suficiente potencia para abastecer los centros de transformación y en consecuente a la urbanización.



### 5.1.6. Pérdidas de potencia

Toda línea eléctrica tiene sus pérdidas de potencia por efecto Joule, es decir parte de la energía se disipa en forma de calor por la resistencia que tiene el cable y que se opone al paso de la energía eléctrica, esta pérdida de potencia en vatios se determina mediante la siguiente expresión:

$$\Delta P = 3R \cdot L \cdot I^2 = 3 \cdot 0,614 \cdot 0,278 \cdot 202^2 = 20,9 \text{ kW}$$

Donde:

R = Resistencia = 0,614  $\Omega$ /km

L = Longitud de la línea = 278 metros

I = 202 A

en tanto por ciento es:

$$\text{Pérdidas (\%)} = \frac{\text{Pérdidas}}{\text{Potencia}} \cdot 100 = \frac{20,9}{6200} \cdot 100 = 0,337 \%$$

## 5.2. Distancias línea aérea media tensión

Las distancias en una línea aérea son necesarias por motivos de seguridad, existen dos tipos; las distancias internas, que son las diseñadas para que las líneas sean capaces de resistir las sobretensiones, y las distancias externas, que son las que determinan las distancias mínimas de seguridad entre los conductores en tensión y los objetos de debajo de la línea o en las proximidades de ella. En los siguientes apartados se distinguen las más importantes en nuestro proyecto según el R.L.A.T.

### 5.2.1. Distancia de aislamiento eléctrico para evitar descargas

Para cualquier línea eléctrica se consideran las siguientes distancias eléctricas:

- $D_{el}$  = distancia de aislamiento mínima en el aire mínima especificada, previene descargas eléctricas entre las partes en tensión (conductores de fase) y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido, es decir de sobretensiones producidas por falta en la red o las producidas por un rayo. Esta distancia también sirve para separar los conductores a partes de puesta a tierra, con un mínimo de separación de 0,2 m.

El valor de esta distancia para nuestra red, de tensión más elevada de la red  $U_s = 24$  kV, es de:

$$D_{el} = 0,22 \text{ m}$$

- $D_{pp}$  = distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, previene las descargas eléctricas entre fases durante las maniobras y las sobretensiones de rayo.

El valor de esta distancia para nuestra red, de tensión más elevada de la red  $U_s = 24$  kV, es de:

$$D_{pp} = 0,25 \text{ m}$$

### 5.2.2. Distancias en el apoyo

Las distancias mínimas de seguridad en el apoyo son distancias internas utilizadas para diseñar la línea con el propósito de que tenga la capacidad de resistir sobretensiones.

La distancia mínima de seguridad entre los conductores de fase del mismo circuito o diferente circuito debe ser tal para que no haya riesgo ninguno de cortocircuito entre fases, teniendo presentes las oscilaciones de los conductores producidas por el viento, ya que el hielo en nuestra zona A no procedería aplicarlo.

La expresión para esta distancia según el apartado 5.4.1 de la ITC-LAT 07 es:

$$D = K\sqrt{F + L} + K'D_{pp}$$

Siendo:

$D$  : separación entre conductores de fase del mismo circuito o circuito distinto.

$K$ : Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento.(0,65)

$K'$ : Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea  $K'=0,75$  para nuestra línea.

$F$ : Flecha máxima en metros.

$L$ : Longitud en metros de la cadena de suspensión, en el caso de conductores fijados a cadenas de amarre será igual a 0.

$D_{pp}$ : distancia mínima aérea especificada, cuyo valor es 0,25 m según el apartado anterior.

Siendo la flecha máxima admisible igual a :

$$F = \left( \frac{D - K' D_{pp}}{K} \right)^2 - L$$

$$F = 2,34 \text{ m}$$

### 5.2.3. Distancias al terreno, caminos, carreteras, etc.

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores con su flecha máxima vertical según las hipótesis de hielo y temperatura calculadas en el apartado anterior, queden situados por encima del terreno a una altura mínima de:

$$D_{add} + D_{el} = 5,3 + D_{el}$$

Con un mínimo de 6 metros, que podrían ser reducidas en un metro en lugares de difícil acceso o aumentada en un metro si la línea atraviesa explotaciones ganaderas o explotaciones agrícolas, como es en nuestro caso. Por tanto la altura de nuestra línea nunca deberá bajar de los 7 metros con el propósito de evitar accidentes por circulación de maquinaria, camiones o por proyección de agua.

#### ➤ Distancias con otras líneas.

No procede.

### 5.3. Cálculos mecánicos línea aérea de media tensión

#### 5.3.1. Apoyos

Los apoyos a instalar serán todos metálicos con perfiles normalizados de acero y estructura de chapa metálica, se han desarrollado las ecuaciones que rigen los esfuerzos resultantes en los apoyos, a partir de las cuales se ha desarrollado el esquema de cálculo de los apoyos para líneas de Media Tensión (20 kV) y para líneas de simple circuito para los apoyos elegidos en nuestro proyecto:

- **ZONA A - Apoyos de alineación con cadenas de suspensión**

#### HIPÓTESIS 1ª : Viento.

##### 1.1. Cargas permanentes Verticales(V):

a) Peso de conductores:

$$n p \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{F_{-\alpha+V}}{P'_V} \left( \frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2} \right) \right] \quad (daN)$$

Siendo  $F_{-\alpha+V}$ , para líneas en zona A: La fuerza a -5 °C con sobrecarga de viento que le corresponda mínimo de 120 km/h

b) Peso de aisladores:

$$n P_{aisladores} = 3 \cdot 10 \quad (daN)$$

c) Peso de cruceta : 250 (daN)

##### 1.2. Esfuerzo del viento normal a la línea o en la dirección de la bisectriz del ángulo interno de la línea(T)

a) Sobre conductores

$$\frac{a_1 + a_2}{2} d q \cos \frac{\alpha}{2} \quad (daN)$$

Aplicando el factor de armado en cada conductor:

$$\left( \frac{a_1 + a_2}{2} d q \cos \frac{\alpha}{2} \right) (K_{11} + K_{12} + K_{13}) \quad (daN)$$

b) Sobre aisladores

$$q \frac{n_{aisladores}}{cadena} A_{aislador} (K_{11} + K_{12} + K_{13}) \quad (daN)$$

$$q = 70 \left( \frac{V_V}{120} \right)^2 \quad (daN/m^2)$$

c) Sobre cruceta

$$q S_{cruceta} K_{cruceta} = \quad (daN)$$

$$q = 100 \left( \frac{V_V}{120} \right)^2 \quad (daN/m^2)$$

Se supone que el esfuerzo generado está aplicado en el punto medio de la cruceta, por lo que la altura de aplicación de esta cruceta es:

$$H_5 = \frac{\text{Altura cruceta}}{2}$$

d) Resultante de ángulo

$$R_T = 2 F_{-\alpha+V} \sin \frac{\alpha}{2} \quad (daN)$$

Siendo  $F_{-\alpha+V}$ , para líneas en zona A: La fuerza a -5 °C con sobrecarga de viento que le corresponda mínimo de 120 km/h

Aplicando el factor de armado sobre la resultante del ángulo:

$$R_T = 2 F_M \sin \frac{\alpha}{2} (K_{11} + K_{12} + K_{13}) \quad (daN)$$

- Esfuerzos en el primer apoyo de alineación

Esfuerzo horizontal(T),daN	Esfuerzo vertical(V), daN
232,26	165,57

- Esfuerzos en el segundo apoyo de alineación

Esfuerzo horizontal(T),daN	Esfuerzo vertical(V), daN
211,98	174,1

- Esfuerzos en la cruceta del primer apoyo de alineación

Esfuerzo horizontal(T),daN	Esfuerzo vertical(V), daN
55,97	19,56

- Esfuerzos en la cruceta del segundo apoyo de alineación

Esfuerzo horizontal(T),daN	Esfuerzo vertical(V), daN
50,86	22,4

### HIPOTESIS 3ª: Desequilibrio de tracciones

#### 3.1. Cargas permanentes Verticales(V):

Se utilizan las cargas verticales utilizadas en la primera hipótesis.

#### 3.2. Desequilibrio de tracciones (L y T):

En sentido longitudinal (L) y por fase el desequilibrio de tracciones para un apoyo de alineación y ángulo, por ser el caso más general, tiene por valor:

$$F_L = \frac{8}{100} F_M \cos \frac{\alpha}{2} \quad (daN)$$

Se considerará el 8% de la  $F_M$ , al considerar solamente en esta línea aérea la tensión de 20 kV, perteneciente a Media Tensión.

Por otro lado, al ser un apoyo de alineación-ángulo el desequilibrio produce una fuerza transversal(T) de valor:

$$F_T = 1,92 F_M \sin \frac{\alpha}{2} \quad (daN)$$

El desequilibrio será:

$$R_{DESEQ} = \sqrt{F_L^2 + F_T^2} = F_M \sqrt{0,08^2 \cos^2 \frac{\alpha}{2} + 1,92^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}} \quad (daN)$$

Aplicando el factor de armado:

$$R_{DESEQ}(K_{11} + K_{12} + K_{13}) = \quad (daN)$$

- Esfuerzos en el primer apoyo de alineación

Esfuerzo desequilibrio, daN	Esfuerzo vertical(V), daN
150,9	165,57

- Esfuerzos en el segundo apoyo de alineación

Esfuerzo desequilibrio, daN	Esfuerzo vertical(V), daN
150,56	174,1

## Trabajo Final de Grado

- Esfuerzos en la cruceta del primer apoyo de alineación

Esfuerzo horizontal(T),daN	Esfuerzo vertical(V), daN
38,8	19,56

- Esfuerzos en la cruceta del segundo apoyo de alineación

Esfuerzo horizontal(T),daN	Esfuerzo vertical(V), daN
38,8	22,4

**HIPÓTESIS 4ª: Rotura de conductores(L)**

No se considerará este esfuerzo en las líneas aéreas hasta tensión nominal de 66 kV, cuando en la línea se verifiquen simultáneamente las siguientes condiciones:

- a) Que los conductores y cables de tierra tengan un coeficiente de seguridad de 3 como mínimo.
- b) Que el coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera sea el correspondientes a las hipótesis normales.
- c) Que se instalen apoyos de anclaje cada 3 kilómetros como máximo.
- d)

El apoyo elegido para los apoyos de alineación es: **CH-RC-400 -15 METROS-VÁLIDO**

La cruceta elegida según cálculos: **BP 125-1750 - VÁLIDA**

- **ZONA A - Apoyos de final de línea con cadenas de amarre**

**HIPÓTESIS 1ª: Viento.****1.1.Cargas permanentes Verticales(V):**

a) Peso de conductores:

$$n p \left[ \frac{a_1}{2} + \frac{F_{-\alpha+V}}{P'_V} \left( \frac{h_0 - h_1}{a_1} \right) \right] \quad (daN)$$

Siendo  $F_{-\alpha+V}$ , para líneas en zona A: La fuerza a -5 °C con sobrecarga de viento que le corresponda mínimo de 120 km/h

b) Peso de aisladores:

$$n P_{aisladores} = 3 \cdot 10 \quad (daN)$$

c) Peso de cruceta : 250 (daN)

**TOTAL 1.1.-Cargas permanentes....(daN)****1.2. Esfuerzo del viento normal a la línea(T):**

a) Sobre conductores

$$\frac{a_1}{2} d q = \quad (daN)$$

Aplicando el factor de armado en cada conductor:

$$\left(\frac{a_1}{2} d q\right) (K_{11} + K_{12} + K_{13}) = \quad (daN)$$

b) Sobre aisladores

$$q \frac{n_{\text{aisladores}}}{\text{cadena}} A_{\text{aislador}} (K_{11} + K_{12} + K_{13}) \quad (daN)$$

$$q = 70 \left(\frac{V_V}{120}\right)^2 \quad (daN/m^2)$$

c) Sobre cruceta

$$q S_{\text{cruceta}} K_{\text{cruceta}} = \quad (daN)$$

$$q = 100 \left(\frac{V_V}{120}\right)^2 \quad (daN/m^2)$$

Se supone que el esfuerzo generado está aplicado en el punto medio de la cruceta, por lo que la altura de aplicación de esta cruceta es:

$$H_5 = \frac{\text{Altura cruceta}}{2}$$

### 1.3. Desequilibrio de tracciones:

$$F_{-\alpha+V} (K_{11} + K_{12} + K_{13}) = \quad (daN)$$

Siendo  $F_{-\alpha+V}$ , para líneas en zona A: La fuerza a -5 °C con sobrecarga de viento que le corresponda mínimo de 120 km/h

### 1.4. Esfuerzo resultante 1.2 y 1.3(L):

- Esfuerzos en el apoyo final de línea

Esfuerzo horizontal(T),daN	Esfuerzo vertical(T), daN
2078,35	285,42



Trabajo Final de Grado

- Esfuerzos en la cruceta del apoyo final de línea

Esfuerzo horizontal(T),daN	Esfuerzo vertical(T), daN
485,72	11,81

#### HIPÓTESIS 4ª:Rotura de conductores

##### 4.1.Cargas permanentes Verticales

**TOTAL 4.1.-Cargas permanentes = 1.1 .....(daN)**

##### 4.2.Esfuerzo por rotura de conductores(L)

$F_M = \dots\dots\dots$ (daN)

Siendo  $F_M$ , para líneas en zona A : La fuerza a -5 °C con sobrecarga de viento que le corresponda mínimo de 120 km/h

$$\frac{F_M \text{ Brazo cruceta}}{1,5} \leq L_T$$

- Esfuerzos en el apoyo final de línea

Esfuerzo de rotura, daN	Esfuerzo torsor, daN
485	848,75

- Esfuerzos en la cruceta del apoyo final de línea

Esfuerzo horizontal(T),daN	Esfuerzo vertical(T), daN
485	11,81

Se ha optado por elegir el apoyo de celosia : **C-3000 -VÁLIDO**

La cruceta que se ha instalado para el apoyo final de línea : **BC1-15 -VÁLIDA**

#### 5.4. Sistema de puesta a tierra línea aérea de media tensión(frecuentados y no frecuentados)

Los valores fundamentales para el dimensionamiento de los sistemas de puesta a tierra son:

- a) Valor de la corriente de falta
- b) Duración de la falta

Cuando las tensiones de contacto calculadas sean superiores a los valores máximos admisibles, se recurrirá al empleo de medidas adicionales de seguridad a fin de reducir el riesgo de las personas y demás.

$$U_C = U_{ca} \left[ 1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2 \cdot Z_B} \right]$$

Donde:

- **U<sub>c</sub>**, es la máxima tensión de contacto admisible en la instalación en V.
- **U<sub>ca</sub>**, es la tensión de contacto aplicada admisible, tensión a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre una mano y los pies. 0,1 segundos
- **R<sub>a1</sub>**, es la resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante. Se puede emplear el valor de 2000 ohm
- **R<sub>a2</sub>**, es la resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno de un pie.  $R_{a2} = 3 \cdot ps$ , siendo ps (200) la resistividad del suelo cerca de la superficie.
- **Z<sub>B</sub>**, es la impedancia del cuerpo humano. Se considerará un valor de 1000 ohm

$$U_C = 1455,9 V$$

Duración de la corriente de falta, t <sub>F</sub> (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, U <sub>ca</sub> (V)
0.05	735
0.10	633
0.20	528
0.30	420
0.40	310
0.50	204
0.60	185
0.70	165
0.80	146
0.9	126
1.00	107
2.00	90
5.00	81
10.00	80
> 10.00	50

El electrodo a utilizar para la utilización en el caso de líneas aéreas con apoyos no frecuentados (ITC LAT-07 7.3.4.3) proporcionará un valor de la resistencia de puesta a tierra suficientemente bajo para garantizar la actuación de las protecciones en caso de defecto a tierra. Este valor se puede conseguir con una sola pica de acero cobrizado de 1,5 m de longitud y 14 mm de diámetro, enterrado como mínimo a 0,5 m de profundidad. Si no es posible que el valor sea tan mínimo como se requiere con una sola pica se pueden utilizar varias picas hasta cuatro picas que formen un anillo, y si se requieren más picas en hilera, pero no en nuestro caso. El conductor de unión de picas será de 50 mm<sup>2</sup> de sección. Siendo el valor máximo de la resistencia de puesta a tierra el siguiente, para una tensión nominal de la red de 20 kV:

Tensión nominal de la red $U_n$ (kV)	Máximo valor de la resistencia de puesta a tierra ( $\Omega$ )
13,2	150
15	175
20	230

#### 5.4.1. Sistema de puesta a tierra para apoyos no frecuentados

Se va a proceder a realizar los cálculos necesarios para el diseño de la puesta a tierra, así como las consideraciones y validaciones que se tienen que cumplir para que este diseño sea correcto para los apoyos no frecuentados, los datos considerados son los siguientes:

- Tensión nominal de la línea:  $U_N = 20 \text{ kV}$
- Resistividad del terreno:  $\rho = 200 \Omega \cdot \text{m}$
- Características de actuación de las protecciones:  $I'_{1F} \cdot t = 400$

En primer lugar elegiremos el número mínimo de picas que forma el electrodo para comprobar que el valor de la resistencia de puesta a tierra puede estar por debajo del límite, en este caso 1 pica con un valor de  $K_R = 0,604 \frac{\Omega}{\Omega \text{m}}$

Electrodo	$K_r$ $\left(\frac{\Omega}{\Omega \cdot m}\right)$
Configuración básica (1 pica)	0,604
Variante con 2 picas	0,244
Variante con 3 picas	0,167

Con un valor de la resistencia de puesta a tierra:

$$R_T = K_r \cdot \rho = 0,604 \cdot 200 = 120,8 \Omega$$

Que viendo la tabla que se ha comentado anteriormente.

Tensión nominal de la red $U_n$ (kV)	Máximo valor de la resistencia de puesta a tierra ( $\Omega$ )
13,2	150
15	175
20	230

Sabemos que el número de picas elegido, en este caso de una pica, es correcto porque:

$$120,8 < 230$$

La reactancia equivalente de la subestación así como la intensidad máxima de corriente de defecto a tierra según datos proporcionados por la compañía suministradora (IBERDROLA), según la tabla adjunta:

Tensión nominal de la red $U_n$ (kV)	Tipo de puesta a tierra	Reactancia equivalente $X_{LTH}$ ( $\Omega$ )	Intensidad máxima de corriente de defecto a tierra (A)
13,2	Rígido	1,863	4500
13,2	Reactancia 4 $\Omega$	4,5	1863
15	Rígido	2,117	4500
15	Reactancia 4 $\Omega$	4,5	2117
20	Reactancia 5,2 $\Omega$	5,7	2228
20	Zig-zag 500 A	25,4	500
20	Zig-zag 1000 A	12,7	1000

Valores a partir de los cuales se puede proceder a calcular la intensidad de la corriente de puesta a tierra en el apoyo:

$$I'_{1F} = \frac{1,1 \cdot U_N}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{LTH}^2 + R_T^2}} = \frac{1,1 \cdot 20000}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{25,4^2 + 120,8^2}} = 102,89 \text{ A}$$

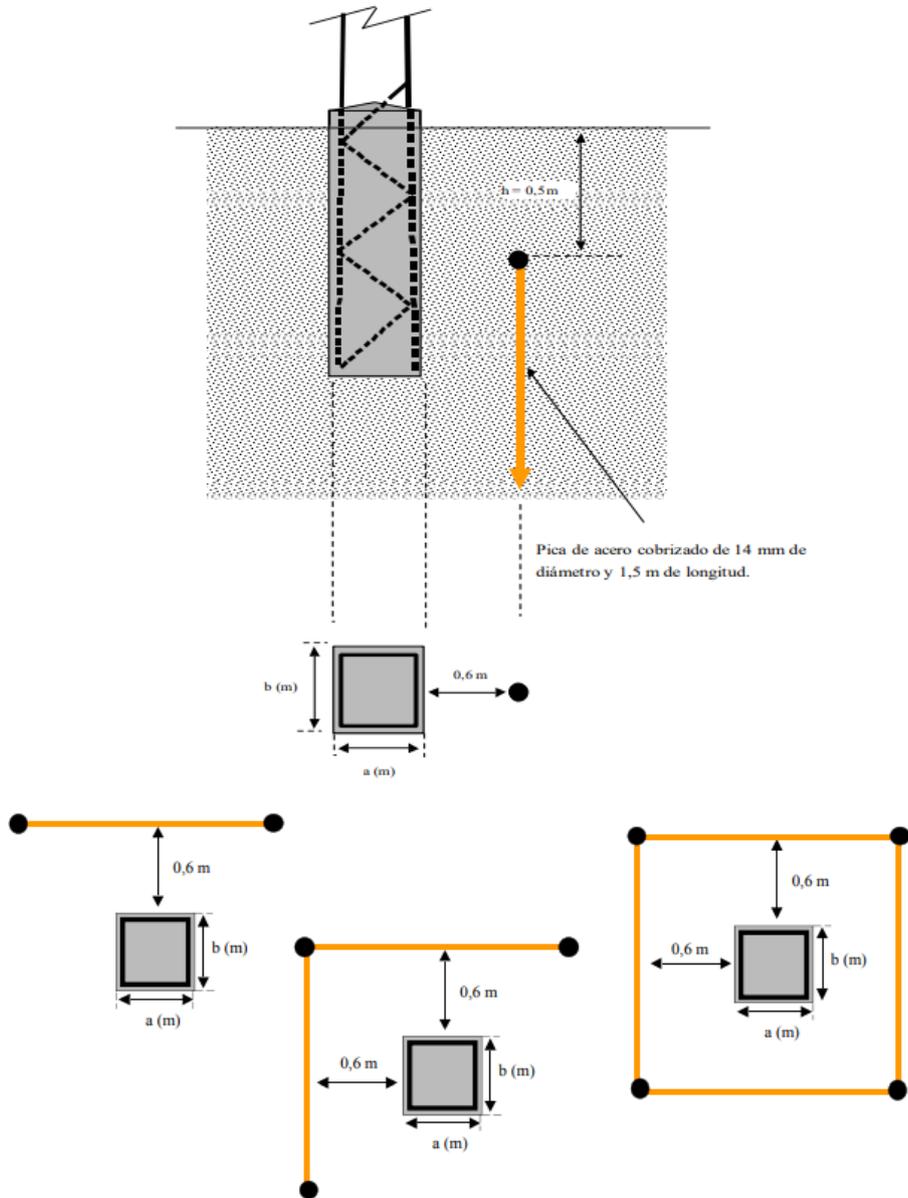
La protección automática para el caso de faltas a tierra, para la intensidad máxima de defecto a tierra, actúa en un tiempo:

$$t = \frac{400}{2228} = 0,18 \text{ s} < 1 \text{ s}$$

Para un valor de la intensidad de defecto de 105,03 A, el tiempo de actuación de la protección será:

$$t = \frac{400}{120,8} = 3,31 \text{ s} < 10 \text{ s}$$

Los tiempos de actuación de las protecciones son inferiores a uno y diez segundos respectivamente, con lo que son correctas.



#### 5.4.2. Sistema de puesta a tierra para apoyos frecuentados

En el caso del apoyo final de línea está considerado como apoyo frecuentado con calzado porque dispone de maniobra. La siguiente tabla se detalla el tipo de electrodo elegido dependiendo de las dimensiones de nuestra cimentación del apoyo final de línea, según MT.2.23.35:

Dimensiones de la cimentación a (m) x b (m)	Dimensiones del electrodo (m)	Designación del electrodo
0,6 x 0,6	2,6 x 2,6	CPT-LA-26 / 0,5
0,8 x 0,8	2,8 x 2,8	CPT-LA-28 / 0,5
1 x 1	3 x 3	CPT-LA-30 / 0,5
1,2 x 1,2	3,2 x 3,2	CPT-LA-32 / 0,5
1,4 x 1,4	3,4 x 3,4	CPT-LA-34 / 0,5
1,6 x 1,6	3,6 x 3,6	CPT-LA-36 / 0,5
1,8 x 1,8	3,8 x 3,8	CPT-LA-38 / 0,5
2 x 2	4 x 4	CPT-LA-40 / 0,5
2,2 x 2,2	4,2 x 4,2	CPT-LA-42 / 0,5
2,4 x 2,4	4,4 x 4,4	CPT-LA-44 / 0,5
2,6 x 2,6	4,6 x 4,6	CPT-LA-46 / 0,5
2,8 x 2,8	4,8 x 4,8	CPT-LA-48 / 0,5
3 x 3	5 x 5	CPT-LA-50 / 0,5

Una vez elegido el electrodo necesitamos saber cual será el coeficiente  $K_R$  y la correspondiente resistencia de tierra:

Designación del electrodo	$K_r$ $\left(\frac{\Omega}{\Omega \cdot m}\right)$
CPT-LA-26 / 0,5	0,128
CPT-LA-28 / 0,5	0,123
CPT-LA-30 / 0,5	0,118
CPT-LA-32 / 0,5	0,113
CPT-LA-34 / 0,5	0,109
CPT-LA-36 / 0,5	0,105
CPT-LA-38 / 0,5	0,102
CPT-LA-40 / 0,5	0,098
CPT-LA-42 / 0,5	0,095
CPT-LA-44 / 0,5	0,092
CPT-LA-46 / 0,5	0,089
CPT-LA-48 / 0,5	0,087
CPT-LA-50 / 0,5	0,084

$$R_T = K_r \cdot \rho = 0,113 \cdot 200 = 22,6 \Omega$$

Determinada la reactancia equivalente de la subestación, según la tabla del apartado anterior:

Tensión nominal de la red $U_n$ (kV)	Tipo de puesta a tierra	Reactancia equivalente $X_{LTH}$ ( $\Omega$ )	Intensidad máxima de corriente de defecto a tierra (A)
13,2	Rígido	1,863	4500
13,2	Reactancia 4 $\Omega$	4,5	1863
15	Rígido	2,117	4500
15	Reactancia 4 $\Omega$	4,5	2117
20	Reactancia 5,2 $\Omega$	5,7	2228
20	Zig-zag 500 A	25,4	500
20	Zig-zag 1000 A	12,7	1000

Calculamos la intensidad de la corriente de puesta a tierra en el apoyo:

$$I'_{1F} = \frac{1,1 \cdot U_N}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{LTH}^2 + R_T^2}} = \frac{1,1 \cdot 20.000}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{25,4^2 + 22,6^2}} = 373,6 \text{ A}$$

Calculamos la tensión de contacto admisible en la instalación, para ello necesitamos saber el coeficiente de tensión de contacto  $K_c$  que se determina mediante la siguiente tabla:

Designación del electrodo	$K_c$ $\left( \frac{V}{(\Omega \cdot m) \cdot A} \right)$
CPT-LA-26 / 0,5	0,037
CPT-LA-28 / 0,5	0,036
CPT-LA-30 / 0,5	0,036
CPT-LA-32 / 0,5	0,035
CPT-LA-34 / 0,5	0,034
CPT-LA-36 / 0,5	0,034
CPT-LA-38 / 0,5	0,033
CPT-LA-40 / 0,5	0,032
CPT-LA-42 / 0,5	0,031
CPT-LA-44 / 0,5	0,031
CPT-LA-46 / 0,5	0,030
CPT-LA-48 / 0,5	0,029
CPT-LA-50 / 0,5	0,029

Trabajo Final de Grado

$$U'_C = K_C \cdot \rho \cdot I'_{1F} = 0,035 \cdot 200 \cdot 373,6 = 2615,15 \text{ V}$$

Calculamos la tensión de contacto aplicada mediante la siguiente expresión:

$$U'_{CA} = \frac{U_C}{1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2 \cdot Z_B}} = \frac{2615,15}{1 + \frac{2000 + 3 \cdot 200}{2 \cdot 1000}} = 1137 \text{ V}$$

Determinamos la duración de la corriente de falta (tiempo de actuación de las protecciones), el cual garantiza el cumplimiento del RLAT (apartado 5.3.4.3 punto 7 de la M.T 2.23.35)

### Grafica

Según la gráfica, para el valor  $U'_{CA}$  el tiempo de actuación de las protecciones resultaría inferior a 0,1 segundos que es el mínimo. Por lo tanto el tiempo de actuación de las protecciones es:

$$t = \frac{400}{I_{1F}} = \frac{400}{373,6} = 1,07 \text{ s}$$

Como  $t > 0,1 \text{ s}$ , no se cumple el requisito fundamental.

Por lo tanto se adoptan medidas adicionales para que la tensión de contacto aplicada sea cero y se verifica el cumplimiento de la tensión de paso, según RCE?

Para que la tensión de contacto sea cero, se colocará una acera perimetral de hormigón a 1,2 m de la cimentación del apoyo. Embebido en el interior del apoyo de hormigón se instala una mallado electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula no superior a 0,3x0,3m, a una profundidad de al menos 0,1 m. Este mallado se conectará a un punto a la puesta a tierra del apoyo.

Determinamos la tensión de paso máxima que aparece en la instalación, en caso de adoptarse la medida anteriormente descrita.

- Con los dos pies en el terreno:

Para ello necesitamos el coeficiente de tensión de paso  $K_{P1}$  para apoyos frecuentados con calzado con los dos pies en el terreno:

Designación del electrodo	$K_p$ $\left( \frac{V}{(\Omega \cdot m) \cdot A} \right)$
CPT-LA-26 / 0,5	0,028
CPT-LA-28 / 0,5	0,026
CPT-LA-30 / 0,5	0,024
CPT-LA-32 / 0,5	0,023
CPT-LA-34 / 0,5	0,022
CPT-LA-36 / 0,5	0,021
CPT-LA-38 / 0,5	0,020
CPT-LA-40 / 0,5	0,020
CPT-LA-42 / 0,5	0,019
CPT-LA-44 / 0,5	0,018
CPT-LA-46 / 0,5	0,018
CPT-LA-48 / 0,5	0,017
CPT-LA-50 / 0,5	0,016

$$U'_{P1} = K_{P1} \cdot \rho \cdot I'_{1F} = 0,023 \cdot 200 \cdot 373,6 = 1718,56 \text{ V}$$

- Con un pie en la acera y otro en el terreno

Para ello necesitamos el coeficiente de tensión de paso  $K_{P2}$  para apoyos frecuentados con calzado con un pie en la acera y otro en el terreno:

Designación del electrodo	$K_p$ $\left( \frac{V}{(\Omega \cdot m) \cdot A} \right)$
CPT-LA-26 / 0,5	0,076
CPT-LA-28 / 0,5	0,072
CPT-LA-30 / 0,5	0,068
CPT-LA-32 / 0,5	0,065
CPT-LA-34 / 0,5	0,062
CPT-LA-36 / 0,5	0,06
CPT-LA-38 / 0,5	0,057
CPT-LA-40 / 0,5	0,055
CPT-LA-42 / 0,5	0,053
CPT-LA-44 / 0,5	0,051
CPT-LA-46 / 0,5	0,049
CPT-LA-48 / 0,5	0,048
CPT-LA-50 / 0,5	0,046

$$U'_{P1} = K_{P2} \cdot \rho \cdot I'_{1F} = 0,065 \cdot 200 \cdot 373,6 = 4856,8 \text{ V}$$

A continuación, determinaremos la duración de la corriente de falta que garantiza el cumplimiento de la tensión de paso.

Para ello calcularemos la tensión máxima aplicada a una persona para los dos casos anteriores:

## Trabajo Final de Grado

- Apoyo frecuentado con calzado, con los dos pies en el terreno:

$$U'_{PA1} = \frac{U'_{P1}}{1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot ps}{Z_B}} = \frac{1718,56}{1 + \frac{2 \cdot 2000 + 6 \cdot 200}{1000}} = 277,187 \text{ V}$$

- Apoyo frecuentado con calzado, con un pie en la acera y otro en el terreno:

$$U'_{PA2} = \frac{U'_{P2}}{1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 3 \cdot ps + 3 \cdot ps^*}{Z_B}} = \frac{4856,8}{1 + \frac{2 \cdot 2000 + 3 \cdot 200 + 3 \cdot 3000}{1000}} = 332,65 \text{ V}$$

El tiempo de actuación de la protección es:

$$t = \frac{400}{I_{1F}} = \frac{400}{373,6} = 1,07 \text{ s}$$

Que según la gráfica del punto 5.3.4.1 de la M.T 2.23.35, el valor de la tensión de contacto aplicada máxima es 105,31 V.

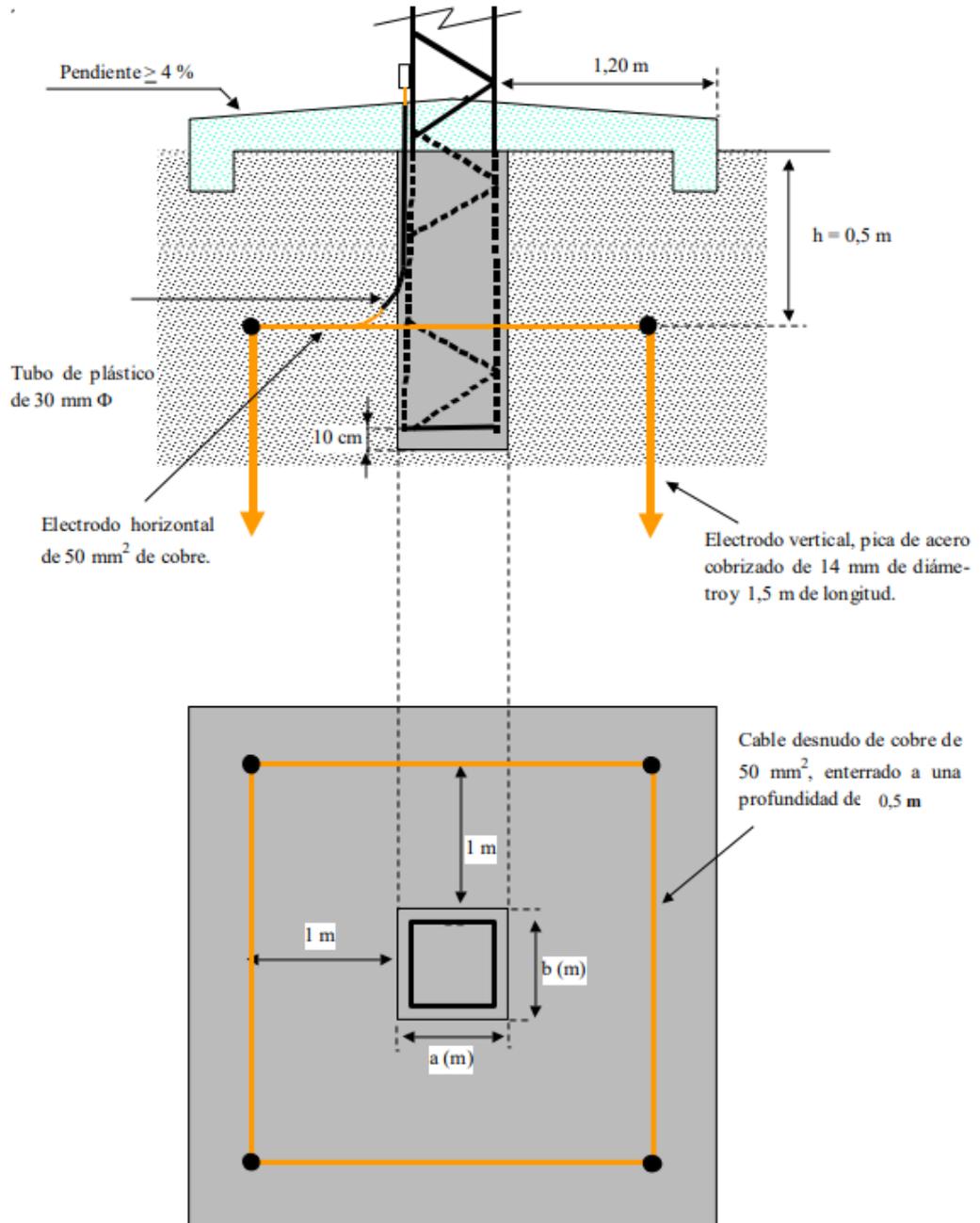
Por lo tanto, el valor de la tensión de paso aplicada máxima para el tiempo especificado:

$$U_{PA} = 10 \cdot U_{CA} = 1053,1 \text{ V}$$

Por lo que este valor es superior a la tensión máxima aplicada por persona en los dos apartados descritos anteriormente:

- $U'_{PA1} = 277,187 < 1053,1 \text{ V}$
- $U'_{PA2} = 332,65 < 1053,1 \text{ V}$

El electrodo cumple con los requisitos reglamentarios, además de que presenta una resistencia de valor 22,6  $\Omega$ , inferior al exigido por Iberdrola de 50  $\Omega$



---

PROYECTO DE LÍNEA AÉREA Y  
SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN PARA  
ALIMENTAR DOS CENTROS DE  
TRANSFORMACIÓN DE 400 KVA PARA  
SUMINISTRO DE ELÉCTRICO A 70 VIVIENDAS  
UNIFAMILIARES Y ALUMBRADO PÚBLICO

---

TRABAJO FINAL DE GRADO

7.LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN



1.MEMORIA.....	62
1.1. Entronque aéreo-subterráneo.....	62
1.2. Seccionamiento .....	63
1.3. Conexiones.....	64
1.4. Cable.....	64
1.5.Canalización .....	65
2.PLANOS.....	68
2.1.Plano línea nº1.....	69
2.2.Plano línea nº2.....	70
3.PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.....	71
3.1.Calidad de los materiales.....	71
3.2.Conductores.....	71
3.3.Empalmes, conexiones y accesorios.....	71
3.4.Protecciones eléctricas.....	72
3.5.Condiciones de ejecución.....	74
3.6.Transporte de bobinas,etc.....	75
3.7.Tendido de conductores.....	76
3.8.Protección mecánica.....	77
3.9.Señalización.....	77
3.10.Identificación.....	77
3.11.Pruebas y ensayos.....	78
3.12.Condiciones de mantenimiento, uso y de seguridad.....	78
3.13.Documentación final.....	79
4.PRESUPUESTO.....	81
5.ANEXO.....	82
5.1.Cálculo de la sección del conductor.....	82



## 1.MEMORIA

En el punto anterior se ha definido el diseño de la línea aérea de media tensión, la cual finalizaba con el apoyo de fin de línea, no obstante, esta línea no finaliza con este apoyo. En este apoyo sucederá la transición de línea aérea a línea subterránea siempre y cuando se tengan en cuenta una serie de consideraciones

El objetivo será diseñar dos líneas subterráneas de Media Tensión (20kV) que salgan del apoyo final de línea aérea de unos 102 metros por una parte y 123 por otra que lleguen a los Centros de Transformación 1 y 2, respectivamente.

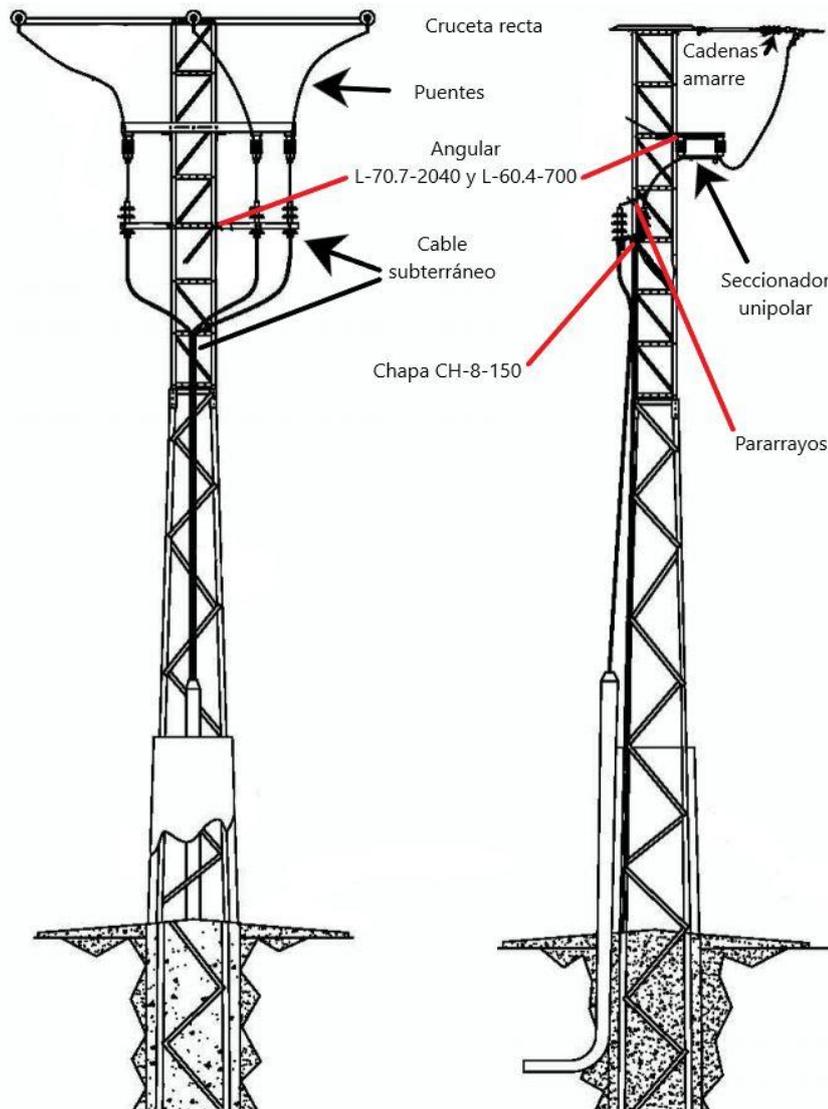
La clase de energía será:

- Corriente Alterna Trifásica.
- Frecuencia 50 Hz
- Tensión nominal 20 kV
- Tensión más elevada para el material 24 kV
- Categoría de la red: A.

### 1.1. Entronque aéreo-subterráneo

Las consideraciones a tener en cuenta para el entronque con la línea aérea son las siguientes:

1. Debajo de la línea aérea se deben instalar cortacircuitos del tipo fusible-seccionador de expulsión o seccionadores unipolares de las características necesarias acorde con la línea que se diseña. También se instalarán sistemas de protección contra sobretensiones.
2. A continuación de los seccionadores, se colocarán los terminales de exterior que corresponda a cada tipo de cable.
3. En la subida por el apoyo de final de línea de la línea subterránea se protegerá esta mediante un tubo de acero galvanizado empotrado en la cimentación del apoyo y sobresalido por encima del nivel del terreno un mínimo de 2,5 m. Este tubo transportará las tres fases y su diámetro interior será 1,5 veces el del diámetro total de las tres fases conjuntas, con un mínimo de 15 cm.
4. En nuestro caso, al disponer cable de control en la línea subterránea, la subida de este cable de control a la red aérea se hará mediante un tubo de acero galvanizado y terminará en la arqueta de comunicaciones que se situará junto a la cimentación del apoyo.



## 1.2. Seccionamiento

En el apoyo Entronque Aéreo Subterráneo, se instalará un juego de Seccionadores Unipolares de intemperie, según la Recomendación UNESA 6401B y NI 74.51.01, cuyas características principales serán las siguientes:

- Tensión nominal..... 24 kV
- Intensidad nominal ..... 400 A

El apoyo en el que se instalen los Cortacircuitos de Expulsión XS, o seccionadores unipolares se montará con dos crucetas una de amarre de los conductores en cabeza del apoyo y la otra cruceta formada por angulares L-70.7-2040 y L-60.5-700, en la que se instalarán los Seccionadores conforme se detalla en los planos correspondientes.



Los apoyos que sostengan elementos de maniobra se dotarán de una barra posapiés para operador SPC, situada a una distancia comprendida entre 3,30 y 3,80 del elemento de maniobra en tensión.

### 1.3. Conexiones

Las conexiones entre las líneas se realizarán con las correspondientes Botellas terminales de tipo exterior, adecuadas a las características del conductor; que será de aislamiento seco, del tipo Aluminio de  $150 \text{ mm}^2$  aislamiento HEPRZ1 12/20 kV.

El cable subterráneo, en la subida a la red aérea irá protegido por un tubo de acero galvanizado, que se empotrará en la cimentación del apoyo, sobresaliendo por encima del nivel del terreno un mínimo de 2,5 m. En el tubo se alojarán las tres fases y su diámetro inferior será 1,6 veces el diámetro de la terna de conductores con un mínimo de 15 cm. Las botellas terminales irán montadas sobre una cruceta formada por un angular L-70.7-2040, con chapas CH-8-150.

### 1.4. Cable

En este tipo de línea se utilizarán únicamente cables con aislamiento dieléctrico seco NI 56.43.01 de las características siguientes:

#### **Conductor:**

Aluminio compacto, sección circular, clase 2 UNE21-022

#### **Pantalla sobre el conductor:**

Capa de mezcla semiconductor aplicada por extrusión.

#### **Aislamiento:**

Mezcla de etileno-propileno de alto módulo (HEPR).

#### **Pantalla sobre el aislamiento:**

Capa de mezcla semiconductor pelable no metálica aplicada por extrusión, asociada a una corona de alambre y contra espira de cobre.

#### **Cubierta:**

Compuesto termoplástico a base de poliolefina y sin contenido de componentes clorados u otros contaminantes

#### **Sección**

La sección calculada según anexo es de  $150 \text{ mm}^2$

#### **Otras características**

-Resistencia máxima  $0,277 \Omega/\text{km}$



Trabajo Final de Grado

- Reactancia por fase 0,110  $\Omega$ /km
- Capacidad 0,333  $\mu$ f/km
- Temperatura máxima de servicio 105 $^{\circ}$ C
- Temperatura máxima de cortocircuito 250  $^{\circ}$ C
- Intensidad máxima de servicio 255 A

Los tres conductores de cada terno estarán marcados mediante cinta adhesiva plástica con los colores verde, amarillo y marrón; y la cinta utilizada para mantener los conductores agrupados será de color negro.

### Accesorios

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

La ejecución y montaje de los accesorios de conexión, se realizarán siguiendo el Manual Técnico (MT) correspondiente cuando exista, o en su defecto, las instrucciones del fabricante.

- Terminaciones: Las características serán las establecidas en la NI 56.80.02.
- Conectores separables apantallados enchufables: Las características serán las establecidas en la NI 56.80.02.
- Empalmes: Las características serán las establecidas en la NI 56.80.02.

### 1.5. Canalización

La canalización elegida será la canalización entubada que es muy parecida a la canalización directamente enterrada, por lo que antes de proyectar el trayecto de nuestra línea subterránea de media tensión tenemos que tener en cuenta:

- A. Que la canalización debe transcurrir por terrenos de dominio público en todo momento bajo acera.
- B. El radio de curvatura después de colocar el cable será como mínimo de 15 veces el diámetro. Los radios de curvatura en operaciones de tendido será superior a 20 veces el diámetro.
- C. La canalización podrá transcurrir por la calzada en el caso de que se deba cruzar la calle o carretera, siempre y cuando el cruce de esta línea se haga perpendicular a la calzada, no obstante, se procura evitar los cruces.

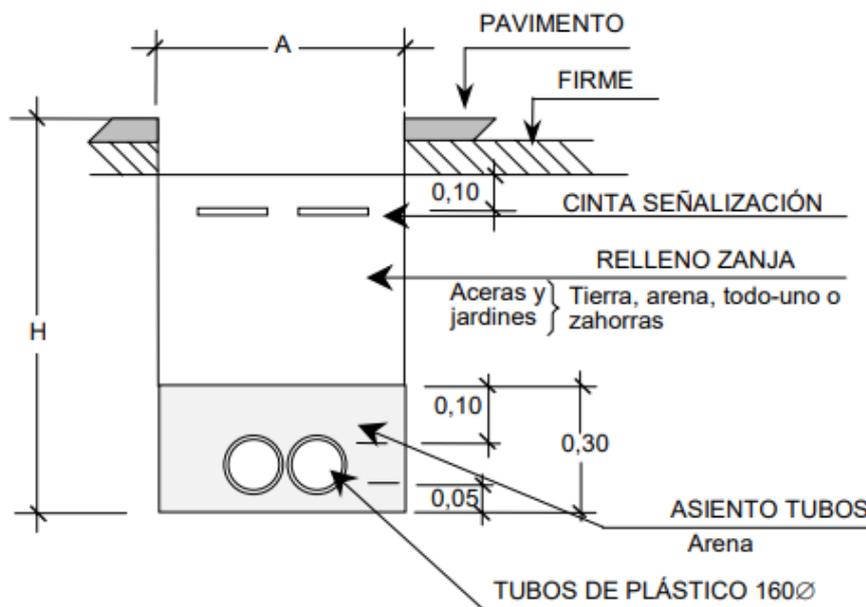
### Canalización entubada

Esta canalización estará constituida por tubos de plástico, debidamente enterrados en una zanja y dispuestos sobre lecho de arena. En estos tubos se deberá instalar un solo circuito y en nuestro caso se deberá evitar los cambios de dirección, aunque nosotros realizaremos dos cambios de dirección, cuando estos se produzcan se deberá de instalar calas de tiro y arquetas ciegas para facilitar la manipulación.

La zanja en la cual se dispondrán nuestros tubos tendrá una anchura mínima de 0,35 m para colocar dos tubos de 160 mm de diámetro y en nuestro caso se instalará un tubo más donde se alojarán los cables de control en todo el recorrido de la línea subterránea de media tensión, estos tubos siempre que sea posible se alojarán en el nivel superior, por encima de los demás tubos.

En el fondo de la zanja se colocará una capa de limpieza de unos 0,05 metros de espesor de arena donde se colocarán los tubos, una vez colocados estos se envolverán los tubos completamente unos 0,10 metros por encima de ellos por una capa de arena y se envolverán completamente. Esta canalización deberá tener una señalización enterrada para advertir, en caso de que se cave por erros o cualquier otro motivo, de la presencia de cables de alta tensión.

Por último, se rellenará la zanja con zahorra o arena hasta su fin y después se colocará un firme de hormigón de 0,12 metros preferentemente de HM-12,5 y para finalizar se repondrá el pavimento del mismo tipo que era anteriormente preferentemente.





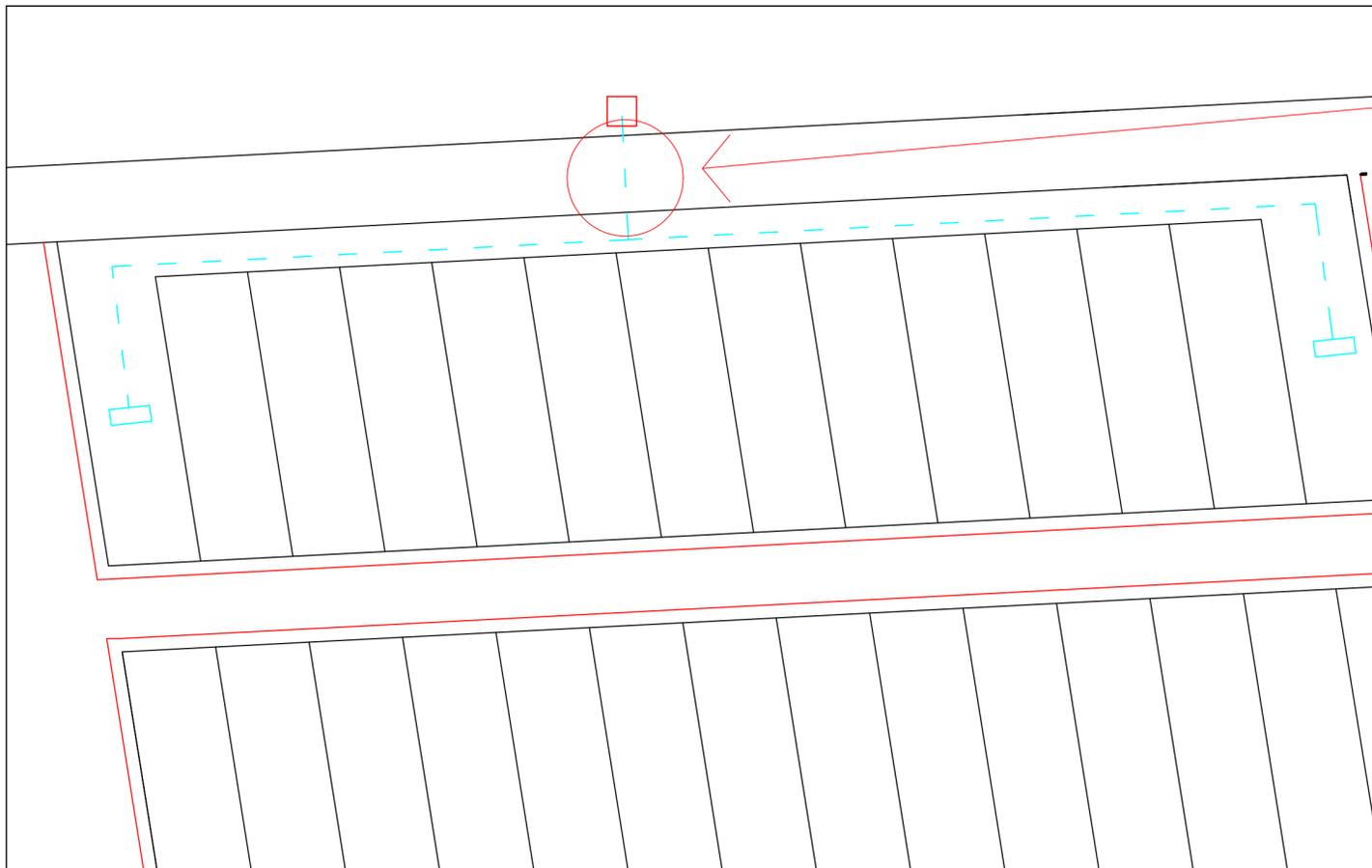
### **-Cruzamientos y paralelismos.**

Las distancias definidas anteriormente se producirían en condiciones normales, es decir, sin la necesidad de adaptar estas distancias a las condiciones de cruzamientos y paralelismos, los casos en los que se deben adaptar estas distancias son las siguientes:

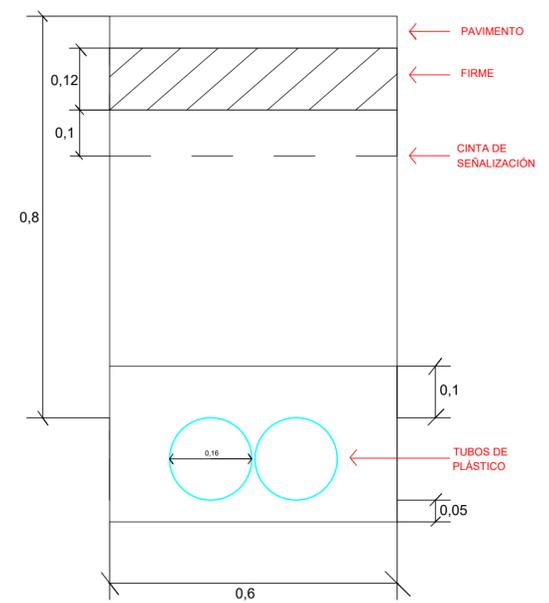
- Cruzamiento de calles, caminos o carreteras: En estos cruces los tubos deberán ir enterrados a una profundidad mínima de 0,80 metros y el cruce se realizará de forma perpendicular al eje de la calzada.
- Con otras líneas subterráneas: la distancia si se produce el cruzamiento o el paralelismo de nuestra línea subterránea de media tensión, ya sea una línea subterránea de baja tensión o una línea subterránea de alta tensión no será inferior a 0,25 metros de distancia.
- Con canalizaciones de agua: en este proyecto no se van a diseñar las canalizaciones de agua, pero al tener que urbanizar una zona con 76 viviendas y al saber que este es un servicio primordial para la vida de las personas, se indica que la distancia entre las canalizaciones de agua y la línea subterránea diseñada será de 0,2 metros como mínimo.



# 2.PLANOS



**ZANJA LÍNEA  
SUBTERRÁNEA M.T.  
BAJO CALZADA**



**LEYENDA**

	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE COMPAÑÍA		LÍNEA SUBTERRÁNEA M.T.
	CAJA DE SECCIONAMIENTO Y CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA		RED DE DISTRIBUCIÓN A.P.
	ALUMBRADO PÚBLICO		LÍNEA SUBTERRÁNEA B.T.
	POSTE PROYECTADO M.T.		

**Escala**

**1/10**

FECHA

22/06/21

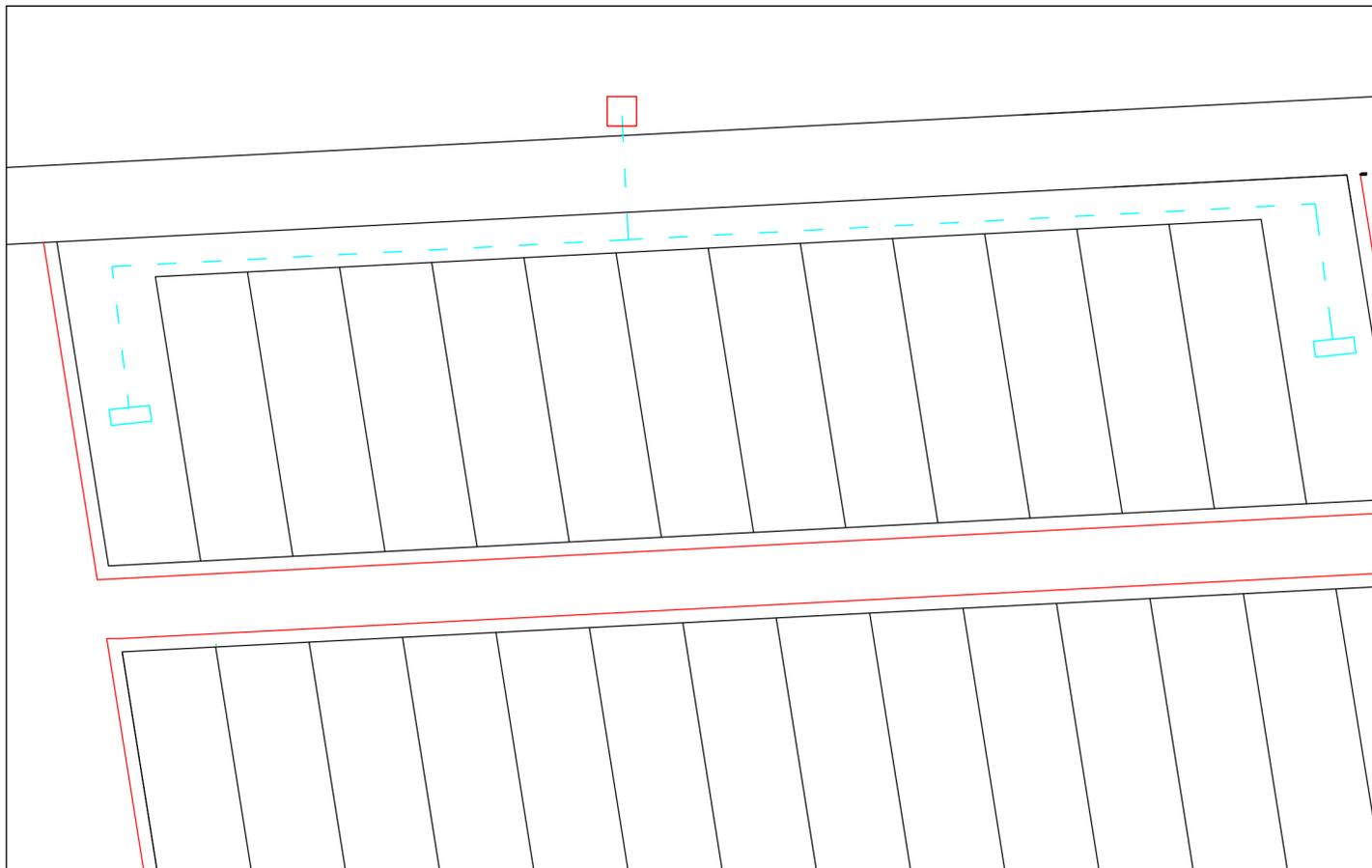
Nº PÁG

69

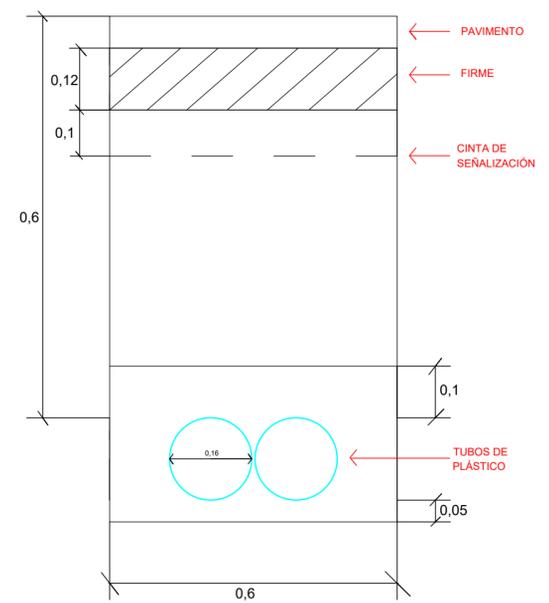
PLANO LÍNEA SUBT. M.T.

NUEVA URBANIZACIÓN 'EL HORNILLO'

Proyecto de línea aérea/subterránea de M.T para alimentar dos Centros de Transformación de 400 kVA suministro eléctrico a 70 viviendas y alumbrado público



**ZANJA LÍNEA  
SUBTERRÁNEA M.T.  
BAJO ACERA**



**LEYENDA**

	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE COMPAÑÍA		CAJA DE SECCIONAMIENTO Y CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA		ALUMBRADO PÚBLICO		POSTE PROYECTADO M.T		LÍNEA SUBTERRÁNEA M.T		RED DE DISTRIBUCIÓN A.P		LÍNEA SUBTERRÁNEA B.T
--	--------------------------------------	--	--	--	-------------------	--	----------------------	--	-----------------------	--	-------------------------	--	-----------------------

**Escala**

**1/10**

FECHA

22/06/21

Nº PÁG

70

PLANO LÍNEA SUBT. M.T.

NUEVA URBANIZACIÓN 'EL HORNILLO'

Proyecto de línea aérea/subterránea de M.T para alimentar dos Centros de Transformación de 400 kVA suministro eléctrico a 70 viviendas y alumbrado público



### **3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS**

#### **3.1. Calidad de los 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).

Los materiales empleados en la instalación serán entregados por el Contratista siempre y cuando no se especifique lo contrario en el Contrato de Adjudicación de las obras a realizar.

#### **3.2. Conductores**

Los cables utilizados en las redes subterráneas tendrán los conductores de aluminio y estarán aislados con materiales adecuados a las condiciones de instalación y explotación manteniendo, con carácter general, el mismo tipo de aislamiento de los cables de la red a la que se conecten.

Estarán debidamente apantallados, y protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen o la producida por corrientes erráticas, y tendrán resistencia mecánica suficiente para soportar las acciones de instalación y tendido y las habituales después de la instalación. Se exceptúan las agresiones mecánicas procedentes de maquinaria de obra pública como excavadoras, perforadoras o incluso picos. Podrán ser unipolares o tripolares.

Podrán emplearse cables huecos y cables rellenos de materiales no metálicos. Los conductores de aluminio y sus aleaciones serán siempre cableados. Se adaptarán las características de los conductores que sean facilitadas por los fabricantes de los mismos. Si no se dispusiera de las características, se podrán utilizar los valores fijados en las correspondientes normas UNE de conductores.

#### **3.3. Empalmes, conexiones y accesorios**

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

Cuando en la línea eléctrica se empleen como conductores cables, cualquiera que sea su composición o naturaleza, o alambres de más de 6 mm de diámetro, los empalmes de los conductores se realizarán mediante piezas adecuadas a la naturaleza, composición y sección de los mismos.



Lo mismo el empalme que la conexión no deben aumentar la resistencia eléctrica del conductor.

Los empalmes deberán soportar sin rotura ni deslizamiento del cable el 90 por 100 de la carga de rotura del cable empalmado.

Queda prohibida la ejecución de empalmes en conductores por la soldadura a tope de los mismos.

Se prohíbe colocar en la instalación de una línea más de un empalme por vano y conductor. Solamente en la explotación, en concepto de reparación de una avería, podrá consentirse la colocación de dos empalmes.

Las piezas de empalme y conexión serán de diseño y naturaleza tal que eviten los efectos electrolíticos, si éstos fueran de temer, y deberán tomarse las precauciones necesarias para que las superficies en contacto no sufran oxidación.

### 3.4. Protecciones eléctricas.

- **Puesta a tierra**

Las pantallas metálicas de los cables se conectarán a tierra, por lo menos en una de sus cajas terminales extremas. 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 del RD 223/2008, 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.

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

- **Protecciones**

- A. Protecciones contra sobreintensidades

Los cables deben de estar protegidos contra los efectos térmicos y dinámicos que puedan originarse debido a las sobreintensidades que puedan producirse en la instalación.

Para estas protecciones se utilizarán interruptores automáticos colocados en el inicio de las instalaciones que alimenten cables subterráneos. Las características del



funcionamiento de estas protecciones estarán correspondidas a las exigencias de la instalación, teniendo en cuenta las limitaciones del cable subterráneo.

#### B. Protecciones contra sobreintensidades de cortocircuito

La protección contra cortocircuitos por medio de interruptores automáticos como anteriormente se ha descrito, estos interruptores estarán diseñados para que la falta sea despejada en un tiempo tal que no sea capaz de alcanzar una temperatura que pueda dañar al conductor.

Las intensidades máximas de cortocircuito admisibles para los conductores y las pantallas correspondientes a tiempos de desconexión entre 0,1 y 3 segundos serán las indicadas en la Norma UNE 20-435. Podrán admitirse intensidades de cortocircuito superiores a la anterior norma en los casos en los que los fabricantes del conductor justifiquen que el conductor puede soportarlas o cualquier otro documento que lo demuestre.

#### C. Protección contra sobretensiones

Los cables aislados deberán estar protegidos contra sobretensiones por medio de dispositivos adecuados, cuando la probabilidad e importancia de estas así lo aconsejen.

Se utilizará, como norma 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. Deberán cumplir también en lo referente a coordinación de aislamiento y puesta a tierra de auto válvulas, tal y como se establece en las instrucciones MIE-RAT 12 y MIE-RAT 13, del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

### **3.5. Condiciones de ejecución**

Antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.

#### **3.5.1. Canalización**

Las zanjas se harán verticales hasta la profundidad de la zanja establecida en la memoria descriptiva o planos del proyecto, colocándose entibaciones en los casos en que la naturaleza del terreno lo haga preciso.

El fondo de las zanjas estará lo más limpio posible de piedras que puedan dañar al conductor, para lo cual se extenderá una capa de 10 cm de arena o tierra fina, que sirve para nivelación y asiento de los cables, nuevamente otra capa de 15 cm de arena, sobre



## Trabajo Final de Grado

la que se pone la protección mecánica del cable y la señalización. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja.

La arena que se utilice para la protección de los cables será limpia, suelta y áspera, exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, para lo cual se tamizará o lavará convenientemente si fuera necesario. Se empleará arena cuyos granos tengan dimensiones de 2 a 3 mm como máximo.

Cuando se emplee la arena procedente de la misma zanja, será necesario su cribado. Se procurará dejar un paso de 50 cm entre la zanja y las tierras extraídas, con el fin de facilitar la circulación del personal de la obra y evitar la caída de tierras en la zanja.

Se deberán tomar todas las precauciones precisas para no tapar con tierras registros de gas, teléfono, bocas de riego, alcantarillas, etc.

Durante la ejecución de los trabajos en la vía pública se dejarán pasos suficientes para vehículos y peatones, así como los accesos a los edificios, comercios y garajes.

Las dimensiones mínimas de las zanjas serán las siguientes:

- Profundidad de 100 cm y anchura de 60 cm para canalizaciones de Media Tensión bajo acera.
- Profundidad de 120 cm y anchura de 60 cm para canalizaciones de Alta Tensión bajo calzada.

Cuando en una zanja coincidan cables de distintas tensiones se situarán en bandas horizontales a distinto nivel de forma que en cada banda se agrupen cables de igual tensión. La separación entre dos bandas de cables será como mínimo de 20 cm.

La separación entre dos cables multipolares o ternas de cables unipolares dentro de una misma banda será como mínimo de 20 cm.

La profundidad de las respectivas bandas de cables dependerá de las tensiones, de forma que la mayor profundidad corresponda a la mayor tensión. Sobre los conductores se colocará una protección mecánica constituida por bloques de hormigón vibrado de 50x25x6 cm colocados en el sentido del cable. Encima de esta protección se tenderá otra capa con tierra procedente de la excavación, de 20 cm de espesor apisonada por medios manuales. Se cuidará que esta capa esté exenta de piedras o cascotes. Sobre esta última capa, se extenderá una banda de polietileno de color amarillo-naranja, por la que se advierta la presencia de cables eléctricos. A continuación y hasta un nivel de 15cm bajo la rasante de la acera, se rellenará el resto de la zanja mediante tierra procedente de la excavación, compactando la misma con medios mecánicos, llevándose a cabo el regado de dichas capas de tierra siempre y cuando fuese necesario para adquirir la correcta consistencia del terreno.

Por último, se extenderá una capa de hormigón en masa de 20 N/mm<sup>2</sup> y 10 cm de espesor, sobre la que se colocará el pavimento o se repondrá el anteriormente colocado.



Los conductores deberán estar enterrados a profundidad no inferior a 0,6 m en acera o tierra y 0,8 m en calzada, excepción hecha en el caso en que se atraviesen terrenos rocosos. Salvo casos especiales los eventuales obstáculos deben ser evitados pasando el cable por debajo de los mismos.

Todos los cables deben tener una protección (ladrillos, medias cañas, tejas, losas de piedra, etc. formando bovedillas) que sirva para indicar su presencia durante eventuales trabajos de excavación.

### **3.6. Transporte de bobinas**

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.

Cuando se desplace la bobina por tierra rodándola, habrá que fijarse en el sentido de rotación, generalmente indicado con una flecha, con el fin de evitar que se afloje el cable enrollado en la misma.

Las bobinas no deben almacenarse sobre un suelo blando. Antes de empezar el tendido del cable se estudiará el lugar más adecuado para colocar la bobina con objeto de facilitar el tendido. En el caso de suelo con pendiente es preferible realizar el tendido en sentido descendente. Para el tendido la bobina estará siempre elevada y sujeta por barra y gatos adecuados al peso de la misma y dispositivos de frenado.

### **3.7. Tendido de conductores**

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. En todo caso el radio de curvatura del cable no debe ser inferior a los valores indicados en las Normas UNE correspondientes relativas a cada tipo de cable. 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 habrá adaptado una cabeza apropiada y con un esfuerzo de tracción por milímetro



## Trabajo Final de Grado

cuadrado de conductor que no debe pasar del indicado por el fabricante del mismo. 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 al cable, adoptándose, durante el tendido, precauciones necesarias para evitar que el cable no sufra esfuerzos importantes ni golpes ni rozaduras.

No se permitirá desplazar lateralmente el cable por medio de palancas u otros útiles; deberá hacerse siempre a mano. Cuando la temperatura ambiente sea inferior a cero grados no se permitirá hacer el tendido del cable debido a la rigidez que toma el aislamiento.

No se dejará nunca el cable tendido en una zanja abierta sin haber tomado antes la precaución de cubrirlo con una capa de 10 cm de arena fina y la protección de bloques de hormigón vibrado de 50x25x6 cm.

La zanja en toda su longitud deberá estar cubierta con una capa de 10 cm de arena fina en el fondo antes de proceder al tendido del cable. 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 que se canalicen vayan a ser empalmados, se solaparán al menos en una longitud de 0,50 m. 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 en dichos servicios, se avisará con toda urgencia a la Empresa correspondiente con el fin de que procedan a su reparación. El encargado de la obra, por parte del Contratista, deberá conocer la dirección de los servicios públicos, así como su número de teléfono para comunicarse en caso de necesidad.

Si las pendientes son muy pronunciadas y el terreno es rocoso e impermeable, se corre el riesgo de que la zanja de canalización sirva de drenaje originando un arrastre de la arena que sirve de lecho a los cables. En este caso se deberá entubar la canalización asegurada con cemento en el tramo afectado.

En el caso de canalizaciones con cables unipolares:

Cada metro y medio, envolviendo las tres fases de Alta Tensión, se colocará una sujeción que agrupe dichos conductores y los mantenga unidos. Nunca se pasarán dos circuitos de Alta Tensión, bien cables tripolares o bien cables unipolares, por un mismo tubo. Una



vez tendido el cable los tubos se taparán con yeso, de forma que el cable quede en la parte superior del tubo.

### **3.8. Protección mecánica**

Las líneas eléctricas subterráneas deben estar protegidas contra posibles averías producidas por hundimiento de tierras, por contacto con cuerpos duros y/o por choque de herramientas metálicas. Para ello se colocará una capa protectora constituida por bloques de hormigón vibrado de 50x25x6 cm, cuando se trate de proteger una terna de conductores unipolares o un tripolar.

Se incrementará la anchura en 12.5 mm por cada terna de cables unipolares o tripolar adicionales colocados en la misma capa horizontal.

### **3.9. Señalización**

Todo conductor o conjunto de conductores deberá estar señalado por una cinta de atención colocada como mínimo a 20 cm por encima del ladrillo. Cuando los conductores o conjuntos de conductores de categorías de tensión diferentes estén superpuestos, deberá colocarse dicha cinta encima de cada uno de ellos.

### **3.10. Identificación**

Los cables deberán llevar unas marcas que indiquen el nombre del fabricante, el año de fabricación y sus características, en concordancia con las normas UNE 21024, para el caso de conductores aislados con papel impregnado y la UNE 21123 para los conductores de aislamiento seco.

### **3.11. Pruebas y ensayos**

Se realizarán las pruebas y ensayos que se indican a continuación:

- Medida de aislamiento de la instalación: el ensayo de aislamiento se realizará para cada uno de los conductores activos en relación con el neutro puesto a tierra, o entre conductores activos aislados.
- Protecciones contra sobretensiones y cortocircuitos: se comprobará que la intensidad nominal de los diversos interruptores automáticos sea igual o inferior al valor de la intensidad máxima del servicio del conductor protegido.
- Empalmes: se comprobará que las conexiones de los conductores son seguras y que los contactos no se calientan normalmente.

### 3.12. Condiciones de mantenimiento, uso y de seguridad

Las actuaciones de mantenimiento sobre las instalaciones eléctricas de Alta Tensión son independientes de las inspecciones periódicas que preceptivamente se tengan que realizar.

El titular o la Propiedad de la instalación eléctrica no están autorizados a realizar operaciones de modificación, reparación o mantenimiento. Estas actuaciones deberán ser ejecutadas siempre por una empresa instaladora autorizada.

Durante la vida útil de la instalación, La Propiedad y los usuarios de las instalaciones eléctricas de generación, transporte, distribución, conexión, enlace y receptoras, deberán mantener permanentemente en buen estado de seguridad y funcionamiento sus instalaciones eléctricas, utilizándolas de acuerdo con sus características funcionales.

La Propiedad o titular de la instalación deberá presentar, junto con la solicitud de puesta en servicio de las instalaciones eléctricas de Alta Tensión que requieran mantenimiento, conforme a lo establecido en las "Instrucciones y Guía sobre la Legalización de Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión" (anexo VII del Decreto 141/2009), un contrato de mantenimiento con empresa instaladora autorizada inscrita en el correspondiente registro administrativo, en el que figure expresamente el responsable técnico de mantenimiento.

Los contratos de mantenimiento se formalizarán por períodos anuales, prorrogables por acuerdo de las partes, y en su defecto de manera tácita. Dicho documento consignará los datos identificativos de la instalación afectada, en especial su titular, características eléctricas nominales, localización, descripción de la edificación y todas aquellas otras características especiales dignas de mención.

No obstante, cuando el titular acredite que dispone de medios técnicos y humanos suficientes para efectuar el correcto mantenimiento de sus instalaciones, podrá adquirir la condición de mantenedor de las mismas. En este supuesto, el cumplimiento de la exigencia reglamentaria de mantenimiento quedará justificado mediante la presentación de un Certificado de auto mantenimiento que identifique al responsable del mismo. No se permitirá la subcontratación del mantenimiento a través de una tercera empresa intermediaria.

Para aquellas instalaciones nuevas o reformadas, será preceptiva la aportación del contrato de mantenimiento o el certificado de auto mantenimiento junto a la solicitud de puesta en servicio.

Las empresas distribuidoras, transportistas y de generación en régimen ordinario quedan exentas de presentar contratos o certificados de auto mantenimiento. La empresa instaladora autorizada que haya contratado el mantenimiento de instalaciones eléctricas deberá dar cuenta a la Administración competente en materia de energía, en



el plazo máximo de UN (1) mes, de todas las altas y bajas de contratos que tenga a su cargo.

Cuando las tareas de mantenimiento se compartan entre ambas partes, el contrato de mantenimiento deberá delimitar el campo de actuación de cada uno. En este caso no estará permitida la subcontratación del mantenimiento a través de una tercera empresa.

Las comprobaciones y chequeos a realizar por los responsables del mantenimiento se efectuarán con la periodicidad acordada, atendiendo al tipo de instalación, su nivel de riesgo y el entorno ambiental, todo ello sin perjuicio de las otras actuaciones que proceda realizar para corrección de anomalías o por exigencia de la reglamentación. Los detalles de las averías o defectos detectados, identificación de los trabajos efectuados, lista de piezas o dispositivos reparados o sustituidos y el resultado de las verificaciones correspondientes deberán quedar registrados en soporte auditable por la Administración.

Las empresas distribuidoras, las transportistas y las de generación en régimen ordinario están obligadas a comunicar al órgano competente en materia de energía, los contratos de mantenimiento, que celebren en su ámbito con empresas instaladoras autorizadas, y que estén vinculados a las redes de distribución, de transporte o centrales de generación, respectivamente.

### 3.13. Documentación final

Concluidas las obras necesarias de la instalación eléctrica, ésta deberá quedar perfectamente documentada y a disposición de todos sus usuarios, incluyendo sus características técnicas, el nivel de calidad alcanzado, así como las instrucciones de uso y mantenimiento adecuadas a la misma, la cual contendrá como mínimo lo siguiente:

A) **Documentación administrativa y jurídica:** datos de identificación de los profesionales y empresas intervinientes en la obra, acta de recepción de obra o documento equivalente, autorizaciones administrativas y cuantos otros documentos se determinen en la legislación.

B) **Documentación técnica:** el documento técnico de diseño (DTD) correspondiente, los certificados técnicos y de instalación, así como otra información técnica sobre la instalación, equipos y materiales instalados.

C) **Instrucciones de uso y mantenimiento:** información sobre las condiciones de utilización de la instalación así como las instrucciones para el mantenimiento adecuado, que se plasmará en un "Manual de Instrucciones o anexo de Información al usuario". Dicho manual contendrá las instrucciones generales y específicas de uso (actuación), de instrucciones de uso y mantenimiento: para instalaciones privadas, receptoras y de generación en régimen especial, información sobre las condiciones de utilización de la



instalación, así como las instrucciones para el mantenimiento adecuado, que se plasmará en un “Manual de Instrucciones o Anexo de Información al usuario”. Dicho manual contendrá las instrucciones generales y específicas de uso (actuación), de seguridad (preventivas, prohibiciones ...) y de mantenimiento (cuáles, periodicidad, cómo, quién ...) necesarias e imprescindibles para operar y mantener, correctamente y con seguridad, la instalación teniendo en cuenta el nivel de cualificación previsible del usuario final. Se deberá incluir además, tanto el esquema unifilar, como la documentación gráfica necesaria.

D) **Certificados de eficiencia energética:** (cuando proceda): documentos e información sobre las condiciones verificadas respecto a la eficiencia energética de la instalación.

Esta documentación será recopilada por el promotor y titular de la instalación, que tendrá la obligación de mantenerla y custodiarla durante su vida útil

## 4.PRESUPUESTO

### 4.1. Presupuesto Unitario

<u>Ud.</u>	<u>Descripción</u>	<u>Precio</u>	<u>Total</u>
225	Canalización de 0,35 x 1,00 metros, para red subterránea de Media Tensión con dos tubos de PVC de 160 mm de diámetro, con alambre guía, reforzado con hormigón, incluyendo excavación, relleno de zanja, cinta de señalización y reposición de firme.	62€	13950€
225	Línea Subterránea de MT, con conductor de Aluminio con aislamiento seco HEPRZ1 12/20kV 3 x150 mm <sup>2</sup> , incluido tendido del conductor, así como marcado de cables ,montaje del pequeño material.	21,75€	4893,75€
3	Terminal interior para cable seco 12/20 kV 1x150 mm <sup>2</sup> Incluido montaje y conexión	46,3€	138,9€

### 4.2.Presupuesto parcial

<b>SUBTOTAL</b>	<b>TOTAL</b>
LSMT	18982,65 €

## 5. ANEXO

### 5.1. Cálculo de la sección del conductor.

En el presente Anexo se va a proceder al cálculo de la sección del conductor para nuestra línea subterránea que tendrá dos tramos, cada cual finalizará en el Centro de Transformación de Compañía. En este anexo se realizará el cálculo de la sección del primer tramo de la subterránea de 117 metros de longitud.

Esta longitud de 117 metros de longitud se le aplicará un factor de corrección para considerar las entradas a las celdas de MT del Centro de Transformación, el factor de corrección será de 1,05, siendo la longitud total de la línea a considerar de 122,85 metros.

A continuación, se va a calcular la intensidad de cada tramo mediante la expresión de la potencia:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi$$

Sabiendo que la potencia de la línea aérea que es la que alimenta la línea subterránea es de 6,3 MW y con tensión de 20 kV, aplicando un factor de potencia de 0,9, la intensidad de la línea será:

$$I = \frac{6300}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 0,9} = 202 \text{ A}$$

Esta intensidad se le aplicará un factor de corrección que dependerá de la temperatura, resistividad térmica, distancia entre conductores y de profundidad.

$$I_{adm} = I / F_{corr}$$

Se va a proceder a identificar los diferentes factores de corrección dependiendo de:

- Temperatura ( $F_T$ )

Para la obtención del factor de corrección por la temperatura debemos saber la temperatura de servicio permanente en función del aislante.

Tipo de aislamiento	Tipo de condiciones	
	Servicio permanente	Cortocircuito $t \leq 5s$
Etileno Propileno de alto módulo (HEPR)	105	> 250

Una vez sabida la temperatura de servicio permanente podemos ir a la tabla que nos dirá cual será el factor de corrección con respecto, no sin antes saber cuál es la temperatura media en la localización que nos encontramos que es de 18,5 ° C, con lo

que cogemos para la temperatura del terreno, la inmediata superior a la de la tabla, de 20 ° C, el factor de corrección será de 1,03 :

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

- Resistividad térmica ( $F_{RT}$ )

El factor de corrección por resistividad térmica dependerá directamente del tipo de terreno en el que va a transcurrir la línea subterránea, se considerará que el terreno es seco por lo tanto la resistividad térmica del terreno es de 1 K·m/W.

Resistividad térmica del terreno (K.m/W)	Naturaleza del terreno y grado de humedad
0,40	Inundado
0,50	Muy húmedo
0,70	Húmedo
0,85	Poco húmedo
1,00	Seco
1,20	Arcilloso muy seco
1,50	Arenoso muy seco
2,00	De piedra arenisca
2,50	De piedra caliza

Con la siguiente tabla podemos identificar que para unos valores 1 K·m/W y sabiendo que nuestros cables están en tubos enterrados, el factor de corrección para es de 1,1:

Trabajo Final de Grado

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

- Profundidad ( $F_P$ )

Para identificar el factor de corrección con lo que respecta a la profundidad de enterramiento se considerará que la profundidad de la zanja de enterramiento del conductor es de 1 metro, así que el factor de corrección será de 1 viendo la siguiente tabla:

Profundidad (m)	Cables enterrados de sección		Cables bajo tubo de sección	
	≤ 185 mm <sup>2</sup>	> 185 mm <sup>2</sup>	≤ 185 mm <sup>2</sup>	> 185 mm <sup>2</sup>
0,50	1,06	1,09	1,06	1,08
0,60	1,04	1,07	1,04	1,06
0,80	1,02	1,03	1,02	1,03
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

- Distancia entre ternos ( $F_D$ )

El último factor de corrección se atribuye a la distancia entre ternos, es decir la distancia entre conductores, nuestra línea al ser de simple circuito al igual que en el tramo aéreo, solo tendrá un conductor, pero hay un tramo de nuestra línea en el que habrá varios conductores (tramo que va al CT-1 y tramo que va al CT-2) vamos a considerar en este apartado que tenemos dos ternos por este tramo (tramo que cruza la carretera) y que estarán a una distancia de 0,2 metros de separación, con lo cual el factor de corrección de este apartado será de 0,83 :

$$F_{\text{corrección}} = F_T \cdot F_{RT} \cdot F_P \cdot F_D = 1,03 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,83 = 0,94$$

Trabajo Final de Grado

Con lo que la intensidad admisible del conductor será de:

$$I_{adm} = \frac{I}{F_{corr}} = \frac{202}{0,94} = 214,9 \text{ A}$$

El valor de esta intensidad será fundamental para la elección de nuestro conductor, pues elegiremos el conductor inmediato superior a la intensidad calculada:

En este caso la sección es de  $150 \text{ mm}^2$  con aislamiento HEPR.

## 5.2. Caída de tensión

Para el cálculo de la caída de tensión necesitaremos los datos de la resistencia del conductor por km y la reactancia por km. El propósito de este cálculo es que la caída de tensión no exceda el 5% del voltaje nominal. La expresión utilizada es la siguiente:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot L \cdot \frac{P}{U} \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi)$$

Resistencia del conductor	Reactancia inductiva
0,277	0,112

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot 0,123 \cdot \frac{6300}{20} \cdot (0,277 \cdot \cos(25,84) + 0,112 \cdot \sin(25,84)) = 20 \text{ V}$$

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V}{U} \cdot 100 = \frac{20}{20000} \cdot 100 = 0,1\% < 5\%$$

Observamos que el valor es correcto porque cumple el criterio de ser menor que el 5% que es el máximo permitido, por lo tanto no hay que hacer modificación de la sección.

## 5.3. Pérdidas de potencia

Se va a proceder a realizar el cálculo de las pérdidas de potencia en la línea subterránea por efecto Joule tanto en vatios como en porcentaje, con el objetivo de que no exceda el 1% por cuestiones económicas. Se utilizarán las siguientes expresiones:

$$Pérdidas = 3 \cdot R \cdot I^2 = 3 \cdot 0,277 \cdot 214,9^2 = 38,37 \text{ kW}$$

$$Pérdidas (\%) = \frac{Pérdidas}{Potencia} \cdot 100 = \frac{38,37}{6200} \cdot 100 = 0,618\% < 1\%$$

Al ser menor que el 1% no hay que redimensionar la sección elegida.

---

PROYECTO DE LÍNEA AÉREA Y  
SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN PARA  
ALIMENTAR DOS CENTROS DE  
TRANSFORMACIÓN DE 400 KVA PARA  
SUMINISTRO ELÉCTRICO A 70 VIVIENDAS  
UNIFAMILIARES Y ALUMBRADO PÚBLICO

---

TRABAJO FINAL DE GRADO

8.CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE 400 KVA



1.MEMORIA.....	89
1.1. Descripción de la instalación.....	89
1.2.Instalación eléctrica.....	92
1.2.1.Características apartamento de Media Tensión.....	92
1.2.2.Descripción apartamento de Media Tensión y trafo.....	95
1.2.3.Características descriptivas de los cuadros de Baja Tensión.....	98
1.2.4.Características material vario Media Tensión y Baja Tensión.....	99
1.2.5.Protecciones, automatismos y control.....	100
1.3.Puesta a tierra.....	102
1.4.Instalaciones secundarias.....	102
1.5.Limitación de campos magnéticos.....	103
2.PLANOS.....	105
2.1.Exterior CT.....	106
2.2.Interior CT.....	107
2.3.Puesta a tierra CT.....	108
2.4.Esquema unifilar.....	109
3.PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.....	110
3.1.Calidad de los materiales.....	110
3.2.Obra civil.....	110
3.3.Normas de ejecución de las instalaciones.....	112
3.4.Pruebas reglamentarias.....	112
3.5.Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.....	112
3.6.Certificados y documentación.....	112
3.7.Libro de órdenes.....	113
4.PRESUPUESTO.....	114
5.ANEXO.....	121
5.1.Cálculos eléctricos en el Centro de Transformación.....	121
5.1.1.Intensidad de Media Tensión.....	121



5.1.2.Intensidad de Baja Tensión.....	121
5.1.3.Cálculo de las intensidades de cortocircuito.....	122
▪ Intensidad de cortocircuito en el lado de Media Tensión	
▪ Intensidad de cortocircuito en el lado de Baja Tensión	
▪ Dimensionado embarrado y comprobaciones	
▪ Protecciones frente a sobrecargas y cortocircuitos	
5.1.4.Dimensionado puentes de Media Tensión.....	125
5.1.5.Dimensionado de la ventilación y del pozo apagafuegos del CT..	126
5.2.Calculo de las instalaciones de puesta a tierra del Centro de Transformación.....	126



## 1.MEMORIA

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

La energía será suministrada por la compañía i-DE a la tensión trifásica de 20 kV y frecuencia de 50 Hz, realizándose la acometida por medio de cables subterráneos.

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

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

Se precisa el suministro de energía a una tensión de 230/400 V, con una potencia máxima simultánea de 200 kW.

Para atender a las necesidades arriba indicadas, la potencia total instalada en este Centro de Transformación es de 400 kVA.

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

### 1.1. Descripción de la instalación

#### 1.1.1. Obra Civil

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

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

- **Características de los Materiales**

Edificio de Transformación: **Obra Civil (albañilería)**

Descripción de la envolvente de obra civil:

#### - Descripción

Los edificios **pfu** para Centros de Transformación, de superficie y maniobra interior (tipo caseta), constan de una envolvente de hormigón, de estructura monobloque, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos, desde la aparamenta 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.



## Trabajo Final de Grado

Además, su cuidado diseño permite su instalación tanto en zonas de carácter industrial como en entornos urbanos.

### - Envolverte

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

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

Las cubiertas están formadas por piezas de hormigón con inserciones en la parte superior para su manipulación.

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

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

### - Placa piso

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

### - Accesos

En la pared frontal se sitúan las puertas de acceso de peatones, las puertas del transformador (ambas con apertura de 180º) 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.

## Trabajo Final de Grado

**- 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.

**- Varios**

Sobrecargas admisibles y condiciones ambientales de funcionamiento según normativa vigente.

**- Cimentación**

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

CENTROS HASTA 24 kV		PFU-3	PFU-4	PFU-5
Dimensiones exteriores	Longitud [mm]	3280	4460	6080
	Anchura [mm]	2380	2380	2380
	Altura [mm]	3045	3045	3045
	Superficie [m <sup>2</sup> ]	7,8	10,7	14,5
	Altura vista [mm]	2585	2585	2585
Dimensiones interiores	Longitud [mm]	3100	4280	5900
	Anchura [mm]	2200	2200	2200
	Altura [mm]	2355	2355	2355
	Superficie [m <sup>2</sup> ]	6,8	9,4	13,0
Dimensiones excavación	Longitud [mm]	4080	5260	6880
	Anchura [mm]	3180	3180	3180
	Profundidad [mm]	560	560	560
Peso [kg]	10500	12000	17000	



Trabajo Final de Grado

Nº de transformadores:	1
Nº reserva de celdas:	1
Tipo de ventilación:	Normal
Puertas de acceso peatón:	1 puerta
Dimensiones exteriores	
· Longitud:	6080 mm
· Fondo:	2380 mm
· Altura:	3045 mm
· Altura vista:	2585 mm
· Peso:	17460 kg

Dimensiones interiores

· Longitud:	5900 mm
· Fondo:	2200 mm
· Altura:	2355 mm

Dimensiones de la excavación

· Longitud:	6880 mm
· Fondo:	3180 mm
· Profundidad:	560 mm

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

## 1.2. Instalación Eléctrica

- 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 M.T, y una frecuencia de 50 Hz.

La potencia de cortocircuito en el punto de acometida, según los datos suministrados por la compañía eléctrica, es de 350 MVA, lo que equivale a una corriente de cortocircuito de 10,104 kA eficaces.

### 1.2.1. Características de la Aparata de Media Tensión

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

Celdas: **cgmcosmos-2lp**

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



### - Celdas **cgmcosmos**

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

### - Base y frente

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

La parte frontal incluye en su parte superior la placa de características eléctricas, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la celda, los accesos a los accionamientos del mando y el sistema de alarma sonora de puesta a tierra. En la parte inferior se encuentra el dispositivo de señalización de presencia de tensión y el panel de acceso a los cables y fusibles. En su interior hay una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión a la misma del sistema de tierras y de las pantallas de los cables.

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

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

### - Cuba

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



## Trabajo Final de Grado

Esta cuba cuenta con un dispositivo de evacuación de gases que, en caso de arco interno, evita, con ayuda de la altura de las celdas, su incidencia sobre las personas o la aparamenta del Centro de Transformación.

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

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

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

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

### - Mando

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

### - Fusibles (Celda **cgmcosmos** -p)

En las celdas **cgmcosmos-p**, los fusibles se montan sobre unos carros que se introducen en los tubos portafusibles de resina aislante, que son perfectamente estancos respecto del gas y del exterior. El disparo se producirá por fusión de uno de los fusibles o cuando la presión interior de los tubos portafusibles se eleve debido a un fallo en los fusibles o al calentamiento excesivo de éstos. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida.

### - Conexión de cables

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

### - Enclavamientos

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



## Trabajo Final de Grado

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

### - Características eléctricas

Las características generales de las celdas **cgmcosmos** son las siguientes:

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

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

### **1.2.2. Características Descriptivas de la Aparamenta MT y Transformadores**

E/S1, E/S2, PT1: **cgmcosmos-2lp**

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

**cgmcosmos-2lp** es un equipo compacto para MT, integrado y totalmente compatible con el sistema **cgmcosmos**.

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



## Trabajo Final de Grado

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

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

### - Características eléctricas:

- Tensión asignada: 24 kV
- Intensidad asignada en el embarrado: 400 A
- Intensidad asignada en las entradas/salidas: 400 A
- Intensidad asignada en la derivación: 200 A
- Intensidad de corta duración (1 s), eficaz: 16 kA
- Intensidad de corta duración (1 s), cresta: 40 kA
- Nivel de aislamiento
  - Frecuencia industrial (1 min)
  - a tierra y entre fases: 50 kV
  - Impulso tipo rayo
  - a tierra y entre fases (cresta): 125 kV
- Capacidad de cierre (cresta): 40 kA
- Capacidad de corte
- Corriente principalmente activa: 400 A



Trabajo Final de Grado

- Clasificación IAC: AFL
- Características físicas:
  - Ancho: 1190 mm
  - Fondo: 735 mm
  - Alto: 1740 mm
  - Peso: 290 kg
- Otras características constructivas
  - Mando interruptor 1: manual tipo B
  - Mando interruptor 2: manual tipo B
  - Mando posición con fusibles: manual tipo BR
  - Intensidad fusibles: 3x25 A

Transformador : ***transformador aceite 24 kV***

Transformador trifásico reductor de tensión, construido según las normas citadas anteriormente, de marca ORMAZABAL, con neutro accesible en el secundario, de potencia 400 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 20 kV y tensión secundaria 230 V y 420 V en vacío (B1 y B2).

- Otras características constructivas:

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



### 1.2.3. Características Descriptivas de los Cuadros de Baja Tensión

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

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-c** 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 (BTV) 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



Trabajo Final de Grado

entre fases: 2,5 kV

· Intensidad Asignada de Corta

duración 1 s: 24 kA

· Intensidad Asignada de Cresta: 50,5 kA

- Características constructivas:

· Anchura: 1000 mm

· Altura: 1360 mm

· Fondo: 350 mm

- Otras características:

· Salidas de Baja Tensión: 4 salidas (4 x 400 A)

#### 1.2.4. Características del material vario de Media Tensión y Baja 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 del equipo ni en las características de la aparamenta.

- Interconexiones de MT:

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

Cables MT 12/20 kV del tipo HEPRZ1, unipolares, con conductores de sección y material 1x50 Al.

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

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

- Interconexiones de BT:

Puentes BT - B1 Transformador 1: **Puentes transformador-cuadro**

Juego de puentes de cables de BT, de sección y material 0,6/1 kV tipo RZ1 de 1x240Al sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 3xfase + 2xneutro.



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

Juego de puentes de cables de BT, de sección y material 0,6/1 kV tipo RZ1 de 1x240Al sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 3xfase + 2xneutro.

#### - Defensa de transformadores:

##### Defensa de Transformador 1: **Protección física transformador**

Protección metálica para defensa del transformador.

#### - Equipos de iluminación:

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

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

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

### 1.2.5. Unidades de Protección, Automatismos y Control

#### -**ARMARIO DE GESTION INTELIGENTE DE DISTRIBUCIÓN (GID) ATG-I-1BT-GPRS**

Armario gestor inteligente de distribución **ekor.gid-atg**, según especificación i-DE, con unas dimensiones totales máximas de 945 / 400 / 200 mm (alto/ancho/fondo), integrado en web STAR. La envolvente exterior de plástico libre de halógenos debe mantener una protección mecánica de grado IP32D s/ UNE 20324.

Debe disponer de dos compartimentos independientes y con tapa desmontable para un correcto acceso a su interior en zonas con espacio reducido. Una primera zona debe alojar los elementos de comunicación. Todos los elementos estarán referidos a tierra de protección y por lo tanto se debe poder acceder directamente para operaciones de mantenimiento, configuración, etc.

La segunda zona debe alojar los elementos de baja tensión como el concentrador, supervisiones de baja tensión y el bornero de conexión. Estos elementos deberán estar al potencial de baja tensión y por lo tanto disponen de elementos de seguridad que no permiten el contacto directo. El acceso a la zona de baja tensión se realizará tras ejecutar previamente las maniobras de seguridad que aseguren la completa eliminación de la



tensión. Debe incorporarse una pegatina exterior con dichas indicaciones. Deben existir también elementos de protección exteriores al armario (Protección CBT).

### **-Compartimento de baja tensión**

El armario debe disponer de dos borneros por cada cuadro de baja tensión para su correcto conexionado:

- Borneros para las 6 intensidades
- Borneros para las 4 tensiones

Todos los elementos deber ir soportados sobre carril DIN. El cableado se distribuirá mediante canaleta de plástico. Tanto los cables como las canaletas serán libres de halógenos. En este compartimento se alojarán los componentes de medida BT:

- Concentrador 1 inyección
- Supervisor de transformador trifásico

Esta característica de aislamiento, unida a que todos los equipos de baja tensión estarán conectados a un switch al potencial de seguridad de la instalación, deberá permitir conectarse localmente a este último con total seguridad eléctrica y acceder a toda la información mediante una única vía de conexión.

### **-Compartimento de comunicaciones**

La alimentación de este equipo de comunicaciones provendrá de la zona BT y debe ser asegurado en todo su recorrido el aislamiento de 10 kV. Para proteger los equipos de comunicaciones se instalará un transformador de aislamiento de 20 VA (230 Vac / 230 Vac). Los equipos asociados a comunicaciones IP dispondrán de aislamiento contra sobretensiones de 10 kV en su puerto Ethernet.

## **1.3.Puesta a tierra**

### **○ Tierra de protección**

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



○ **Tierra de servicio**

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

#### **1.4. Instalaciones secundarias**

- Alumbrado

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

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

- Protección contra incendios

Según la ¡!! en aquellas instalaciones con transformadores o aparatos cuyo dieléctrico sea inflamable o combustible de punto de inflamación inferior a 300°C con un volumen unitario superior a 600 litros o que en conjunto sobrepasen los 2400 litros deberá disponerse un sistema fijo de extinción automático adecuado para este tipo de instalaciones, tal como el halón o CO<sub>2</sub>.

Como en este caso ni el volumen unitario de cada transformador (ver apartado 1.1.6) ni el volumen total de dieléctrico, que es de 290 litros superan los valores establecidos por la norma, se incluirá un extintor de eficacia 89B. Este extintor deberá colocarse siempre que sea posible en el exterior de la instalación para facilitar su accesibilidad y, en cualquier caso, a una distancia no superior a 15 metros de la misma.

Si existe un personal itinerante de mantenimiento con la misión de vigilancia y control de varias instalaciones que no dispongan de personal fijo, este personal itinerante deberá llevar, como mínimo, en sus vehículos dos extintores de eficacia 89 B, no siendo preciso en este caso la existencia de extintores en los recintos que estén bajo su vigilancia y control.

- Armario de primeros auxilios

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

- Medidas de seguridad



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

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

### **1.5. Limitación de campos magnéticos**

Al objeto de limitar en el exterior de las instalaciones de alta tensión los campos magnéticos creados en el exterior por la circulación de corrientes de 50 Hz en los diferentes elementos de las instalaciones, se tomarán las siguientes medidas:

- Los conductores trifásicos se dispondrán lo más cerca posible uno del otro, preferentemente juntos y al tresbolillo.
- En el caso en el que las interconexiones de baja tensión del transformador se ejecuten con varios cables por fase, se agruparán las diferentes fases en grupos RSTN. No se llevarán por tanto conductores de la misma fase en paralelo.

Cuando los centros de transformación se encuentren ubicados en edificios habitables, o anexos a los mismos, se observarán las siguientes condiciones de diseño:

- a)** Las entradas y salidas al centro de transformación de la red de alta tensión se efectúan por el suelo y adoptan la disposición en triángulo y formando ternas.
- b)** La red de baja tensión se diseña igualmente con el criterio anterior.

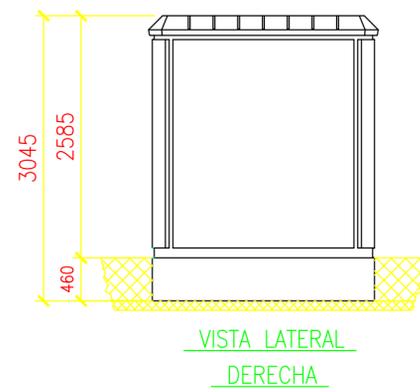
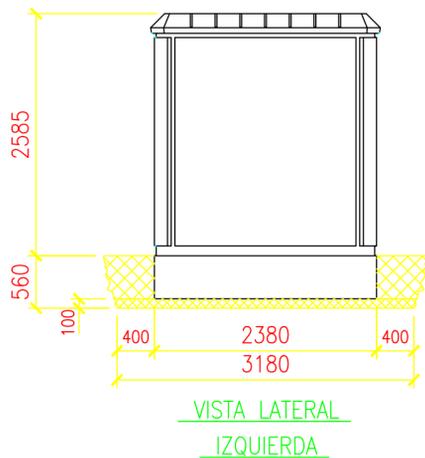
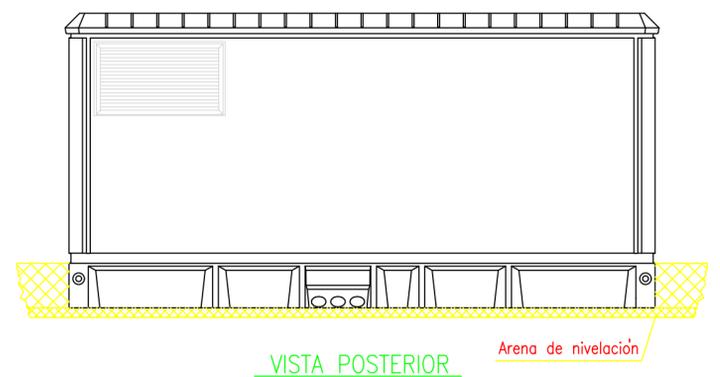
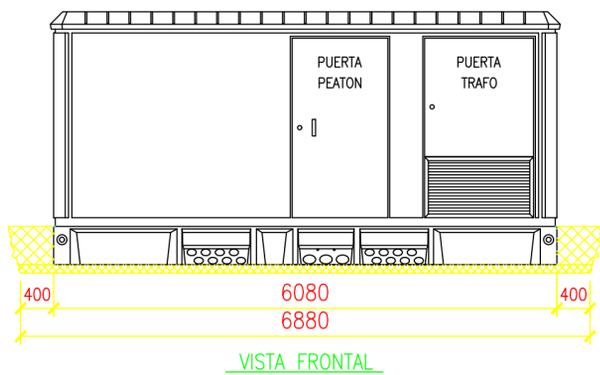


Trabajo Final de Grado

- c) Se procurará que las interconexiones sean lo más cortas posibles y se diseñarán evitando paredes y techos colindantes con viviendas.
- d) No se ubicarán cuadros de baja tensión sobre paredes medianeras con locales habitables y se procurará que el lado de conexión de baja tensión del transformador quede lo más alejado lo más posible de estos locales.



## 2.PLANOS



DIMENSIONES DE LA EXCAVACION  
6.88 m. ancho x 3.18 m. fondo x 0.56 m. profund.

LEYENDA

	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE COMPAÑÍA		CAJA DE SECCIONAMIENTO Y CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA		ALUMBRADO PÚBLICO		LÍNEA SUBTERRÁNEA M.T
							LÍNEA SUBTERRÁNEA A.T
							LÍNEA SUBTERRÁNEA B.T

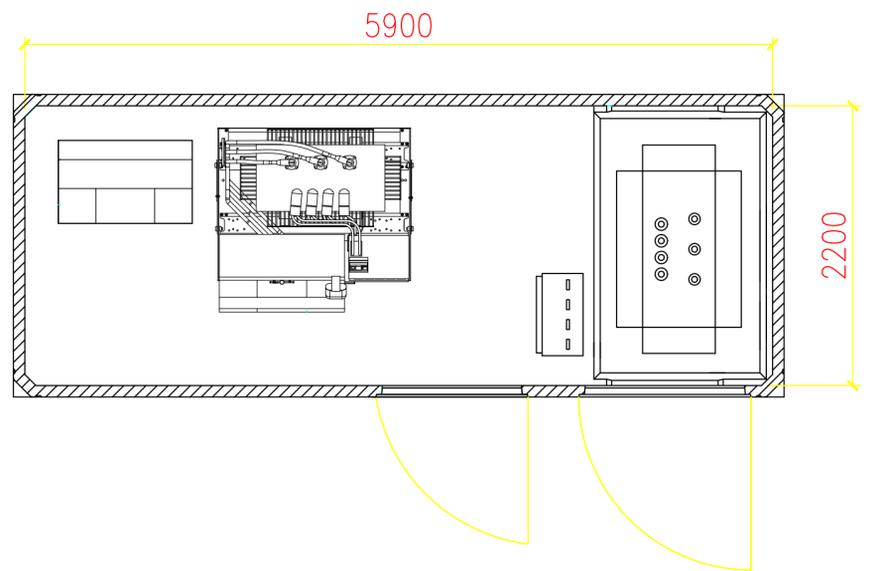
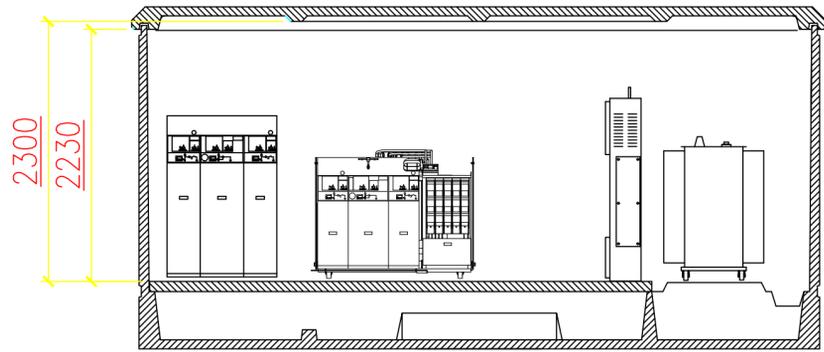
Escala

2/3

FECHA 22/06/21 Nº PÁG 106 PLANO C.T EXTERIOR

NUEVA URBANIZACIÓN 'EL HORNILLO'

Proyecto de línea aérea/subterránea de M.T para alimentar dos Centros de Transformación de 400 kVA suministro eléctrico a 70 viviendas y alumbrado público



LEYENDA

	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE COMPAÑÍA		CAJA DE SECCIONAMIENTO Y CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA		ALUMBRADO PÚBLICO		LÍNEA SUBTERRÁNEA M.T
			LÍNEA SUBTERRÁNEA A.T		LÍNEA SUBTERRÁNEA B.T		

Escala

1/1

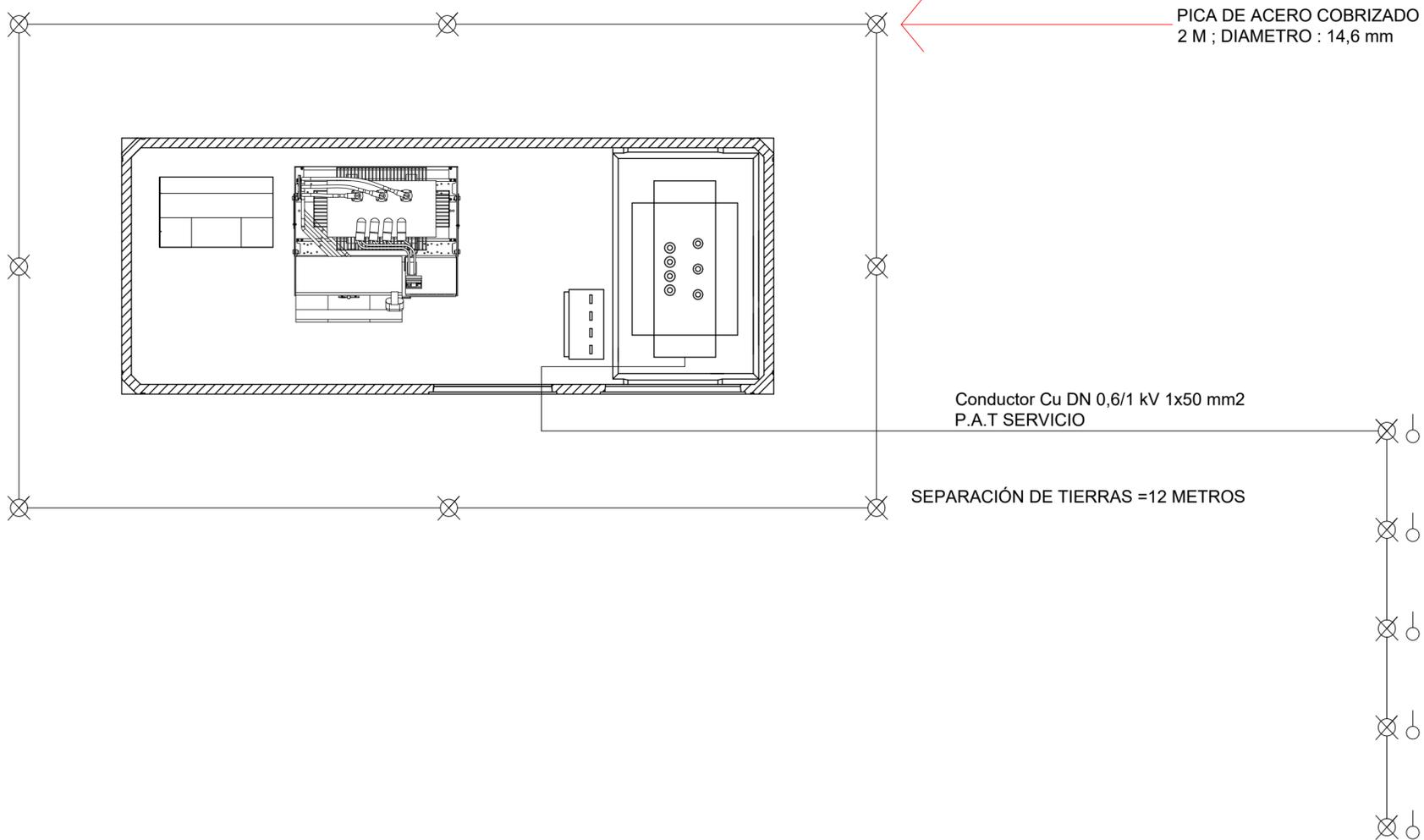
FECHA 22/06/21 N° PÁG 107 PLANO C.T INTERIOR

NUEVA URBANIZACIÓN 'EL HORNILLO'

Proyecto de línea aérea/subterránea de M.T para alimentar dos Centros de Transformación de 400 kVA suministro eléctrico a 70 viviendas y alumbrado público

Anillo Conductor Cu DN 0,6/1 kV 1x50 mm<sup>2</sup>  
P.A.T PROTECCIÓN 8 x 4,5 metros

PICA DE ACERO COBRIZADO  
2 M ; DIAMETRO : 14,6 mm



Conductor Cu DN 0,6/1 kV 1x50 mm<sup>2</sup>  
P.A.T SERVICIO

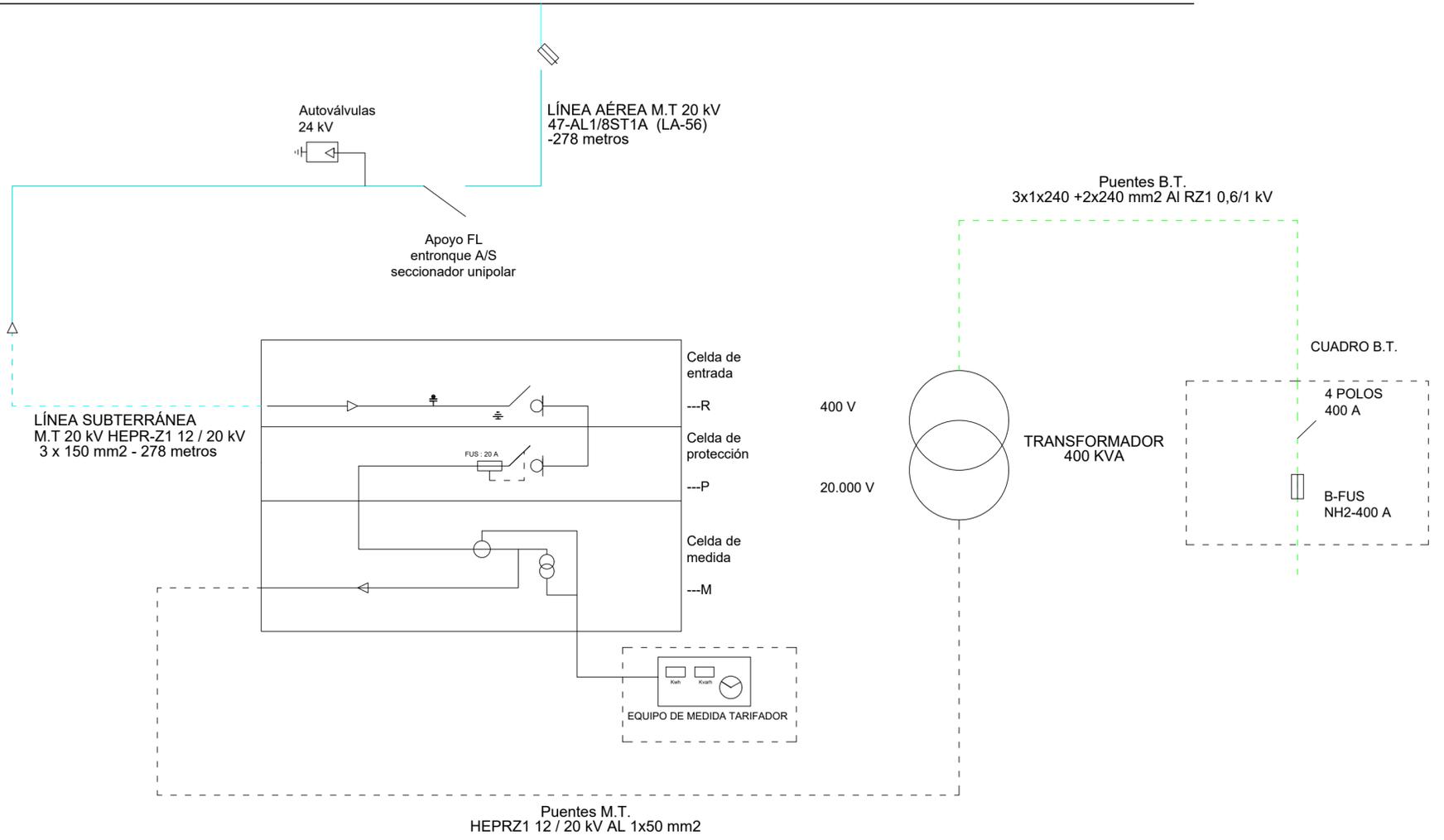
SEPARACIÓN DE TIERRAS =12 METROS

**LEYENDA**

 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE COMPAÑÍA	 CAJA DE SECCIONAMIENTO Y CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA	 LÍNEA SUBTERRÁNEA M.T
 ALUMBRADO PÚBLICO	 LÍNEA SUBTERRÁNEA A.T	 LÍNEA SUBTERRÁNEA B.T

<b>Escala</b>  1/1	FECHA	22/06/21	Nº PÁG	108	PLANO P.a.T del C.T.
	NUEVA URBANIZACIÓN 'EL HORNILLO'				Proyecto de línea aérea/subterránea de M.T para alimentar dos Centros de Transformación de 400 kVA suministro eléctrico a 70 viviendas y alumbrado público

LÍNEA AÉREA 20 kV IBERDROLA



LEYENDA

 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE COMPAÑÍA	 CAJA DE SECCIONAMIENTO Y CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA	 LÍNEA SUBTERRÁNEA M.T.
 ALUMBRADO PÚBLICO		 LÍNEA SUBTERRÁNEA A.T.
		 LÍNEA SUBTERRÁNEA B.T.

Escala

S/E

FECHA 22/06/21 N° PÁG 109 ESQUEMA UNIFILAR

NUEVA URBANIZACIÓN 'EL HORNILLO'

Proyecto de línea aérea/subterránea de M.T para alimentar dos Centros de Transformación de 400 kVA suministro eléctrico a 70 viviendas y alumbrado público

### **3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS**

#### **3.1. Calidad de los materiales**

##### **3.1.1. Obra civil**

La(s) envolvente(s) empleada(s) en la ejecución de este proyecto cumplirán las condiciones generales prescritas en el RLAT e 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.

##### **3.1.2. Aparamenta de Media 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.

##### **3.1.3. 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.

#### **3.1.4. Equipos de medida**

Al tratarse de un Centro para distribución pública, no se incorpora medida de energía en MT, por lo que esta se efectuará en las condiciones establecidas en cada uno de los ramales en el punto de derivación hacia cada cliente en BT, atendiendo a lo especificado en el Reglamento de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.

##### **- Puesta en servicio**

El personal encargado de realizar las maniobras estará debidamente autorizado y adiestrado.

Las maniobras se realizarán en el siguiente orden: primero se conectará el interruptor/seccionador de entrada, si lo hubiere. A continuación, se conectará la aparamenta de conexión siguiente hasta llegar al transformador, con lo cual tendremos a éste trabajando para hacer las comprobaciones oportunas.

Una vez realizadas las maniobras de MT, procederemos a conectar la red de BT.

##### **- Separación de servicio**

Estas maniobras se ejecutarán en sentido inverso a las realizadas en la puesta en servicio y no se darán por finalizadas mientras no esté conectado el seccionador de puesta a tierra.

##### **- Mantenimiento**

Para dicho mantenimiento se tomarán las medidas oportunas para garantizar la seguridad del personal.

Este mantenimiento consistirá en la limpieza, engrasado y verificado de los componentes fijos y móviles de todos aquellos elementos que fuese necesario.



Las celdas tipo CGMcosmos de ORMAZABAL, empleadas en la instalación, no necesitan mantenimiento interior, al estar aislada su aparamenta interior en gas, evitando de esta forma el deterioro de los circuitos principales de la instalación.

### **3.3. 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.

### **3.4. 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 RLAT-02.

### **3.5. 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.

### **3.6.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.

### **3.7.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.

## 4.PRESUPUESTO

### 4.1.Presupuesto Unitario

#### -Obra civil

<u>Ud.</u>	<u>Descripción</u>	<u>Precio</u>	<u>Total</u>
1	<p>Edificio de Transformación: <i>pfu.5/20</i></p> <p>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.</p>	<b>11.825,00 €</b>	<b>11.825,00 €</b>
Total importe obra civil			<b>11.825,00 €</b>

#### -Equipo de MT

### 1 E/S1,E/S2,PT1: *cgmcosmos-2lp*

Equipo compacto 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: 1190 mm / 735 mm / 1740 mm
- Mecanismo de Maniobra 1: manual tipo B
- Mecanismo de Maniobra 2: manual tipo B
- Mecanismo de Maniobra (Prot. Fusibles):
- manual tipo BR

Se incluyen el montaje y conexión.

8.600,00 €

8.600,00 €

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

Cables MT 12/20 kV del tipo HEPRZ1, unipolares, con conductores de sección y material 1x50 Al empleando 3 de 10 m de longitud, y terminaciones EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable acodada y modelo K158LR.

En el otro extremo son del tipo enchufable recta y modelo K152SR.

1.175,00 €

1.175,00 €

- 1** Interconexión enchufable apantallada no accesible de la función de protección MT y de la función transformador mediante conjuntos de unión unipolares de aislamiento 36 kV ORMALINK de Ormazabal

1.175,00€

1.175,00€.

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

Transformador trifásico reductor de tensión marca ORMAZABAL, 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 %.

		<b>8.033,00 €</b>	<b>8.033,00 €</b>
	Total importe equipos de potencia		<b>8.033,00 €</b>
<b>-Equipo de Baja Tensión</b>			
<b>1</b>	<b>Cuadros BT - B2 Transformador 1: <i>cbto</i></b>		
	Cuadro de Baja Tensión Optimizado CBTO-C, con 4 salidas con fusibles salidas trifásicas con fusibles en bases ITV, y demás características descritas en la Memoria.	<b>2.975,00 €</b>	<b>2.975,00 €</b>
<b>1</b>	<b>Puentes BT - B1 Transformador 1: <i>Puentes BT - B1 Transformador 1</i></b>		
	Juego de puentes de cables de BT,de sección y material 0,6/1 kV tipo RZ1 de 1x240Al 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.	<b>1.050,00 €</b>	<b>1.050,00 €</b>
<b>1</b>	<b>Puentes BT - B2 Transformador 1: <i>Puentes BT - B2 Transformador 1</i></b>		
	Juego de puentes de cables de BT,de sección y material 0,6/1 kV tipo RZ1 de 1x240Al 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.	<b>1.050,00 €</b>	<b>1.050,00 €</b>
	Total importe equipos de BT		<b>5.075,00 €</b>

## -Sistema de Puesta a Tierra

### - Instalaciones de Tierras Exteriores

#### 1 Tierras Exteriores Prot Transformación: *Anillo rectangular*

Instalación exterior de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, debidamente montada y conexasionada, 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: ocho
- Longitud de picas: 2 metros
- Dimensiones del rectángulo: 8.0x4.5 m

**2.025,00 €      2.025,00 €**

#### 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: 5
- Longitud de picas: 2 metros

**1.275,00 €      1.275,00 €**

- Distancia entre picas: 3 metros

#### - 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 aparataje 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

5.150,00 €

#### -Varios

##### 1 Equipo de Telegestión: **ekor.gid - Gestor Inteligente Distribución**

Armario gestor inteligente de distribución ekor.gid-ATG, según especificación i-DE, con unas dimensiones totales máximas de 945 / 400 / 200 mm (alto/ancho/fondo) e integrado en web STAR. La envolvente exterior de plástico libre de halógenos debe mantener una protección mecánica de grado IP32D según UNE 20324.

Incluye:

3.500,00 € 3.500,00 €



Trabajo Final de Grado

- Dos borneros por cada cuadro de baja tensión para su correcto conexionado.
- Componentes de medida BT: Concentrador 1 inyección y supervisor de transformador trifásico.
- Compartimento de comunicaciones.
  
- 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 €

- Banquillo aislante

- Equipos de operación, maniobra y seguridad en el edificio de transformación

#### 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 aislantes
- Extintor de eficacia 89B
- Una palanca de accionamiento
- Armario de primeros auxilios

700,00 €

700,00 €

#### 4.2.Presupuesto parcial

	<b>Total importe obra civil</b>		<b>11.825,00 €</b>
	<b>Total importe apartada de MT</b>		<b>9.775,00 €</b>
	<b>Total importe equipos de potencia</b>		<b>8.033,00 €</b>
	<b>Total importe equipos de BT</b>		<b>5.075,00 €</b>
	<b>Total importe sistema de tierras</b>		<b>5.150,00 €</b>
	<b>Total importe de varios</b>		<b>5.033,00 €</b>
	<b>TOTAL PRESUPUESTO 1 C.T</b>		<b>44.891,00 €</b>

El valor del presupuesto total del apartado del Centro de Transformación se debe multiplicar por 2 al haber dos centros de transformación:

**TOTAL PRESUPUESTO 2 C.T: 89.782,00 €**

## 5. ANEXO

### 5.1. Cálculos eléctricos en el Centro de Transformación

#### 5.1.1. Intensidad de Media Tensión

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

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

donde:

P=Potencia del transformador [kVA]

U<sub>p</sub>=Tensión primaria [kV]

I<sub>p</sub>=Intensidad primaria [A]

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

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

$$I_p = 11,547 \text{ A}$$

#### 5.1.2. Intensidad de Baja Tensión

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 400 kVA, y las tensiones secundarias son de 230 V y 420 V en vacío.

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

$$I_s = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_s}$$

donde:

P=Potencia del transformador [kVA]

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

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

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

$$I_S = 549,857 A$$

La intensidad en las salidas de 230 V en vacío puede alcanzar el valor

$$I_S = 549,857 A$$

### 5.1.3. Cálculo de las intensidades de cortocircuito

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

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

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

donde:

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

$U_p$ =Tensión de servicio [kV]

$I_{ccp}$ =Corriente de cortocircuito [kA]

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

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

$$I_{ccs} = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot E_{cc} \cdot U_s}$$

donde:

$P$ =Potencia de transformador [kVA]

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

$U_s$ =Tensión en el secundario [V]

$I_{ccs}$ =Corriente de cortocircuito [kA]



- **Cortocircuito en el lado de Media Tensión**

Utilizando la expresión de la intensidad de cortocircuito del devanado principal, en el que la potencia de cortocircuito es de 350 MVA y la tensión de servicio 20 kV, la intensidad de cortocircuito es:

$$I_{ccp} = 10,104 \text{ kA}$$

- **Cortocircuito en el lado de Baja Tensión**

Para el único transformador de este Centro de Transformación, la potencia es de 400 kVA, la tensión porcentual del cortocircuito del 4%, y la tensión secundaria es de 230 V y 420 V en vacío

La intensidad de cortocircuito en el lado de BT con 420 V en vacío será, según la fórmula de intensidad de cortocircuito en el devanado secundario:

$$I_{ccs} = 13,746 \text{ kA}$$

La intensidad de cortocircuito en el lado de BT con 230 V en vacío será, según la fórmula de intensidad de cortocircuito en el devanado secundario:

$$I_{ccs} = 25,102 \text{ kA}$$

- **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.

### **-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.

### **-Comprobación por sollicitación electrodinámica**

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

$$I_{cc}(din) = 25,26 \text{ kA}$$

### -Comprobación por sollicitación térmica

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aparataje 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:

$$I_{cc}(ter) = 10,104 \text{ kA}$$

- **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.

Trabajo Final de Grado

### - Protecciones en BT

Las salidas de BT cuentan con fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad nominal exigida a esa salida y un poder de corte como mínimo igual a la corriente de cortocircuito correspondiente, según lo calculado en el apartado 2.2.

#### **5.1.4. 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 11,547 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.

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

Para calcular la superficie de la reja de entrada de aire en el edificio se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{0.24 \cdot K \cdot \sqrt{h \cdot \Delta T^3}}$$

donde:

$W_{cu}$ =Pérdidas en el cobre del transformador [kW]

$W_{fe}$ =Pérdidas en el hierro del transformador [kW]

K=Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada [aproximadamente entre 0,35 y 0,40]

H=Distancia vertical entre las rejillas de entrada y salida [m]

DT=aumento de temperatura del aire [°C]

Sr=superficie mínima de las rejillas de entrada [m<sup>2</sup>]

Para el caso particular de este edificio, el resultado obtenido es, aplicando la expresión arriba indicada.

### 5.1.5. Dimensionado del pozo apagafuegos

Para el caso de edificios de obra civil anexos o dentro de edificios destinados a otros usos, el Reglamento de Alta Tensión prescribe la utilización de fosas colectoras de aceite de suficiente capacidad para la recogida del mismo. Por ello, se construirán los fosos adecuados para recoger el aceite de cada transformador.

En este Centro de Transformación, la potencia unitaria máxima con refrigerante de aceite es de 400 kVA con un contenido en aceite inferior a la capacidad del foso de recogida de aceite dispuesto en este Centro de Transformación.

### 5.7. Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra del Centro de Transformación

#### A) 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 200  $\Omega \cdot m$ .

#### B) 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.

Trabajo Final de Grado

Según datos de la red proporcionados por la compañía suministradora Iberdrola, el tiempo máximo de desconexión del defecto es de 1 s.

Por otra parte, los valores de la impedancia de puesta a tierra del neutro son los siguientes:

$$R_n = 0 \Omega$$

$$X_n = 25,4 \Omega$$

$$Z_n = \sqrt{R_n^2 + X_n^2}$$

La intensidad máxima de defecto se produce en el caso de que la resistencia de puesta a tierra del Centro de Transformación sea nula. La intensidad será igual a :

$$I_{d(máx)} = \frac{U_{s(MÁX)}}{\sqrt{3} \cdot Z_n}$$

Para la  $U_{s(MÁX)} = 20$  kV de la línea subterránea que alimenta al centro se obtiene una intensidad máxima de defecto de unos 454,6 A que en estos casos se suele aproximar a 500 A.

### C) Diseño preliminar de la instalación de tierra

Se va a proceder a la identificación de los electrodos de puesta a tierra para cada una de las tierras, la de protección y la de servicio para ello se empleará el reglamento M.T 2.11.33 de Iberdrola

#### ▪ TIERRA DE PROTECCIÓN

El diseño del sistema de la tierra de protección se realizará con 8 picas de acero cobrizado de 14 mm de diámetro y 2 metros de longitud que formarán un anillo en torno al perímetro del Centro de Transformación a un metro de distancia mediante conductor de cobre de  $50 \text{ mm}^2$ . Las picas quedarán enterradas a 0,5 metros como mínimo para nuestra tensión de 20 kV. La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable aislado a 0,6/1 kV protegido contra los daños mecánicos.

La designación elegida es la siguiente:

-Código: **CPT-CT-A-(4.5x8)+8P2**

-Parámetros característicos:

$$K_r = 0,06303 \Omega/\Omega \cdot \text{m}$$

$$K_{p \text{ t-t}} = 0,01271 \text{ V}/\Omega \cdot \text{m}$$

$$K_{p \text{ a-t}} = 0,03040 \text{ V}/\Omega \cdot \text{m} \cdot \text{A}$$

- TIERRA DE SERVICIO

El diseño de la puesta a tierra de servicio se realizará mediante 5 picas de acero cobrizado de 14 mm de diámetro y 2 metros de longitud, unidas con cable de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup>, siendo la distancia entre picas de 3 metros. Las picas y el cable estarán enterrados a una profundidad de 0,5 metros como mínimo. La conexión entre el electrodo de puesta a tierra de servicio y el punto de puesta a tierra del centro de transformación se efectúa mediante cable de cobre de 50 mm<sup>2</sup> aislado a 0,6/1kV.

La designación elegida es la siguiente:

- Código: **CPT-CTL-5P**

-Parámetros característicos:

$$K_r = 0,0852 \Omega/\Omega \cdot m$$

$$K_r' = 0,088 \Omega/\Omega \cdot m$$

$$K_p = 0,01455 V/\Omega \cdot m \cdot A$$

El valor de la resistencia de la puesta a tierra de servicio será de:

$$R_{servicio} = K_r \cdot p_s = 0,0852 \cdot 200 = 17,04 \Omega$$

Al emplear en la actualidad diferenciales o de 30 mA o de hasta 300 mA, para que no se origine una tensión superior a 24 V en la puesta a tierra se debe cumplir:

$$17,04 \cdot 0,03 = 0,5112 V < 24 V$$

$$17,04 \cdot 0,3 = 5,112 V < 24 V$$

Por último recalcar que debe haber una separación mínima entre la puesta a tierra de servicio y la puesta a tierra de protección para evitar posibles transferencias a la red de Baja Tensión.

#### D) Cálculo de la resistencia del sistema de tierra

- TIERRA DE PROTECCIÓN

-Resistencia del sistema de puesta a tierra,  $R_T$ :

$$R_T = K_R \cdot \sigma = 0,06303 \cdot 200 = 12,606 \Omega$$

Considerando el segundo centro de transformación (N=2) de iguales características:



$$R_{pant} = \frac{p \cdot K'_r}{N} = \frac{200 \cdot 0,088}{2} = 8,8 \Omega$$

$$R_{TOT} = \frac{R_T \cdot R_{pant}}{R_T + R_{pant}} = 5,18 \Omega$$

$$r_e = \frac{R_{TOT}}{R_T} = 0,41 \Omega$$

-Intensidad defecto

$$I'_{1F} = \frac{1,1 \cdot U_N}{r_e \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{R_T^2 + \left(\frac{X_{LTH}}{r_e}\right)^2}} = \frac{1,1 \cdot 20000}{0,41 \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{12,606^2 + \left(\frac{25,4}{0,41}\right)^2}} = 490,025 A$$

- TIERRA DE SERVICIO

$$R_T = Kr \cdot \sigma = 0,073 \cdot 200 = 17,04 < 37 \Omega$$

#### E) Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación

La tensión de defecto vendrá dada por:

$$U'_{p1} = K_{pat} \cdot I'_{1F} \cdot r_e \cdot p = 0,03040 \cdot 490,025 \cdot 0,41 \cdot 200 = 1221,53 V$$

donde:

$r_e$  = Resistencia = 0,41 [Ω]

$I_D$  = Intensidad de defecto = 489,61 [A]

$U'_{p1}$  = Tensión de paso en el interior de la instalación [V]

$$U'_{p1} = 1221,53 V$$

#### F) 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.



Trabajo Final de Grado

Tensión de paso en el exterior:

$$U'_{p2} = K_{p\ t-t} \cdot I'_{1F} \cdot r_e \cdot p = 0,01271 \cdot 490,025 \cdot 200 \cdot 0,41 = 510,71\ V$$

donde:

$K_p$ =Coeficiente = 0,01286

$R_o$ =Resistividad del terreno =200 [ $\Omega \cdot m$ ]

$I'_d$ =Intensidad de defecto =489,67 [A]

$V'_p$ =Tensión de paso en el exterior de la instalación[V]

por lo que, para este caso:

$$U'_{p2} = 510,71\ V$$

### G) Cálculo de las tensiones aplicadas (revisar tensiones aplicadas a personas)

- Centro de Transformación

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

$$\cdot t = 1\ s$$

Tensión de paso en el exterior:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \left[ 1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot R_o}{1000} \right]$$

donde:

$U_{ca}$ =Valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta=107 V

$R_o$ =Resistividad del terreno = 200[ $\Omega \cdot m$ ]

$R_{a1}$ =Resistencia del calzado, superficies de material aislante =2000 [ $\Omega$ ]

**por lo que, para este caso:**

**$V_p = 6634\ V$  para 1 segundo**

La tensión de paso en el acceso al edificio:

Trabajo Final de Grado

$$U_{pacc} = 10 * U_{ca} \left[ 1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 3 \cdot R_o + 3 \cdot R'_o}{1000} \right]$$

donde:

U<sub>ca</sub>=Valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta=107 V

R<sub>o</sub>=Resistividad del terreno = 200[Ω·m]

R'<sub>o</sub>=Resistividad del hormigón =3000[Ω·m]

R<sub>a1</sub>=Resistencia del calzado, superficies de material aislante=2000 [Ω]

**por lo que, para este caso**

**U<sub>p</sub>(acc) = 15622 V para 1 segundo**

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:

$$V'p = 510,71 \text{ V} < Vp = 6634 \text{ V}$$

Tensión de paso en el acceso al centro:

$$V'p(\text{acc}) = 1221,53 \text{ V} < Vp(\text{acc}) = 15622 \text{ V}$$

Tensión de defecto:

$$V'd = 1221,53 \text{ V} < Vbt = 10.000 \text{ V}$$

Intensidad de defecto:

$$Ia = 100 \text{ A} < Id = 490,025 \text{ A} < Idm = 500 \text{ A}$$

## H) 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.

Trabajo Final de Grado

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

$$D = \frac{R_o \cdot I'_d}{2000 \cdot \pi}$$

donde:

$R_o$ =Resistividad del terreno =200 [ $\Omega \cdot m$ ]

$I'_d$ =Intensidad de defecto =489,61[A]

$D$ =Distancia mínima de separación [m]

**Para este Centro de Transformación:**

**$D = 15,58 \text{ m}$**

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.

### **I) Diseño preliminar de la instalación de tierra**

No se ha considerado la corrección del sistema proyectado, aunque si el valor medido de las tomas de tierra fuera excesivo y se pudieran ocasionar tensiones de paso o de contacto excesivas, se deberían de corregir estas mediante algún tipo de alfombra aislante en el suelo del Centro o cualquier otra cosa que contrarreste los efectos de estas tensiones y pudiera asegurar la seguridad.

### **J) Verificación del nivel de aislamiento de los materiales de B.T.**

La tensión de aislamiento de los cuadros de B.T. es de 10 kV, se debe comprobar que la tensión que aparece en caso de defecto es inferior a este valor:

$$U = I'_{1FP} \cdot R_{TOT} = I_E \cdot R_T = 490,025 \cdot 12,606 = 6177,25 \text{ kV} < 10.000 \text{ kV}$$

---

# PROYECTO DE LÍNEA AÉREA Y SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN PARA ALIMENTAR DOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN DE 400 KVA PARA SUMINISTRO ELÉCTRICO A 70 VIVIENDAS UNIFAMILIARES Y ALUMBRADO PÚBLICO

---

TRABAJO FINAL DE GRADO

## 9. LÍNEAS SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN



1.MEMORIA.....	135
1.1.Cable.....	135
1.2.Trazado de la línea .....	136
1.3. Canalización.....	136
1.4.Acometidas y Cajas Generales de Protección.....	137
1.5.Eschema de distribución.....	138
1.5.Fusibles.....	139
2.PLANOS.....	140
2.1.Plano líneas subterráneas nº1.....	141
2.2. Plano líneas subterráneas nº1.....	142
2.3. Plano líneas subterráneas nº1.....	143
2.4. Plano líneas subterráneas nº1.....	144
3.PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.....	145
3.1. Objeto.....	145
3.2. Ejecución del trabajo.....	145
3.3. Zanjas.....	145
3.4.Rotura de pavimentos.....	146
3.5. Cruces.....	146
3.6. Reposición de pavimentos.....	146
3.7. Puesta a tierra.....	146
3.8. Normas de ejecución de las instalaciones.....	147
3.9.Pruebas reglamentarias.....	147
4.PRESUPUESTO.....	148
5.ANEXO.....	149
5.1.Cálculo eléctrico instalaciones de Baja Tensión.....	149
5.1.1.Cálculo sección línea subterránea.....	149
5.1.2.Cálculo protecciones Cajas de Protección y Medida.....	157



## 1.MEMORIA

Tal y como se ha indicado, el proyecto consiste en llegar hasta el siguiente apartado con todo lo necesario para poder sacar líneas subterráneas de Baja Tensión desde los C.T.'s para la alimentación de las CGP's correspondientes a las viviendas y al alumbrado público.

Para ello los conductores de los cables a emplear en las líneas subterráneas serán de aluminio aislados con mezclas de compuestos poliméricos que estén protegidos contra la corrosión del terreno donde se instalen y que tenga una resistencia mecánica que soporte los esfuerzos a los que pueda estar sometido. Los cables podrán contener varios conductores y la tensión asignada nunca será inferior a 0,6/1 kV.

Al salir directamente la línea de los cuadros de B.T del Centro de Transformación la sección mínima especificada en la M.T 2.51.01 será de  $150 \text{ mm}^2$  o de  $240 \text{ mm}^2$ , porque son los únicos que se utilizan en los puentes de unión de los transformadores de potencia con los cuadros de B.T y para la distribución en B.T.

La distribución se realizará en sistema trifásico a tensiones de 400 V entre fases y de 230 V entre fase y neutro.

### 1.1. Cable

El cable a utilizar según anexo de cálculos eléctricos será el de la sección siguiente:

LÍNEA	SECCIÓN (mm <sup>2</sup> )
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Nº1	
LÍNEA SUBTERRÁNEA Nº1	150
LÍNEA SUBTERRÁNEA Nº2	150
LÍNEA SUBTERRÁNEA Nº3	150
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Nº2	
LÍNEA SUBTERRÁNEA Nº4	240
LÍNEA SUBTERRÁNEA Nº5	150
LÍNEA SUBTERRÁNEA Nº6	150

El recubrimiento será de tipo XLPE polimérico

## 1.2. Trazado de la línea

La línea subterránea transcurrirá por terreno de dominio público por las aceras siempre que sea posible excepto cuando se deba cruzar la calzada para alimentar a algunas CGP's, siempre transcurrirá paralela a las parcelas o perpendicular a la calzada en caso de cruce.

Habrà un total de 6 líneas subterráneas de Baja Tensión de longitudes variables, añadiendo a estas las redes de alimentación de las luminarias que compartirán la zanja en las zonas en las que compartan trayecto, así evitaremos costes en zanjas demás.

LÍNEA	LONGITUD(m)
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Nº1	
LÍNEA SUBTERRÁNEA Nº1	148
LÍNEA SUBTERRÁNEA Nº2	296
LÍNEA SUBTERRÁNEA Nº3	173
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Nº2	
LÍNEA SUBTERRÁNEA Nº4	206,8
LÍNEA SUBTERRÁNEA Nº5	248,2
LÍNEA SUBTERRÁNEA Nº6	411,8

## 1.3. Canalización

La canalización será entubada, ya que Iberdrola no permite la instalación de los cables directamente enterrados, porque en caso de avería es más costoso de tiempo de reparar y este no es el objetivo. La canalización que se elige es la canalización entubada por minimizar riesgos durante los trabajos de construcción de la línea y minimizar tiempo en caso de avería.

Esta canalización transcurrirá en una zanja enterrada a una profundidad mínima de 1,05 metros de profundidad porque en los casos en que la línea transcurra por acera la profundidad entre superficie y tubo deberá ser de 0,6 metros como mínimo, pero en el caso de transcurrir por calzada será de 0,8 metros como mínimo. La canalización tendrá una anchura que permitan las operaciones en caso de avería o de tendido de la línea, generalmente la zanja estará diseñada para la colocación de tubos de 180 mm de diámetro para las 5 líneas de  $150 \text{ mm}^2$  de sección y tubos de 225 mm de diámetro para la única línea de  $240 \text{ mm}^2$  de sección.

La zanja tendrá una solera de limpieza al fondo de ella de unos 5 centímetros de espesor de arena y los tubos se rellenarán con arena hasta 10 centímetros por encima de ellos



que los envolverá completamente, después de cubrirlos se colocará una capa de arena sin piedras procedente de la excavación encima de la cual se colocarán las cintas de señalización de la zanja que advertirán del peligro eléctrico en caso de excavación por error o por mantenimiento de la línea.

Encima de la cinta de señalización se rellenará con arena con unos 10 centímetros de espesor hasta llegar a la superficie donde se colocará una capa de hormigón para más tarde rellenarlo del pavimento de la acera o de la calzada.

La canalización dispondrá de arquetas en aquellos puntos donde se deba dar un giro a la línea, generalmente este giro será de 90 °, para poder manipular los tubos más fácilmente en caso de avería.

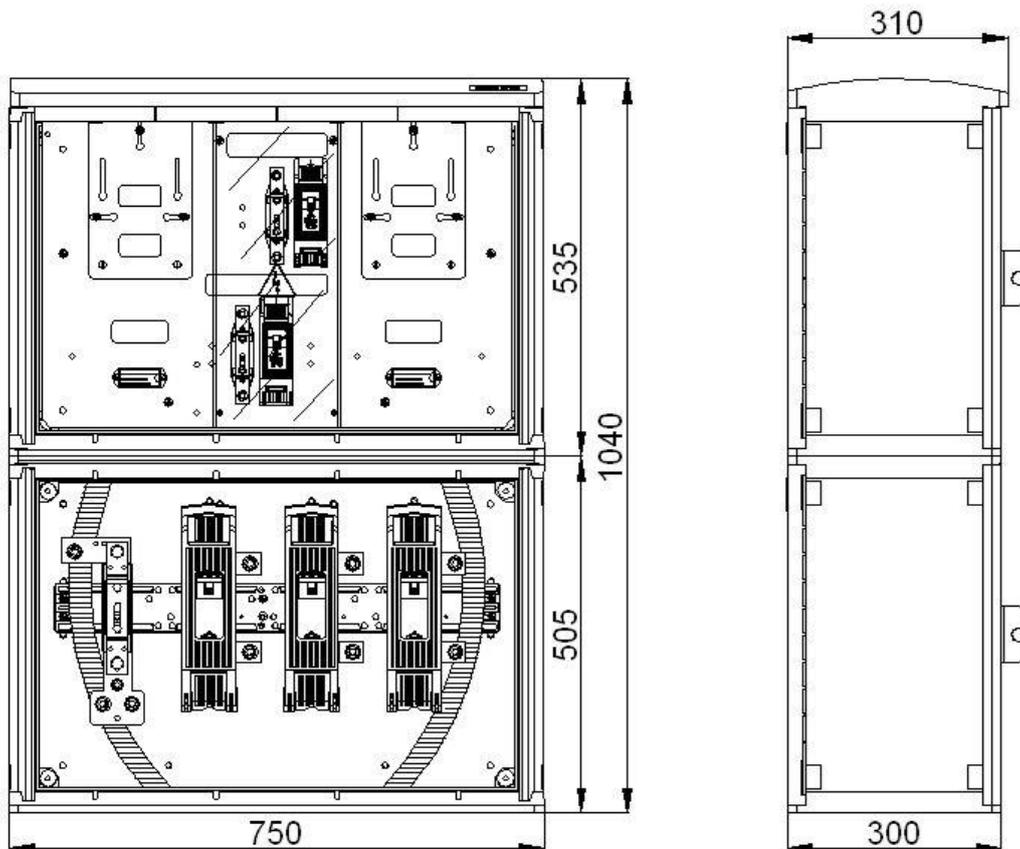
#### **1.4. Acometidas y Cajas Generales de Protección y Medida.**

La acometida subterránea hasta las CGP 's se realizará mediante el método de la entrada y salida, es decir, entrará a la CGP y una vez alimentada volverá a salir para seguir el transcurso de la línea.

Se instalarán dos tipos de CGP 's dependiendo del tipo de suministro que va a proporcionarse. Estas CGP 's estarán constituidas por una Caja de Seccionamiento con Esquema-10 en todos los casos.

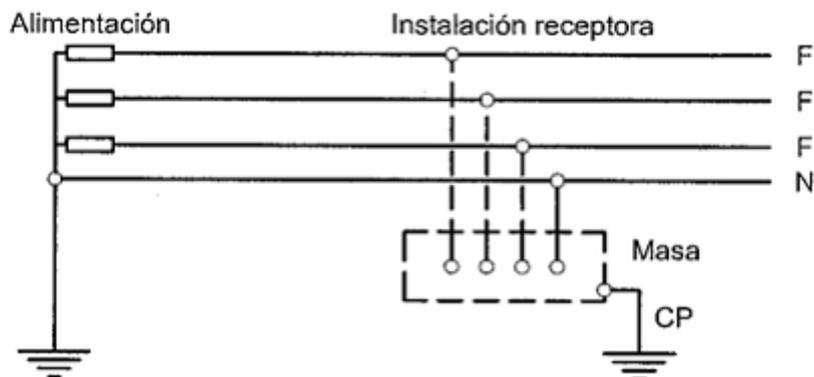
**-Un suministro individual:** En caso de que la CGP vaya a albergar un solo suministro se instalará una Caja de Seccionamiento con Esquema-10 (CS) y una Caja de Protección y Medida individual (CPM), es decir que en su interior albergará un solo contador y el fusible (suministro monofásico). Se instalarán este tipo de CGP 's en el caso de las cajas del alumbrado o en el caso que por motivos de parcelación (3 casas juntas) una deba de alimentarse individualmente. Habrá un total de 6 CGP's individuales en la urbanización.

**-Dos suministros colectivos:** En caso de que la CGP vaya a albergar dos suministros se instalará una Caja de Seccionamiento común con Esquema-10 y una Caja de Protección y Medida de tipo 3(CPM-3), estas cajas tienen la propiedad de poder albergar dos contadores con sus respectivos fusibles. Se utilizarán para alimentar dos viviendas y se colocarán en la medianera de las parcelas que se vayan a alimentar. Habrá un total de 33 CGP's colectivas en la urbanización.



### 1.5. Esquema de distribución

El esquema de distribución elegido para nuestras líneas subterráneas de Baja Tensión es el esquema TT, este es el más empleado en las redes de distribución pública en Baja Tensión y es el de la siguiente figura:



Como se ve el neutro está directamente conectado a tierra y las masas de la instalación receptora conectadas a otra tierra separada de la de la alimentación.



El sistema de protección consiste en la combinación de la puesta a tierra de las masas y el uso del interruptor diferencial como elemento de corte ante la aparición de tensiones peligrosas.

Hay que aclarar que las intensidades de defectos entre fase – masa o tierra pueden no llegar a los valores de cortocircuito, pero estos ser suficientes para crear tensiones peligrosas

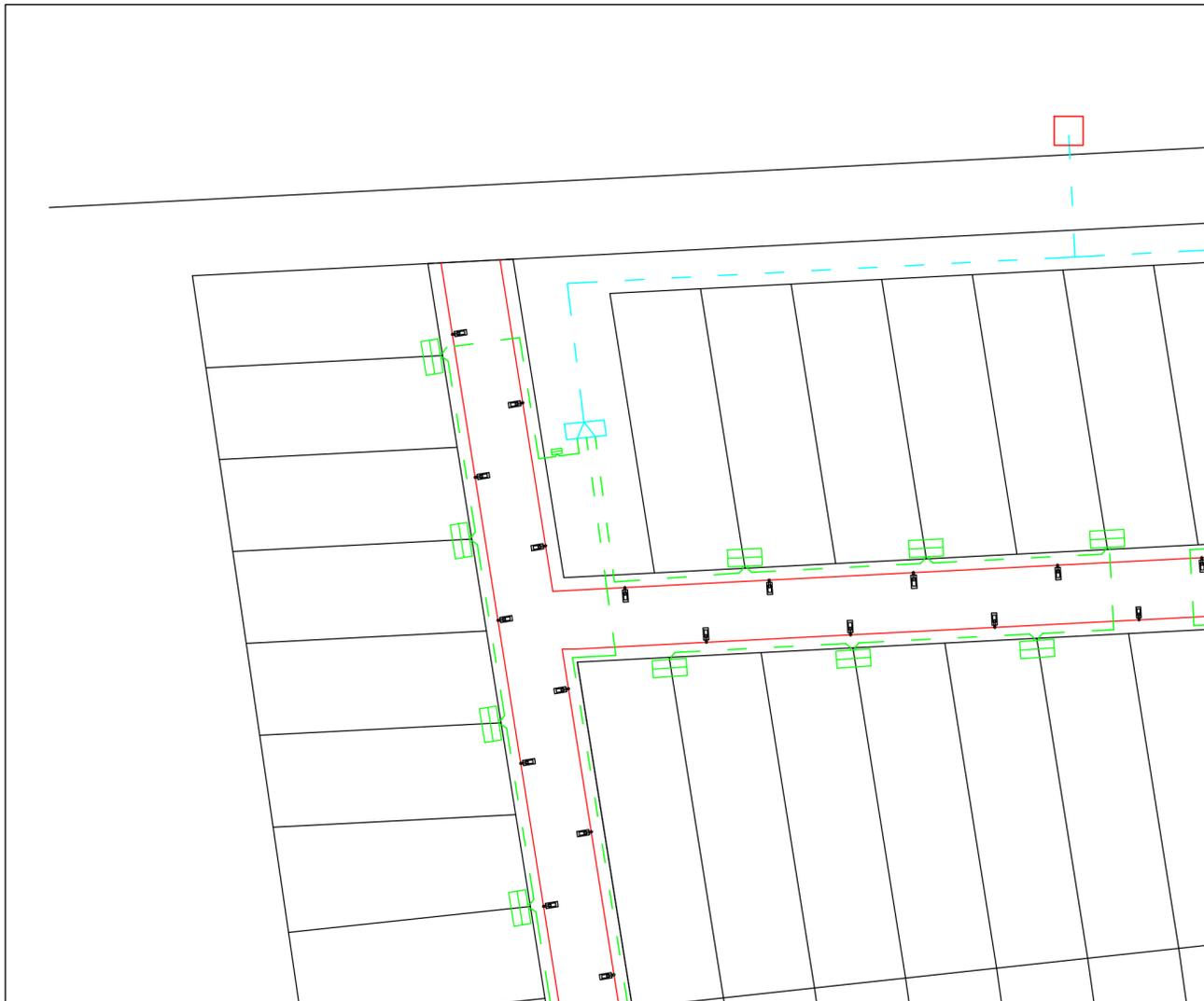
### 1.6. Fusibles

Se instalará un fusible tipo BUC para cada uno de los suministros las CPM' s correspondientes, es decir un fusible tipo BUC para cada contador de las siguientes prestaciones dependiendo de la línea donde se instalen:

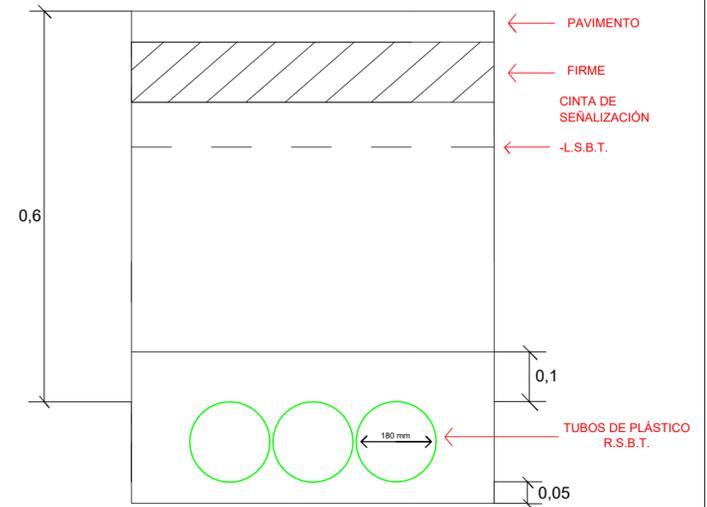
LÍNEA	FUSIBLE
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Nº1	
LÍNEA SUBTERRÁNEA Nº1	NH TIPO BUC T00 160 A
LÍNEA SUBTERRÁNEA Nº2	NH TIPO BUC T00 200 A
LÍNEA SUBTERRÁNEA Nº3	NH TIPO BUC T00 200 A
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Nº2	
LÍNEA SUBTERRÁNEA Nº4	NH TIPO BUC T00 250 A
LÍNEA SUBTERRÁNEA Nº5	NH TIPO BUC T00 200 A
LÍNEA SUBTERRÁNEA Nº6	NH TIPO BUC T00 160 A



## 2.PLANOS



**ZANJA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN BAJO ACERA**



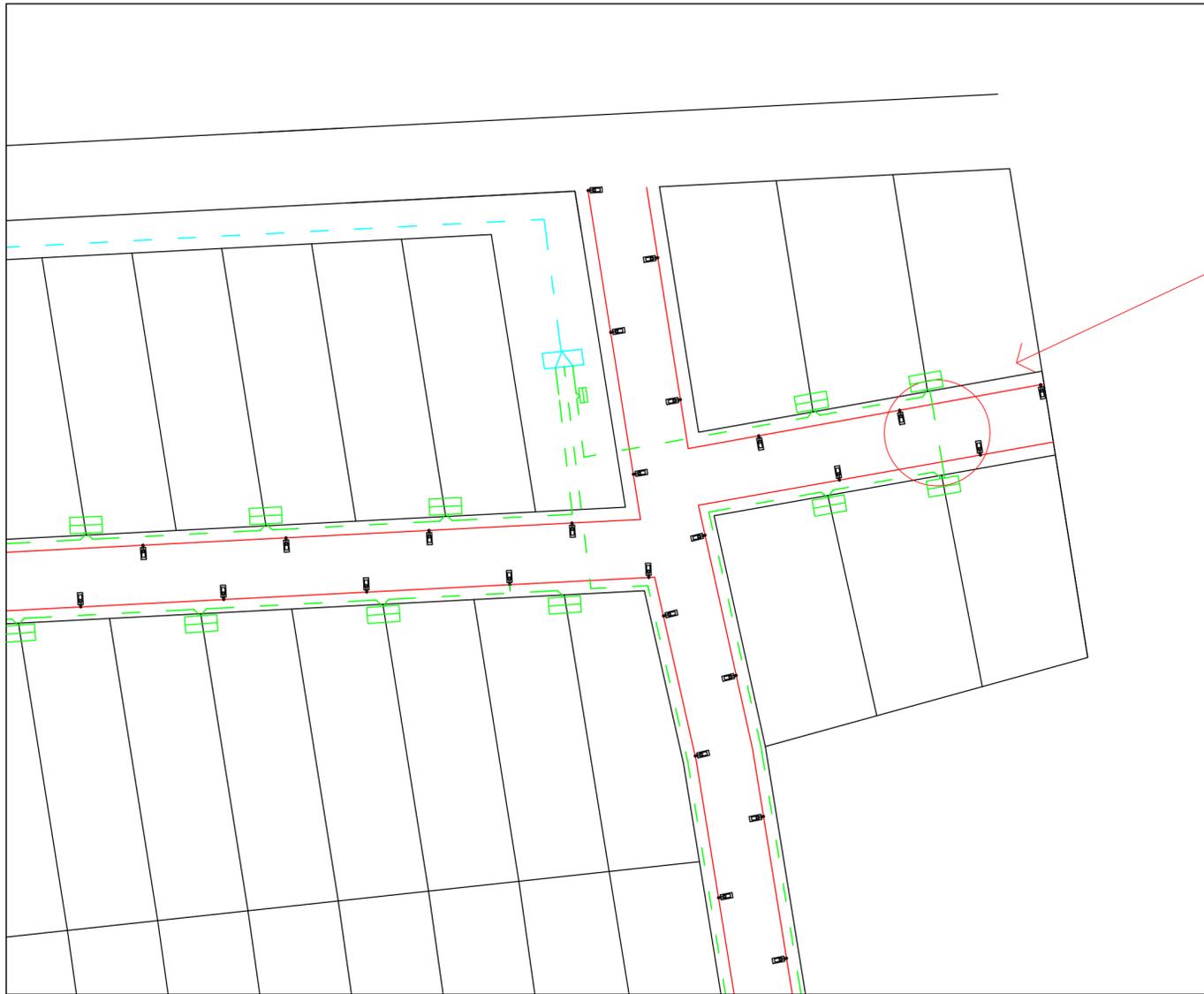
**LEYENDA**

 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE COMPAÑÍA	 CAJA DE SECCIONAMIENTO Y CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA	 LÍNEA SUBTERRÁNEA M.T.
 ALUMBRADO PÚBLICO	 RED DE DISTRIBUCIÓN A.P.	 LÍNEA SUBTERRÁNEA B.T.
 POSTE PROYECTADO M.T.		

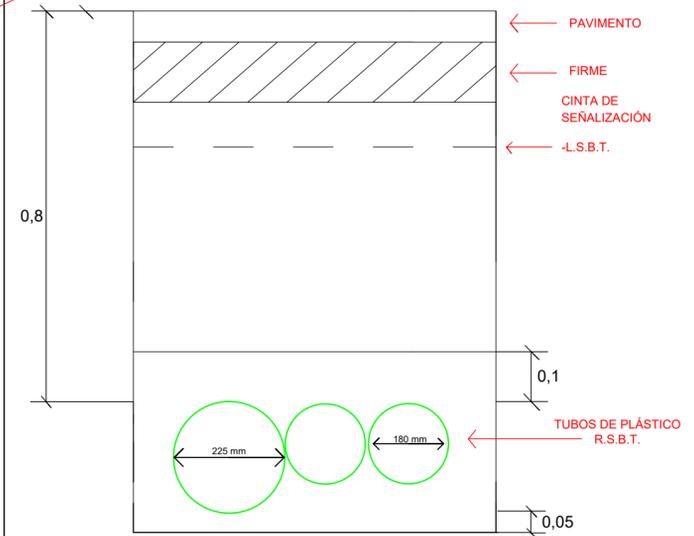
**Escala**

**1/10**

FECHA	22/06/21	Nº PÁG	141	PLANO L.S.B.T nº1
NUEVA URBANIZACIÓN 'EL HORNILLO'				
Proyecto de línea aérea/subterránea de M.T para alimentar dos Centros de Transformación de 400 kVA suministro eléctrico a 70 viviendas y alumbrado público				



ZANJA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN BAJO CALZADA



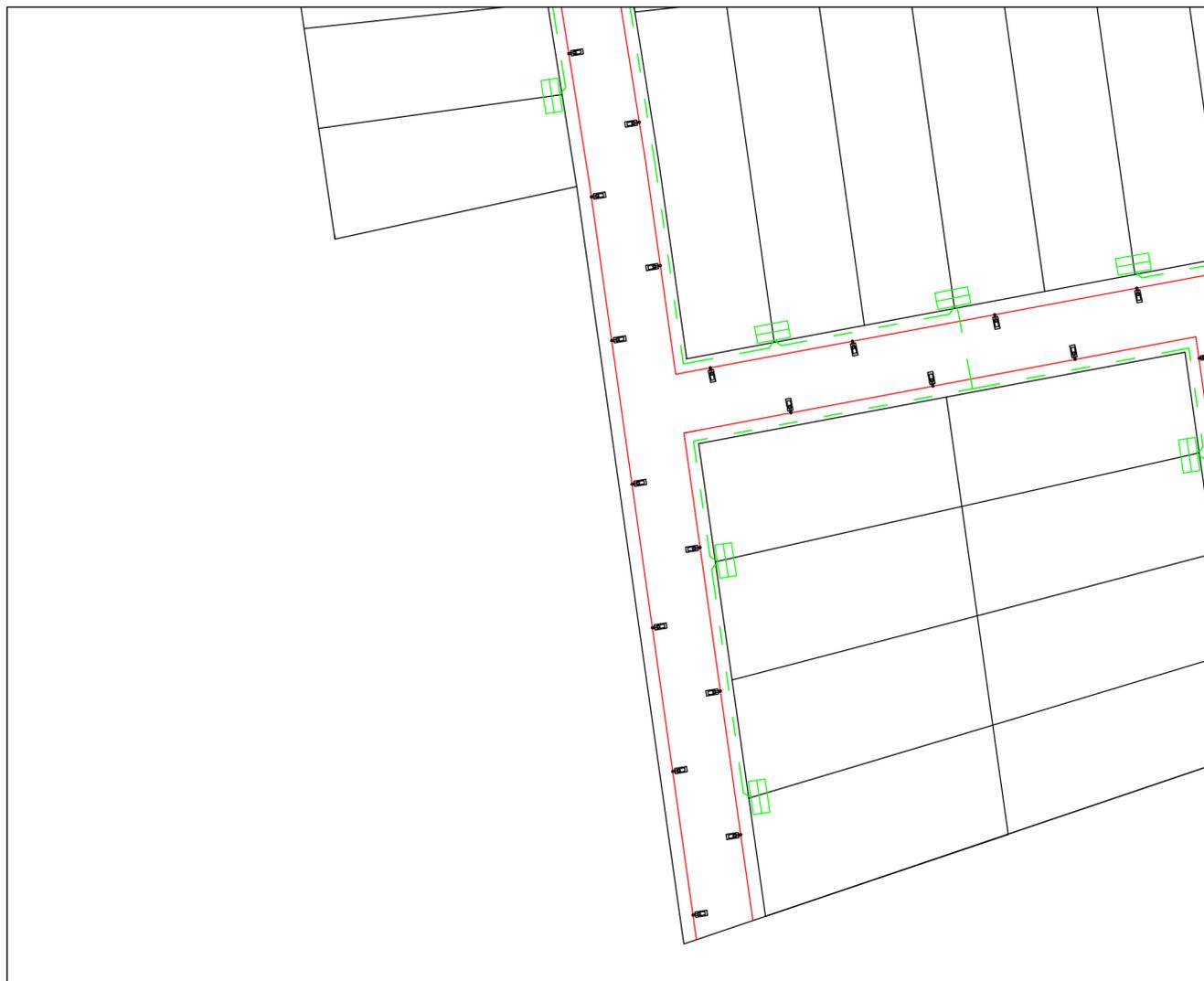
LEYENDA

	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE COMPAÑÍA		CAJA DE SECCIONAMIENTO Y CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA		LÍNEA SUBTERRÁNEA M.T
	ALUMBRADO PÚBLICO		RED DE DISTRIBUCIÓN A.P		LÍNEA SUBTERRÁNEA B.T
	POSTE PROYECTADO M.T				

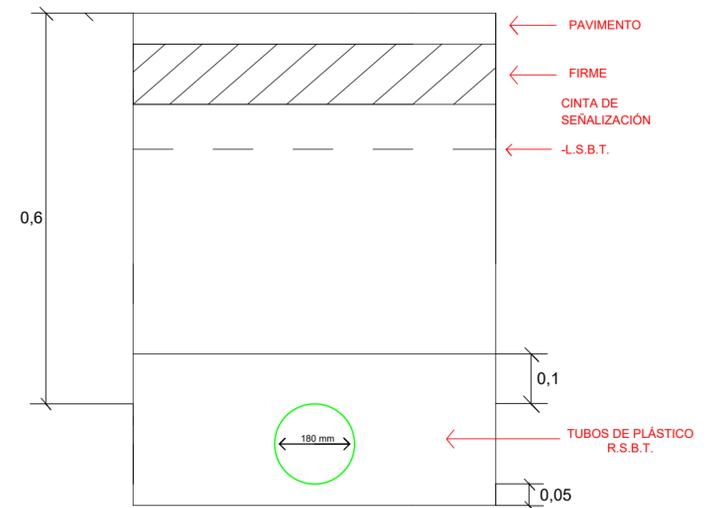
Escala

1/10

FECHA	22/06/21	Nº PÁG	142	PLANO L.S.B.T nº2
NUEVA URBANIZACIÓN 'EL HORNILLO'				Proyecto de línea aérea/subterránea de M.T para alimentar dos Centros de Transformación de 400 kVA suministro eléctrico a 70 viviendas y alumbrado público



**ZANJA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN BAJO ACERA**



**LEYENDA**

	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE COMPAÑÍA		CAJA DE SECCIONAMIENTO Y CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA		LÍNEA SUBTERRÁNEA M.T
	ALUMBRADO PÚBLICO		RED DE DISTRIBUCIÓN A.P		LÍNEA SUBTERRÁNEA B.T

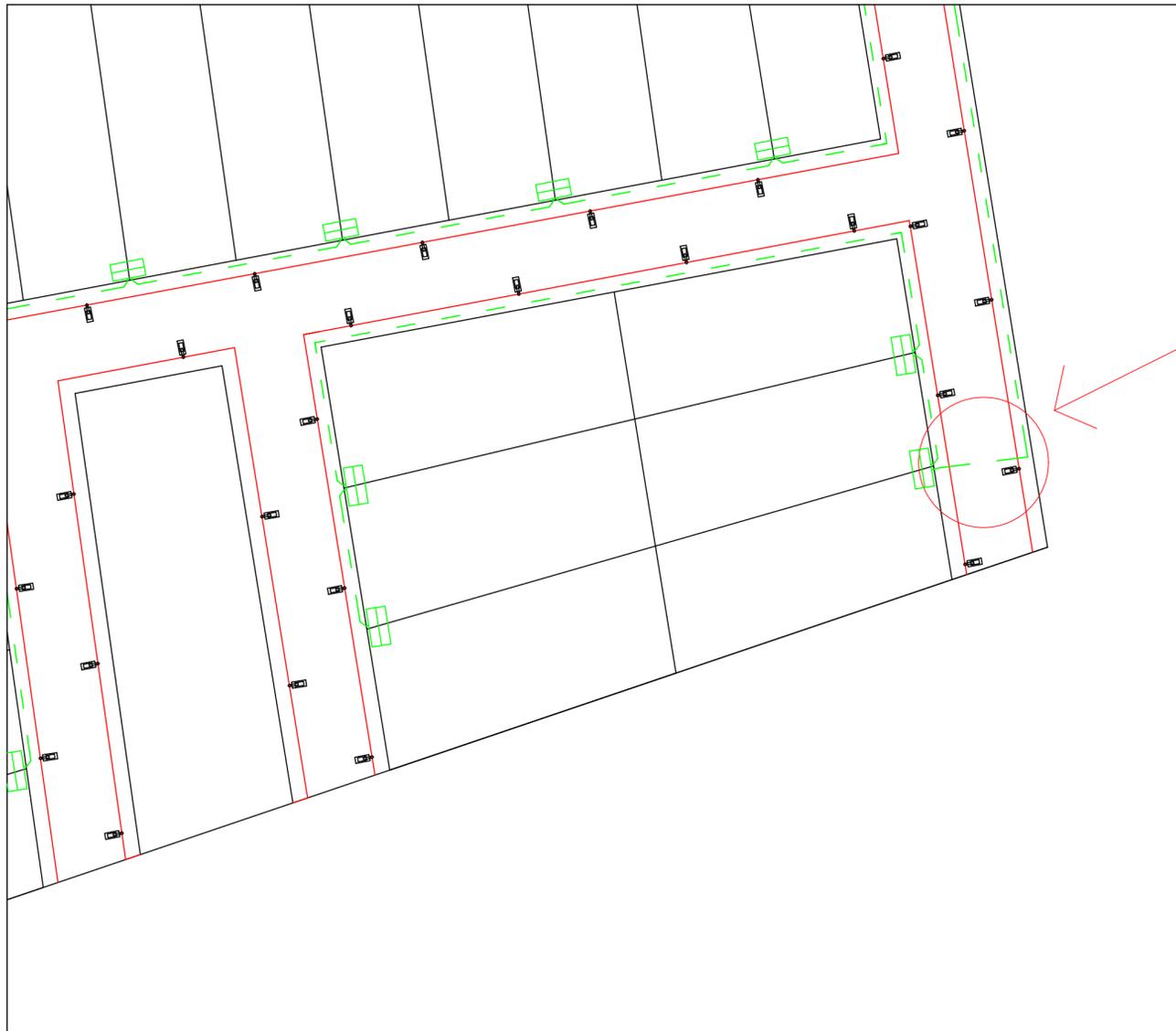
**Escala**

**1/10**

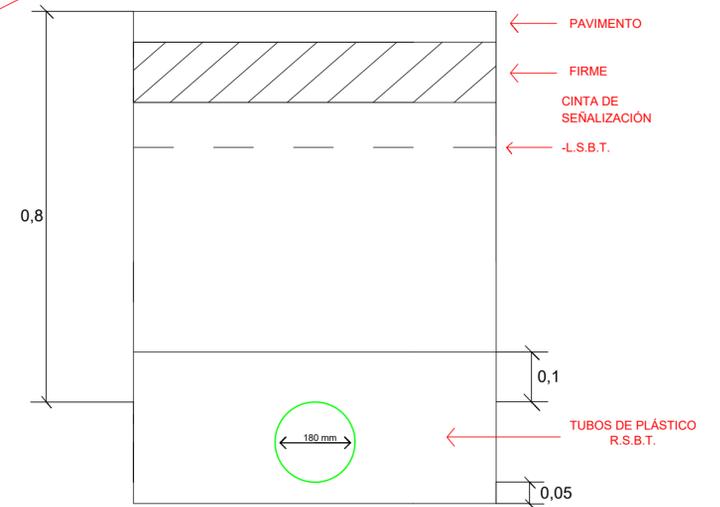
FECHA 22/06/21 N° PÁG 143 PLANO L.S.B.T nº3

NUEVA URBANIZACIÓN 'EL HORNILLO'

Proyecto de línea aérea/subterránea de M.T para alimentar dos Centros de Transformación de 400 kVA suministro eléctrico a 70 viviendas y alumbrado público



**ZANJA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN BAJO CALZADA**



**LEYENDA**

	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE COMPAÑÍA		CAJA DE SECCIONAMIENTO Y CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA		LÍNEA SUBTERRÁNEA M.T
	ALUMBRADO PÚBLICO		RED DE DISTRIBUCIÓN A.P		LÍNEA SUBTERRÁNEA B.T

**Escala**

**1/10**

FECHA	22/06/21	Nº PÁG	144	PLANO L.S.B.T nº4
NUEVA URBANIZACIÓN 'EL HORNILLO'				Proyecto de línea aérea/subterránea de M.T para alimentar dos Centros de Transformación de 400 kVA suministro eléctrico a 70 viviendas y alumbrado público



### 3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

#### 3.1. Objeto

El presente Pliego de Condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de instalación de las líneas subterráneas de Baja Tensión

#### 3.2. Ejecución del trabajo.

El contratista tendrá la responsabilidad de ejecutar los trabajos que deberán realizarse conforme las reglas establecidas.

#### 3.3. Zanjas.

- Trazado.

Las canalizaciones, salvo casos de fuerza mayor, se ejecutarán en terrenos de dominio público, bajo las aceras, evitando ángulos pronunciados.

El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales. Antes de proceder al comienzo de los trabajos, se marcarán, en el pavimento de las aceras, las zonas donde se abrirán las zanjas marcando, tanto su anchura como su longitud y las zonas donde se dejarán puentes para la contención del terreno.

Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en la curva con arreglo a la sección del conductor o conductores que se vayan a canalizar. Antes de proceder a la apertura de zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.

- Apertura de zanjas.

Las zanjas se ejecutarán verticales hasta la profundidad escogida, colocándose entubaciones en los casos en que la naturaleza del terreno lo haga preciso. Se deberá de tener precaución de no tapar con tierra los registros tales como el gas, teléfono, alcantarillas, bocas de incendio, etc. Siempre que sea posible, se dejará un paso de 50 cm entre las tierras extraídas y la zanja, con el fin de facilitar la circulación del personal de la obra y evitar la caída de tierras a la zanja.

- Dimensiones de las zanjas.

Como mínimo, las dimensiones de las zanjas serán las siguientes:

- Bajo acera: Las canalizaciones de Baja Tensión tendrán una profundidad de 60 cm y anchura de 40 cm, en el caso de disponer una sola línea o un solo tubo, si se dispone de más tubos la anchura será mayor.

- Bajo calzada: Las canalizaciones de Baja Tensión tendrán una profundidad de 80 cm y anchura de 40 cm. Al ser el lecho de arena de 10 cm de espesor. Cuando esto no sea posible y la profundidad sea inferior a 0,50 m, deberán protegerse los cables con chapas



de hierro, tubos de fundición y otros dispositivos que aseguren una resistencia mecánica equivalente, siempre de acuerdo con la aprobación del director de la Obra.

- Cruzamientos.

Se deberán cumplir los siguientes requisitos cuando en la apertura de zanjas para el tendido de nuevos cables aparezcan otros servicios:

1º: El encargado de la obra será el encargado de avisar a la empresa propiedad de los servicios externos que aparezcan y deberá tomar las medidas necesarias para dejarlos en perfectas condiciones de forma que no sufran ningún deterioro.

2º: Para evitar que las conexiones como empalmes en derivaciones puedan sufrir, los cables nunca deberán dejarse suspendidos evitando de esta forma que estén en tracción.

3º: Cuando en la proximidad de una canalización existan soportes de líneas aéreas de transporte público, telecomunicación, alumbrado público, etc., el cable se colocará a una distancia mínima de 50 cm de los bordes extremos de los soportes de las fundaciones. Esta distancia pasará a 150 cm cuando el soporte esté sometido a un esfuerzo de vuelcos permanente hacia la zanja.

- Suministro y colocación de protección de arena.

La arena que se utilice para la protección de los cables deberá estar limpia, suelta, áspera, exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas. Si fuera necesario se tamizaría o lavaría hasta tener las condiciones mencionadas. El cable se situará encima del lecho de la zanja que tendrá una capa de 5 cm de espesor de arena. El cable será cubierto por otra capa de 15 cm de arena. Ambas capas de arena, ocuparán la anchura total de la zanja.

- Suministro y colocación de rasilla y ladrillo.

Se colocará una capa protectora de rasillas o ladrillos de 25 cm de anchura por encima de la segunda capa de arena cuando se trata de proteger un sólo cable, y por cada cable añadido, la anchura se incrementará en 12,5 cm. Los ladrillos o rasillas estarán fabricados con barro fino y presentarán caras planas con estrías.

- Señalización de los cables.

Todo cable o conjunto de cables debe estar señalado por una cinta de atención normalizada. Se colocará a la distancia que se indique en los planos de zanjas. Cuando los cables o conjunto de cables de categorías de tensión diferentes estén superpuestos, se colocará una cinta encima de cada uno de ellos.

- Cierre y apisonado de zanjas.

Una vez colocadas las protecciones del cable señaladas anteriormente, se rellenará toda la zanja con tierra de la excavación, los 20 primeros centímetros se apisonarán de forma manual estando exento de piedras y cascotes, y para el resto, es conveniente apisonar mecánicamente. El tapado de las zanjas deberá hacerse por capas sucesivas de 10



centímetros de espesor, las cuales serán regadas, apisonadas y compactadas por medios mecánicos, con el fin de que quede suficientemente consolidado el terreno. El contratista será responsable de los hundimientos que se produzcan por la deficiente realización de esta operación.

### **3.4. Rotura de pavimentos.**

Los pavimentos serán repuestos de acuerdo con las normas y disposiciones dictadas por el propietario de estos. Además de estas disposiciones, se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- La rotura del pavimento deberá hacerse con una tajadora, dejando el corte limpio.
- Las piedras, adoquines, losas, bordillos y otros materiales similares se quitarán con precauciones sin ser dañados para su posterior colocación.

### **3.5. Cruces.**

Los cruces de las canalizaciones se harán en los siguientes casos:

- Cruce de caminos, calles o carreteras con tráfico rodado.
- En los lugares donde lo indica el Proyecto o el director de Obra.
- En las entradas a garajes públicos.
- Los trabajos de cruces, teniendo en cuenta su duración es mayor que los de apertura de zanjas, empezarán antes para tener toda la zanja a la vez dispuesta para el tendido del cable.
- Estos cruces, serán siempre rectos y, en general perpendiculares a la dirección de la calzada, sobresaldrán en la acera hacia el interior, unos 20 cm del bordillo.

### **3.6. Reposición de pavimentos.**

Los pavimentos, serán repuestos de acuerdo con las normas y disposiciones dictadas por el propietario de estos. Deberán lograrse una homogeneidad, de forma que quede el pavimento lo más igualado posible al antiguo, haciendo su reconstrucción con losas nuevas si está compuesto por losas, losetas, etc. En general, serán utilizados materiales nuevos salvo las losas, bordillo y otros similares.

### **3.7. Puesta a tierra.**

El conductor neutro de la red se conectará a tierra en el mismo electrodo de la instalación de puesta a tierra de los herrajes del centro de transformación. El conductor neutro de cada línea se conectará a tierra en los armarios de distribución a lo largo de toda la red. La conexión a tierra de los otros puntos de la red, se realizará mediante picas cilíndricas de 2 m, de material acero-cobre, conectadas con cables desnudos de cobre de 50  $mm^2$ .



### **3.8. Armarios de distribución.**

Tendrán como mínimo una altura de 15 cm sobre el nivel del suelo, dejando los tubos y taladros necesarios para el posterior tendido de los cables.

### **3.9. Recepción de la obra.**

El Técnico director de la obra podrá verificar que los trabajos realizados están de acuerdo con las especificaciones indicadas en este Pliego de Condiciones, ya sea durante la obra o al finalizar la misma. Esta verificación se realizará por cuenta del contratista.

## 4.PRESUPUESTO

### 4.1.Presupuesto unitario

<u>Ud.</u>	<u>Descripción</u>	<u>Precio</u>	<u>Total</u>
<b>1412(m)</b>	Canalización por acera incluyendo tubos de 180 mm y 225 mm(L-4) de diámetro.	59 €	83308 €
<b>72(m)</b>	Canalización en calzada(cruces) Incluyendo tubos .	76 €	5472 €
<b>27</b>	Arquetas marco M2/TAPA T2	173 €	4671 €
<b>1277(m)</b>	Cable y tendido de conductor 0,6/1 kV 3x150 mm <sup>2</sup> +1x95 Aluminio	11 €	14047 €
<b>207(m)</b>	Cable y tendido de conductor 0,6/1 kV 3x240mm <sup>2</sup> +1x150 Aluminio	15,5 €	3208 €
<b>743(m)</b>	Pavimentación, reposición de las baldosas de las aceras y del asfalto(hormigón), por necesidad de acceso a la red.	27 €	20060 €
<b>33</b>	Caja de seccionamiento Esquema-10 y módulo de medida para dos suministros CPM3-D2	380€	12540€
<b>6</b>	Caja de seccionamiento Esquema-10 y módulo de medida para un suministro	340€	2040€

### 4.2.Presupuesto parcial

SUBTOTAL	TOTAL
LSBT	145.346 €

## 5. ANEXO

### 5.1. Cálculo eléctrico líneas subterráneas de Baja Tensión

#### 5.1.1. Cálculo de la sección de las líneas

El cálculo eléctrico de la línea subterránea de Baja Tensión se va a basar en la realización de una serie de cálculos por línea para poder averiguar la sección más conveniente para cada una de las líneas. Sabemos que la intensidad admisible en las secciones en condiciones normales es la siguiente:

Sección mm <sup>2</sup>	Directamente soterrados	En tubular soterrada	Al aire, protegido del sol
Aluminio			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390

Primeramente, se va a proceder a la identificación de los factores de corrección que dependen de los factores donde se va a instalar la línea. Ya que los valores de intensidad admisible de las secciones a elegir están considerados en un entorno 'ideal' por así decirlo y las condiciones de nuestra línea no serán las mismas.

Los factores de corrección a considerar son los siguientes:

- Temperatura del terreno ( $F_T$ ):

El tipo de aislamiento de nuestros conductores es el polietileno reticulado, por ello la temperatura en régimen permanente de nuestro cable será de:

Tipo de aislamiento		Temperatura máxima admisible en el conductor	
		Régimen permanente	Régimen de cortocircuito (máximo 5s de duración)
XLPE	Polietileno reticulado	90 °C	250 °C
EPR	Etileno propileno	90 °C	250 °C
HEPR	Etileno propileno de alto módulo	105 °C	250 °C

En la siguiente tabla, los valores de intensidad máxima están considerados para 25 %, no obstante nosotros utilizaremos un factor de corrección de:

Temperatura máxima del conductor, °C	Temperatura del terreno en cables soterrados, °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78
105	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,83

$$F_T = 1,04$$

- Resistividad del terreno ( $F_R$ ):

Los valores de las intensidades máximas admisibles en las secciones de los conductores están especificados para una resistividad térmica de 1,5 (K·m/W) considerada como terreno arcilloso muy seco, y nuestro terreno tal y como se especificó en el cálculo subterráneo de la línea de M.T está considerado como terreno seco, siendo la resistividad de este de 1 (K·m/W):

Resistividad térmica del terreno (K·m/W)	Naturaleza del terreno y grado de humedad
0,40	Inundado
0,50	Muy húmedo
0,70	Húmedo
0,85	Poco húmedo
1,00	Seco
1,20	Arcilloso muy seco
1,50	Arenoso muy seco
2,00	De piedra arenisca
2,50	De piedra caliza

Por lo tanto el factor de corrección con respecto a la resistividad del terreno es:

Cables instalados en tubos soterrados. Un circuito por tubo							
Sección del conductor mm <sup>2</sup>	Resistividad del terreno						
	0,8 K · m/W	0,9 K · m/W	1 K · m/W	1,5 K · m/W	2 K · m/W	2,5 K · m/W	3 K · m/W
25	1,12	1,10	1,08	1,00	0,93	0,88	0,83
35	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,88	0,83
50	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,83
70	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
95	1,14	1,12	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
120	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
150	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
185	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
240	1,15	1,12	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
300	1,15	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
400	1,16	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81

$$F_R = 1,1$$

- Profundidad de soterramiento ( $F_p$ ):

Conociendo la profundidad de la zanja de 1 metro:

Cables de 0,6/1 kV. Profundidad tipo 0,7 m		
Profundidad, m	Soterrados	En tubular
0,50	1,04	1,03
0,60	1,02	1,01
0,70	1,00	1,00
0,80	0,99	0,99
1,00	0,97	0,97
1,25	0,95	0,96
1,50	0,93	0,95
1,75	0,92	0,94
2,00	0,91	0,93
2,50	0,89	0,91
3,00	0,88	0,90

$$F_p = 0,97$$

- Agrupaciones de cables unipolares

Se va a considerar que se agrupan los cables unipolares en el caso más desfavorable que es cuando salen del Centro de Transformación donde se utilizará la misma zanja para las tres líneas subterráneas.

Circuitos en tubulares soterradas (un circuito trifásico, con neutro, por tubo)					
Tubos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Contacto	Distancias entre tubos en mm			
		200	400	600	800
2	0,87	0,90	0,94	0,96	0,97
3	0,77	0,82	0,87	0,90	0,93
4	0,71	0,77	0,84	0,88	0,91
5	0,67	0,74	0,81	0,86	0,89
6	0,64	0,71	0,79	0,85	0,88
7	0,61	0,69	0,78	0,84	–
8	0,59	0,67	0,77	0,83	–
9	0,57	0,66	0,76	0,82	–
10	0,56	0,65	0,75	–	–

$$F_A = 0,77$$

Con lo que el factor de corrección total queda igual a:

$$F_C = F_T \cdot F_R \cdot F_P = 1,04 \cdot 1,1 \cdot 0,97 \cdot 0,77 = 0,85$$

Se va a proceder al cálculo de la sección de cada línea subterránea, primero de las líneas del primer Centro de Transformación y después las del segundo

- Centro de Transformación nº1 :

### -Línea subterránea 1

La siguiente línea alimentará un total de 10 viviendas y una parte del alumbrado público, quedando la potencia total de la línea de 95,64 kW.

La parte del alumbrado público estará compuesta por 40 luminarias de 91 W

### 1)Intensidad

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} =$$

$$P = 10 \text{ (viviendas)} \cdot 9,2 \text{ kW} + 3,64 = 95,64 \text{ kW}$$

$$V = 400 \text{ V por ser trifásico}$$

$$\cos = 0,9$$

$$I = 153,38 \text{ A}$$

$$I_{max-ad} = \frac{\text{Intensidad}}{\text{Factor de corrección}} = \frac{153,96}{0,85} = 180,45 \text{ A}$$

$$I = 180,45 \text{ A}$$

$$S = 150 \text{ mm}^2 \rightarrow R = 0,206 \text{ } \Omega/\text{km} ; X = 0,075 \text{ } \Omega/\text{km}$$

### 2)Caída de tensión < 5%

La longitud de la línea será de 148 metros

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \text{sen}\varphi) = 10,13 \text{ V}$$

Y en porcentaje:

$$\Delta U\% = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2} (R + X \text{tg}\varphi) = 0,0021\% < 5\%$$

$$L = 148 \text{ metros}$$

**-Línea subterránea 2**

La siguiente línea alimentará un total de 12 viviendas, quedando la potencia total de la línea de 110,4 kW.

**1)Intensidad**

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} =$$

$$P = 12 \text{ (viviendas)} \cdot 9,2 \text{ kW} = 110,4 \text{ kW}$$

$$V = 400 \text{ V por ser trifásico}$$

$$\cos = 0,9$$

$$I = 177,05 \text{ A}$$

$$I_{\text{max-ad}} = \frac{\text{Intensidad}}{\text{Factor de corrección}} = \frac{177,05}{0,85} = 208,3 \text{ A}$$

$$I = 224,74 \text{ A}$$

$$S = 150 \text{ mm}^2 \rightarrow R = 0,206 \text{ } \Omega/\text{km} ; X = 0,075 \text{ } \Omega/\text{km}$$

**2)Caída de tensión < 5%**

La longitud de la línea es de 296 metros, dato esencial para poder calcular la caída de tensión:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi) = 23,29 \text{ V}$$

Y en porcentaje:

$$\Delta U\% = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2} (R + X \tan\varphi) = 0,005 < 5\%$$

**-Línea subterránea 3**

La siguiente línea alimentará un total de 12 viviendas, quedando la potencia total de la línea de 110,4 kW.

**1)Intensidad**

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} =$$

Trabajo Final de Grado

$$P=12 \text{ (viviendas)} \cdot 9,2 \text{ kW}=110,4\text{kW}$$

V=400 V por ser trifásico

$$\text{Cos}=0,9$$

$$I=177,05 \rightarrow$$

$$I_{\text{max-ad}} = \frac{\text{Intensidad}}{\text{Factor de corrección}} = \frac{177,05}{0,85} = 208,3 \text{ A}$$

$$I=224,74 \text{ A}$$

$$S=150\text{mm}^2 \rightarrow R=0,206 \Omega/\text{km} ; X=0,075 \Omega/\text{km}$$

## 2)Caída de tensión < 5%

La longitud de la línea es de 173 metros, dato esencial para poder calcular la caída de tensión:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \text{sen}\varphi) = 13,61 \text{ V}$$

Y en porcentaje:

$$\Delta U\% = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2} (R + X \text{tg}\varphi) = 0,003 < 5\%$$

- Centro de Transformación nº2 :

### -Línea subterránea 4

La siguiente línea alimentará un total de 14 viviendas, quedando la potencia total de la línea de 128,8 kW.

#### 1)Intensidad

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} =$$

$$P= 14 \text{ (viviendas)} \cdot 9,2 \text{ kW}= 128,8 \text{ kW}$$

V=400 V por ser trifásico

$$\text{Cos}=0,9$$



Trabajo Final de Grado

I=206,56 A

$$I_{max-ad} = \frac{\text{Intensidad}}{\text{Factor de corrección}} = \frac{206,56}{0,85} = 243,01 \text{ A}$$

I=243,01 A

S=240mm<sup>2</sup> → R= 0,125 Ω/km ; X=0,070 Ω/km

## 2)Caída de tensión < 5%

La longitud de la línea es de 206,81 metros, dato esencial para poder calcular la caída de tensión:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \text{sen}\varphi) = 12,44 \text{ V}$$

Y en porcentaje:

$$\Delta U\% = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2} (R + X \text{tg}\varphi) = 0,002645 < 5\%$$

## -Línea subterránea 5

La siguiente línea alimentará un total de 12 viviendas, quedando la potencia total de la línea de 110,4 kW.

### 1)Intensidad

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} =$$

P= 12 (viviendas) · 9,2 kW=110,4 kW

V=400 V por ser trifásico

Cos=0,9

I=177,05

$$I_{max-ad} = \frac{\text{Intensidad}}{\text{Factor de corrección}} = \frac{177,05}{0,85} = 208,3 \text{ A}$$

I=224,74 A

S=150mm<sup>2</sup> → R=0,206 Ω/km ; X=0,075 Ω/km

## 2)Caída de tensión < 5%

La longitud de la línea es de 248,2 metros, dato esencial para poder calcular la caída de tensión:

Trabajo Final de Grado

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \operatorname{sen}\varphi) = 19,53 \text{ V}$$

Y en porcentaje:

$$\Delta U\% = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2} (R + X \operatorname{tg}\varphi) = 0,0042 < 5\%$$

### -Línea subterránea 6

La siguiente línea alimentará un total de 10 viviendas más una parte del alumbrado público, quedando la potencia total de la línea de 110,4 kW.

La cantidad de luminarias conectadas a la CGP de esta línea es de 60 luminarias de 91 W cada una, quedando una potencia de las luminarias de 5460 W

#### 1) Intensidad

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} =$$

$$P = 10 \text{ (viviendas)} \cdot 9,2 \text{ kW} + 5,46 = 97,46 \text{ kW}$$

$$V = 400 \text{ V por ser trifásico}$$

$$\cos = 0,9$$

$$I = 156,3 \text{ A}$$

$$I_{\max-ad} = \frac{\text{Intensidad}}{\text{Factor de corrección}} = \frac{156,3}{0,85} = 183,88 \text{ A}$$

$$I = 183,88 \text{ A}$$

$$S = 150 \text{ mm}^2 \rightarrow R = 0,206 \text{ } \Omega/\text{km} ; X = 0,075 \text{ } \Omega/\text{km}$$

#### 2) Caída de tensión < 5%

La longitud de la línea es de 411,84 metros, dato esencial para poder calcular la caída de tensión:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \operatorname{sen}\varphi) = 28,18 \text{ V}$$

Y en porcentaje:

$$\Delta U\% = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2} (R + X \operatorname{tg}\varphi) = 0,006 < 5\%$$

### 5.1.2. Cálculo protecciones Cajas de Protección y Medida

Se va a proceder a realizar el dimensionamiento de las protecciones de los fusibles de las CPM's instaladas que servirán para proteger el suministro y a la línea eléctrica contra sobrecargas y cortocircuitos.

El cálculo se basará en que cumpla dos condiciones y se realizará para cada línea:

- Condición nº1: Relacionada con la intensidad máxima admisible del conductor protegido.
- Condición nº 2: Relacionada con la sobrecarga transitoria que puede soportar el conductor protegido

#### -LÍNEA SUBTERRÁNEA 1

- Condición nº1 :

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

Donde :

**I<sub>b</sub>**: intensidad de diseño calculada en el apartado anterior, sin aplicar los factores de corrección.

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} = 153,38 \text{ A}$$

**I<sub>n</sub>**: corriente nominal del fusible, son los que se muestran en la siguiente tabla

2	4	6	10	16	20	25	35
40	50	63	80	100	125	160	200
250	315	400	425	500	630	800	1000

**I<sub>z</sub>**: corriente máxima admisible del conductor protegido, aplicando los factores de corrección.

$$I_z = 270,6 \text{ A}$$

$$153 \leq 160 \leq 270,6 \quad \leftarrow \text{CUMPLE}$$

- Condición nº2:

$$I_f \leq 1,45 \cdot I_z$$

Donde :

**If** : corriente que garantiza el funcionamiento efectivo de la protección

In(A)	Tiempo Convencional (h)	If
$In \leq 4$	1	$2,1 \cdot In$
$4 < In \leq 16$	1	$1,9 \cdot In$
$16 < In \leq 63$	1	$1,6 \cdot In$
$63 < In \leq 160$	2	$1,6 \cdot In$
$160 < In \leq 400$	3	$1,6 \cdot In$
$400 < In$	4	$1,6 \cdot In$

**Iz**: corriente máxima admisible del conductor protegido, aplicando los factores de corrección.

$$Iz = 270,6 \text{ A}$$

$$1,6 \cdot 160 \leq 1,45 \cdot 270,6$$

$$256 \leq 392,37 < \text{--- SE CUMPLE}$$

**-LÍNEA SUBTERRÁNEA 2**

- Condición nº1 :

$$Ib \leq In \leq Iz$$

Donde :

**Ib**: intensidad de diseño calculada en el apartado anterior, sin aplicar los factores de corrección.

$$Ib = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} = 177,05$$

**In**: corriente nominal del fusible, son los que se muestran en la siguiente tabla

2	4	6	10	16	20	25	35
40	50	63	80	100	125	160	200
250	315	400	425	500	630	800	1000

**Iz**: corriente máxima admisible del conductor protegido, aplicando los factores de corrección.

$$I_z = 270,6 \text{ A}$$

$$177,05 \leq 200 \leq 270,6 \quad \leftarrow \text{-----CUMPLE}$$

- **Condición nº2:**

$$I_f \leq 1,45 \cdot I_z$$

Donde :

**I<sub>f</sub>** : corriente que garantiza el funcionamiento efectivo de la protección

In(A)	Tiempo Convencional (h)	I <sub>f</sub>
<b><math>I_n \leq 4</math></b>	1	2,1·I <sub>n</sub>
<b><math>4 &lt; I_n \leq 16</math></b>	1	1,9·I <sub>n</sub>
<b><math>16 &lt; I_n \leq 63</math></b>	1	1,6·I <sub>n</sub>
<b><math>63 &lt; I_n \leq 160</math></b>	2	1,6·I <sub>n</sub>
<b><math>160 &lt; I_n \leq 400</math></b>	3	1,6·I <sub>n</sub>
<b><math>400 &lt; I_n</math></b>	4	1,6·I <sub>n</sub>

**I<sub>z</sub>**: corriente máxima admisible del conductor protegido, aplicando los factores de corrección.

$$I_z = 270,6 \text{ A}$$

$$1,6 \cdot 200 \leq 1,45 \cdot 270,6$$

$$320 \leq 392,37 \quad \leftarrow \text{----- SE CUMPLE}$$

### -LÍNEA SUBTERRÁNEA 3

- **Condición nº1 :**

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

Donde :

**I<sub>b</sub>**: intensidad de diseño calculada en el apartado anterior, sin aplicar los factores de corrección.

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} =$$

**I<sub>n</sub>**: corriente nominal del fusible, son los que se muestran en la siguiente tabla



Trabajo Final de Grado

2	4	6	10	16	20	25	35
40	50	63	80	100	125	160	200
250	315	400	425	500	630	800	1000

$I_z$ : corriente máxima admisible del conductor protegido, aplicando los factores de corrección.

$$I_z = 270,6 \text{ A}$$

$$177,05 \leq 200 \leq 270,6 \quad \text{<-----CUMPLE}$$

Condición nº2:

$$I_f \leq 1,45 \cdot I_z$$

Donde :

$I_f$  : corriente que garantiza el funcionamiento efectivo de la protección

$I_n(A)$	Tiempo Convencional (h)	$I_f$
$I_n \leq 4$	1	$2,1 \cdot I_n$
$4 < I_n \leq 16$	1	$1,9 \cdot I_n$
$16 < I_n \leq 63$	1	$1,6 \cdot I_n$
$63 < I_n \leq 160$	2	$1,6 \cdot I_n$
$160 < I_n \leq 400$	3	$1,6 \cdot I_n$
$400 < I_n$	4	$1,6 \cdot I_n$

$I_z$ : corriente máxima admisible del conductor protegido, aplicando los factores de corrección.

$$I_z = 270,6 \text{ A}$$

$$1,6 \cdot 200 \leq 1,45 \cdot 270,6$$

$$320 \leq 392,37 \quad \text{<----- SE CUMPLE}$$

-LÍNEA SUBTERRÁNEA 4

▪ Condición nº1 :

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

Donde :



Trabajo Final de Grado

**I<sub>b</sub>**: intensidad de diseño calculada en el apartado anterior, sin aplicar los factores de corrección.

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} = 206,56$$

**I<sub>n</sub>**: corriente nominal del fusible, son los que se muestran en la siguiente tabla

2	4	6	10	16	20	25	35
40	50	63	80	100	125	160	200
250	315	400	425	500	630	800	1000

**I<sub>z</sub>**: corriente máxima admisible del conductor protegido, aplicando los factores de corrección.

$$I_z = 350 \text{ A}$$

$$206,56 \leq 250 \leq 350 \quad \leftarrow \text{CUMPLE}$$

▪ Condición nº2:

$$I_f \leq 1,45 \cdot I_z$$

Donde :

**I<sub>f</sub>** : corriente que garantiza el funcionamiento efectivo de la protección

<b>I<sub>n</sub>(A)</b>	Tiempo Convencional (h)	<b>I<sub>f</sub></b>
<b><math>I_n \leq 4</math></b>	1	2,1·I <sub>n</sub>
<b><math>4 &lt; I_n \leq 16</math></b>	1	1,9·I <sub>n</sub>
<b><math>16 &lt; I_n \leq 63</math></b>	1	1,6·I <sub>n</sub>
<b><math>63 &lt; I_n \leq 160</math></b>	2	1,6·I <sub>n</sub>
<b><math>160 &lt; I_n \leq 400</math></b>	3	1,6·I <sub>n</sub>
<b><math>400 &lt; I_n</math></b>	4	1,6·I <sub>n</sub>

**I<sub>z</sub>**: corriente máxima admisible del conductor protegido, aplicando los factores de corrección.

$$I_z = 270,6 \text{ A}$$

$$1,6 \cdot 250 \leq 1,45 \cdot 350$$

$$400 \leq 500 \quad \leftarrow \text{SE CUMPLE}$$

**-LÍNEA SUBTERRÁNEA 5**

- Condición nº1 :

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

Donde :

**I<sub>b</sub>**: intensidad de diseño calculada en el apartado anterior, sin aplicar los factores de corrección.

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} =$$

**I<sub>n</sub>**: corriente nominal del fusible, son los que se muestran en la siguiente tabla

2	4	6	10	16	20	25	35
40	50	63	80	100	125	160	200
250	315	400	425	500	630	800	1000

**I<sub>z</sub>**: corriente máxima admisible del conductor protegido, aplicando los factores de corrección.

$$I_z = 270,6 \text{ A}$$

$$177,05 \leq 200 \leq 270,6 \quad \leftarrow \text{CUMPLE}$$

Condición nº2:

$$I_f \leq 1,45 \cdot I_z$$

Donde :

**I<sub>f</sub>** : corriente que garantiza el funcionamiento efectivo de la protección

I <sub>n</sub> (A)	Tiempo Convencional (h)	I <sub>f</sub>
<b><math>I_n \leq 4</math></b>	1	2,1·I <sub>n</sub>
<b><math>4 &lt; I_n \leq 16</math></b>	1	1,9·I <sub>n</sub>
<b><math>16 &lt; I_n \leq 63</math></b>	1	1,6·I <sub>n</sub>
<b><math>63 &lt; I_n \leq 160</math></b>	2	1,6·I <sub>n</sub>
<b><math>160 &lt; I_n \leq 400</math></b>	3	1,6·I <sub>n</sub>
<b><math>400 &lt; I_n</math></b>	4	1,6·I <sub>n</sub>



Trabajo Final de Grado

**Iz:** corriente máxima admisible del conductor protegido, aplicando los factores de corrección.

$$I_z = 270,6 \text{ A}$$

$$1,6 \cdot 200 \leq 1,45 \cdot 270,6$$

$$320 \leq 392,37 < \text{-----} \text{ SE CUMPLE}$$

### -LÍNEA SUBTERRÁNEA 6

- **Condición nº1 :**

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

Donde :

**Ib:** intensidad de diseño calculada en el apartado anterior, sin aplicar los factores de corrección.

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi} = 156,3$$

**In:** corriente nominal del fusible, son los que se muestran en la siguiente tabla

2	4	6	10	16	20	25	35
40	50	63	80	100	125	160	200
250	315	400	425	500	630	800	1000

**Iz:** corriente máxima admisible del conductor protegido, aplicando los factores de corrección.

$$I_z = 270,6 \text{ A}$$

$$156,3 \leq 160 \leq 270,6 < \text{-----} \text{ CUMPLE}$$

- **Condición nº2:**

$$I_f \leq 1,45 \cdot I_z$$



Trabajo Final de Grado

Donde :

**If** : corriente que garantiza el funcionamiento efectivo de la protección

In(A)	Tiempo Convencional (h)	If
<b><math>In \leq 4</math></b>	1	$2,1 \cdot In$
<b><math>4 &lt; In \leq 16</math></b>	1	$1,9 \cdot In$
<b><math>16 &lt; In \leq 63</math></b>	1	$1,6 \cdot In$
<b><math>63 &lt; In \leq 160</math></b>	2	$1,6 \cdot In$
<b><math>160 &lt; In \leq 400</math></b>	3	$1,6 \cdot In$
<b><math>400 &lt; In</math></b>	4	$1,6 \cdot In$

**Iz**: corriente máxima admisible del conductor protegido, aplicando los factores de corrección.

$$Iz = 270,6 \text{ A}$$

$$1,6 \cdot 160 \leq 1,45 \cdot 270,6$$

$$256 \leq 392,37 < \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{SE CUMPLE}$$

---

PROYECTO DE LÍNEA AÉREA Y  
SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN PARA  
ALIMENTAR DOS CENTROS DE  
TRANSFORMACIÓN DE 400 KVA PARA  
SUMINISTRO ELÉCTRICO A 70 VIVIENDAS  
UNIFAMILIARES Y ALUMBRADO PÚBLICO

---

TRABAJO FINAL DE GRADO

10.ALUMBRADO PÚBLICO EXTERIOR



1.MEMORIA.....	168
1.1.Redes subterráneas de distribución.....	168
1.2. Cuadros de protección, medida y control.....	168
2.PLANOS.....	170
2.1.Plano red de alumbrado nº1.....	171
2.2.Plano red de alumbrado nº2.....	172
2.3. Plano red de alumbrado nº3.....	173
2.4. Plano red de alumbrado nº4.....	174
3.PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.....	175
3.1.Objeto.....	175
3.2.Materiales.....	175
3.3.Zanjas.....	177
3.4.Canalizaciones de cables subterráneos.....	178
3.5.Conexión de los puntos de luz a la red de alumbrado.....	178
3.6.Ensayo de la red de alumbrado exterior público.....	178
4.PRESUPUESTO.....	179
5.ANEXO.....	180
5.1.DIALUX Calles.....	181
5.2.DIALUX Parque.....	202

## 1.MEMORIA

La luminaria elegida para el alumbrado público de la urbanización es de tipo LED de 90 W de la marca AOK, se han instalado 100 luminarias de este tipo necesarias para suministrar los lúmenes necesarios a las aceras y las calzadas además de la zona de parque de la urbanización, estarán separadas entre si unos 22 metros entre luminarias de la misma acera y a una distancia menor en el caso del alumbrado del parque, admitiéndose una distancia menor en el caso de cruces, tal y como se indica en el Anexo, diseñado mediante el programa Dialux.

Los soportes de las luminarias se ajustarán a la normativa actual, y estarán compuestos por materiales que resistan los esfuerzos mecánicos como fundición de hierro y no se permitirá la entrada del agua de la lluvia. Estos soportes contienen una abertura para manipular los elementos de protección y de maniobra y están situados a 0,3 metros de la acera.

Las luminarias son de clase II, la protección de estas frente a contactos directos e indirectos se realizará conectando las partes metálicas accesibles de los soportes a tierra, unidas equipotencialmente entre soportes.

### 1.1. Redes subterráneas de distribución del alumbrado

Las líneas subterráneas de Baja Tensión diseñadas alimentarán una o varias CGP's destinadas a alimentar el suministro público del alumbrado exterior, estas acometidas se realizarán mediante entrada y salida de la línea de Baja Tensión.

Las redes subterráneas de distribución del alumbrado saldrán desde la Caja de Protección y Medida , y se emplearan los mismos sistemas y materiales de las líneas subterráneas diseñadas anteriormente, pero estos tubos irán enterrados a una distancias de 0,5 metros del nivel del suelo en caso de trascurrir por calzada y de 0,4 metros en caso de trascurrir por acera y se dispondrá de otra cinta distinta de señalización que advierta de la existencia de cables del alumbrado pública, la cinta a una distancia de 0,25 metros del nivel del suelo y a 0,25 metros por encima del tubo.

Los tubos serán de 63 milímetros de diámetro y el conductor elegido será el RZ1 de 10 milímetros cuadrados de sección.

### 1.2. Cuadros de protección y control

Las redes subterráneas del alumbrado público partirán desde estos cuadros de protección y de control, alimentados directamente desde las CGP(CS y CPM), donde serán instalado los contadores del alumbrado público, en los cuales se realizará la medida de la potencia, y sus fusibles.



## Trabajo Final de Grado

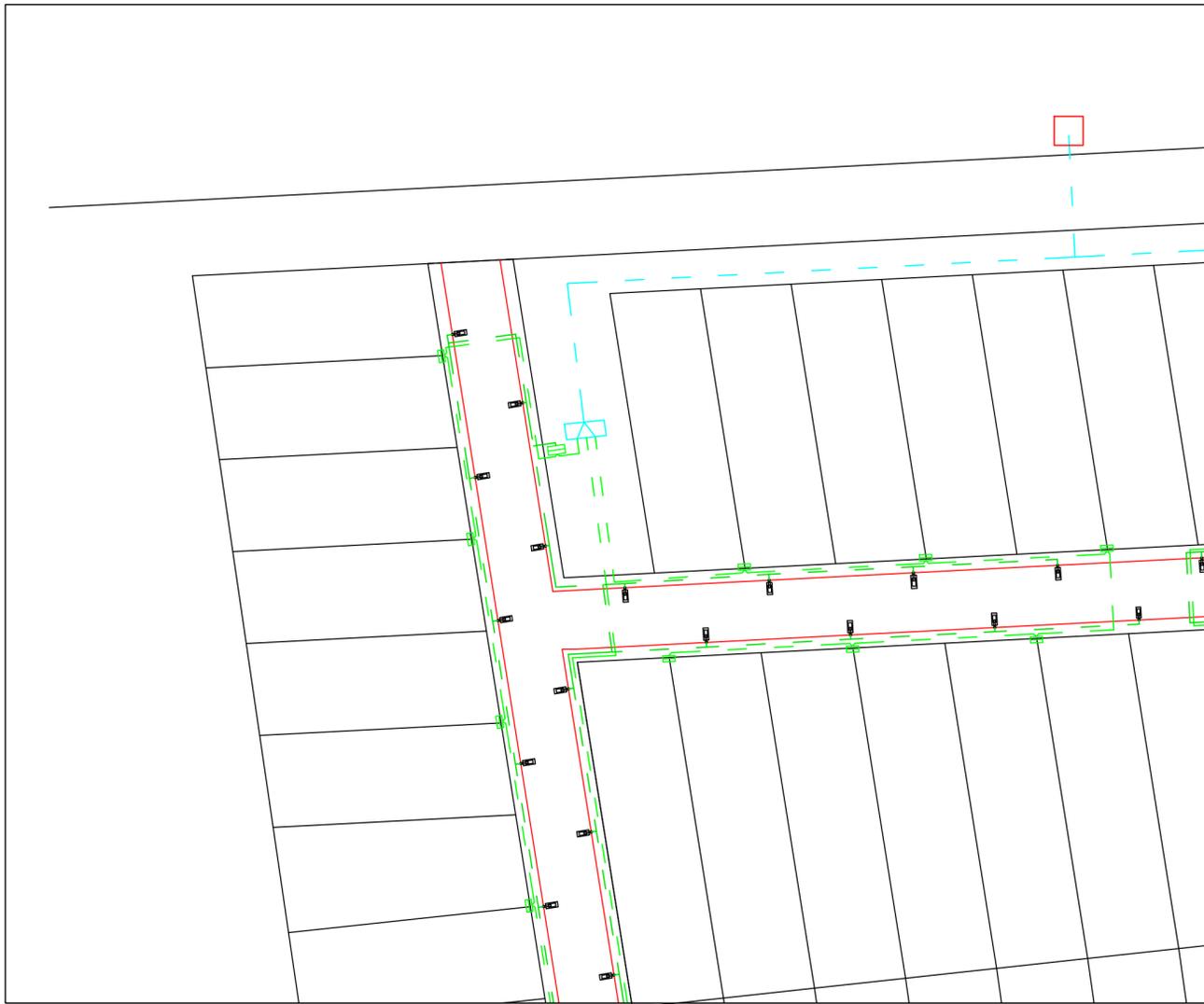
La función de estos cuadros es proteger las líneas y con ello las luminarias frente a sobreintensidades, corrientes de defecto a tierra o sobretensiones, instalando interruptores diferenciales de corte máximo de 300 mA con resistencia de puesta a tierra de 5  $\Omega$ .

Los armarios que se disponen para almacenar estos cuadros proporcionarán una protección mínima de IP 55 e IK 10, estando conectadas a tierra las partes metálicas del cuadro, y solamente será accesible al armario el personal autorizado, instalando un sistema de cierre excepcional.

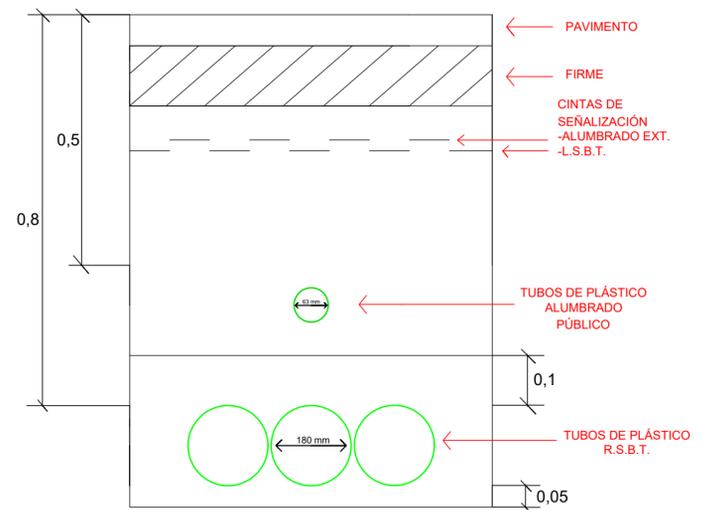
El cuadro dispone de un sistema de control, que dictará cuando se encienden las luminarias y cuando se apagan, dependiendo del horario y de la época del año en que estemos.



## 2.PLANOS



**ZANJA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO EN CALZADA**



**LEYENDA**

	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE COMPAÑÍA		CAJA DE SECCIONAMIENTO Y CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA		LÍNEA SUBTERRÁNEA M.T
	ALUMBRADO PÚBLICO		RED DE DISTRIBUCIÓN A.P		LÍNEA SUBTERRÁNEA B.T
	POSTE PROYECTADO M.T				

**Escala**

**1/10**

FECHA

22/06/21

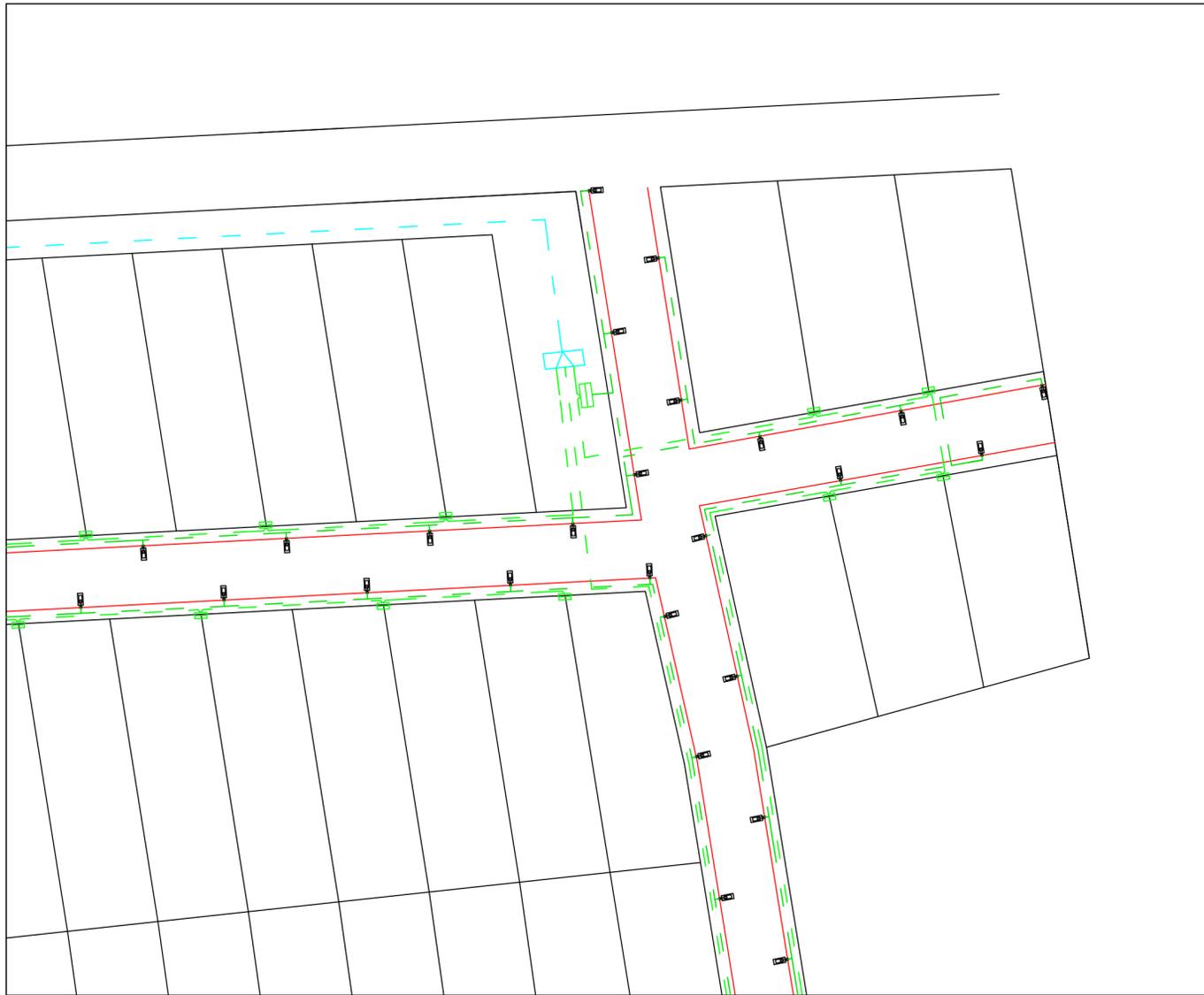
Nº PÁG

171

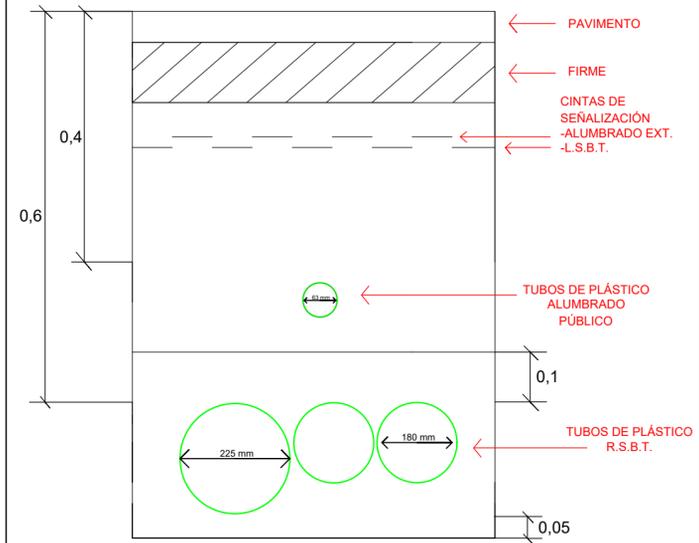
PLANO A.P.E nº1

NUEVA URBANIZACIÓN 'EL HORNILLO'

Proyecto de línea aérea/subterránea de M.T para alimentar dos Centros de Transformación de 400 kVA suministro eléctrico a 70 viviendas y alumbrado público



**ZANJA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO BAJO ACERA**



**LEYENDA**

	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE COMPAÑÍA		CAJA DE SECCIONAMIENTO Y CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA		LÍNEA SUBTERRÁNEA M.T
	ALUMBRADO PÚBLICO		RED DE DISTRIBUCIÓN A.P		LÍNEA SUBTERRÁNEA B.T
	POSTE PROYECTADO M.T				

**Escala**

**1/10**

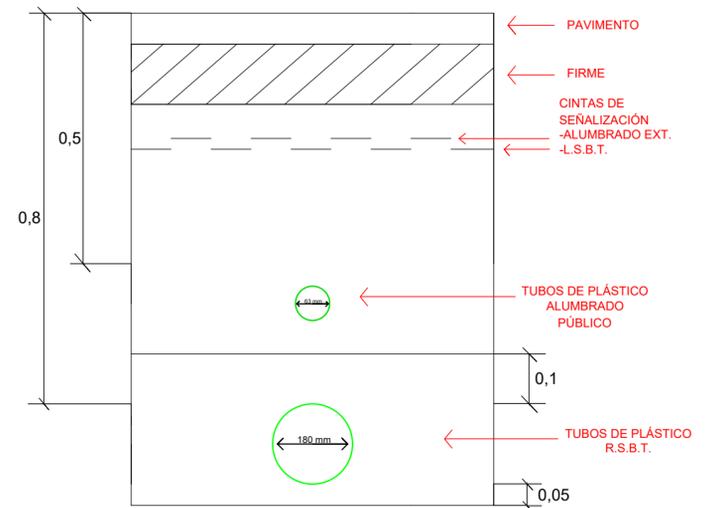
FECHA 22/06/21 N° PÁG 172 PLANO A.P.E n°2

NUEVA URBANIZACIÓN 'EL HORNILLO'

Proyecto de línea aérea/subterránea de M.T para alimentar dos Centros de Transformación de 400 kVA suministro eléctrico a 70 viviendas y alumbrado público



**ZANJA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO EN CALZADA**



**LEYENDA**

	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE COMPAÑÍA		CAJA DE SECCIONAMIENTO Y CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA		LÍNEA SUBTERRÁNEA M.T
	ALUMBRADO PÚBLICO		RED DE DISTRIBUCIÓN A.P		LÍNEA SUBTERRÁNEA B.T

**Escala**

**1/10**

FECHA

22/06/21

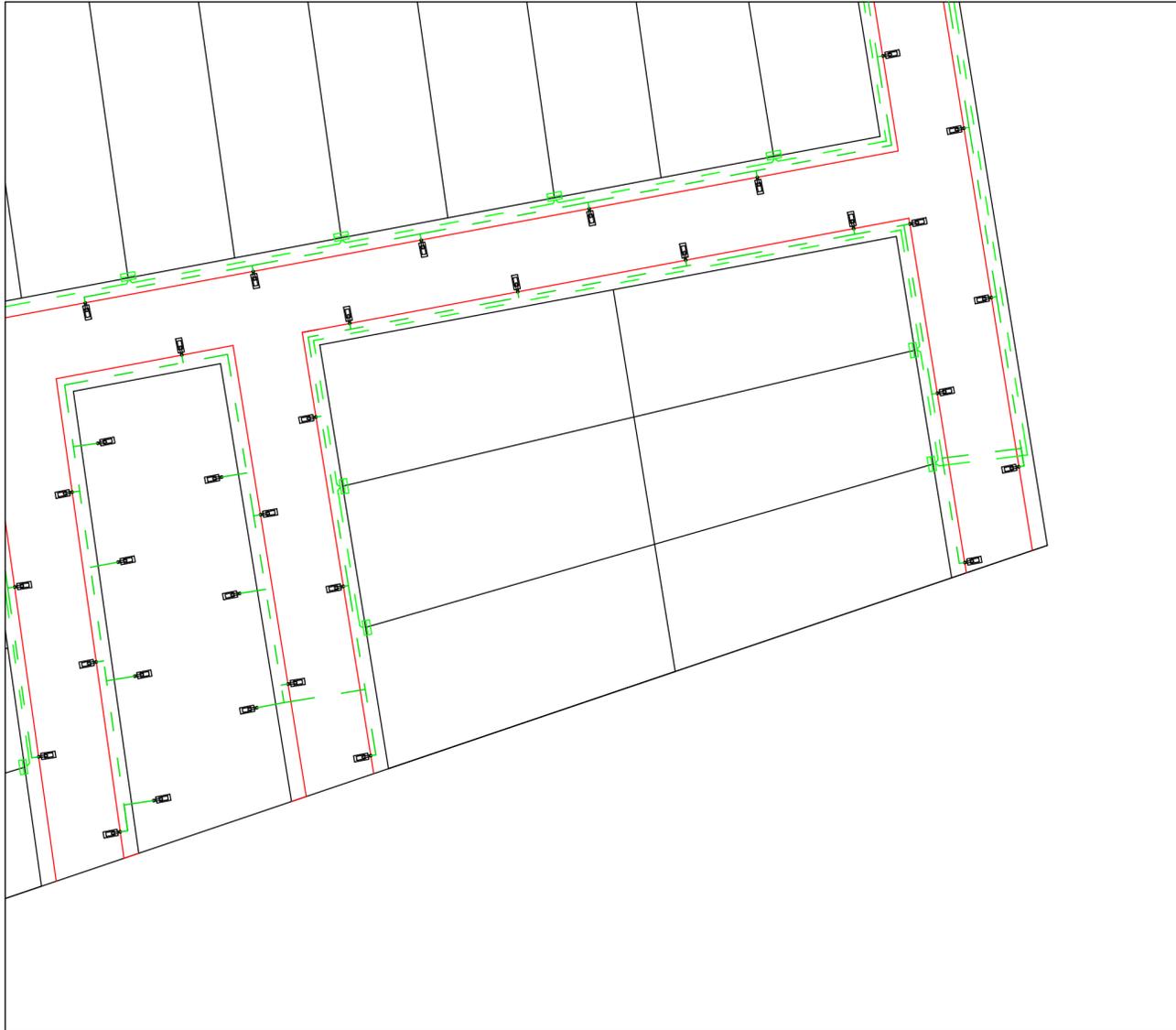
Nº PÁG

173

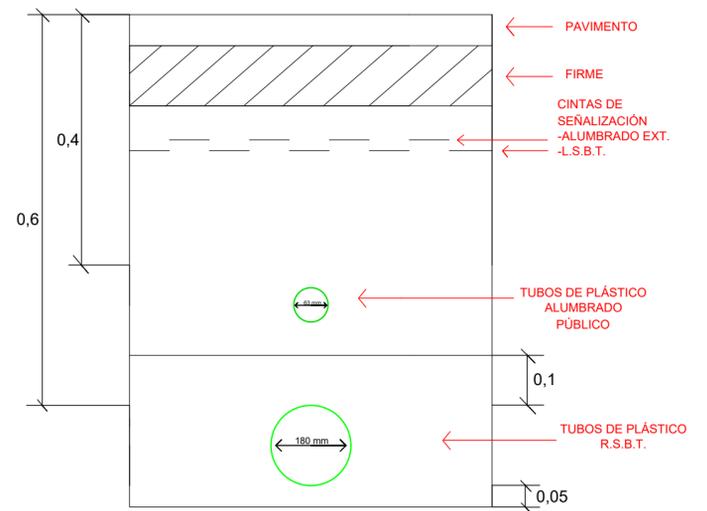
PLANO A.P.E nº3

NUEVA URBANIZACIÓN 'EL HORNILLO'

Proyecto de línea aérea/subterránea de M.T para alimentar dos Centros de Transformación de 400 kVA suministro eléctrico a 70 viviendas y alumbrado público



**ZANJA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO BAJO ACERA**



**LEYENDA**

	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE COMPAÑÍA		CAJA DE SECCIONAMIENTO Y CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA		LÍNEA SUBTERRÁNEA M.T
	ALUMBRADO PÚBLICO		RED DE DISTRIBUCIÓN A.P		LÍNEA SUBTERRÁNEA B.T

**Escala**

**1/10**

FECHA	22/06/21	Nº PÁG	174	PLANO A.P.E nº4
NUEVA URBANIZACIÓN 'EL HORNILLO'				Proyecto de línea aérea/subterránea de M.T para alimentar dos Centros de Transformación de 400 kVA suministro eléctrico a 70 viviendas y alumbrado público



### 3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

#### 3.1. Objeto.

Las condiciones técnicas determinan las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de la instalación de la red de Alumbrado Exterior Público.

Las obras a realizar se ajustarán a la normativa de aplicación especificada en esta Memoria. Serán llevadas a cabo por el contratista bajo vigilancia y supervisión del personal técnico, de la compañía eléctrica suministradora y del Técnico director.

#### 3.2. Materiales.

- Condiciones de recepción.

Todos los materiales que se empleen, especificados o no en este Pliego de Condiciones, deberán ser de primera calidad. Antes de comenzar los trabajos, el Contratista estará obligado a presentar al Dirección técnica todos los datos; catálogos, cartas, muestras o informes que por éste le sean solicitados con objeto de poder comprobar la calidad de los referidos materiales y observar si cumplen las condiciones especificadas en este Pliego.

Este control previo no constituye su recepción definitiva, pudiendo ser rechazados por la Dirección Técnica. Aún después de colocados, si no cumplen con las condiciones exigidas en este Pliego de Condiciones, serán reemplazados por otros que cumplan las calidades exigidas.

- Conductores.

Los conductores tendrán las características que se especifican en la Memoria.

Todos los cables serán multipolares con conductores de cobre de  $10 \text{ mm}^2$  de sección y tensión asignada de 0.6/1 KV.

El contratista informará por escrito a la Dirección Técnica, el nombre del fabricante de los conductores y le enviará una muestra de estos. Si el fabricante no reuniese la suficiente garantía a juicio de la Dirección Técnica, antes de instalar los conductores se comprobarán las características de éstos en un Laboratorio Oficial. Las pruebas se reducirán al cumplimiento de las condiciones anteriormente expuestas.

- Lámparas.

Serán de marca conocida y se utilizarán el tipo y potencia de lámparas especificadas en la Memoria.

- Reactancias y condensadores

Solo se admitirán reactancias y condensadores suministradas por fábricas conocidas y serán de conocida calidad. Sus características de funcionamiento y fabricación deberán ajustarse a las siguientes condiciones:

Llevarán inscripciones en las que se indique:



## Trabajo Final de Grado

- El nombre o marca del fabricante.
- Tensión o tensiones nominales en voltios.
- Intensidad nominal (A).
- La frecuencia (Hz).
- El factor de potencia.
- Potencia nominal de la lámpara. La reactancia no suministrará una corriente no superior al 5%, ni inferior al 10% de la nominal de la lámpara. La capacidad del condensador debe quedar dentro de las tolerancias indicadas en las placas de características.

- Soportes.

Los báculos y columnas tendrán las características especificadas en la Memoria.

- Cuadro de regulación.

Todos los elementos serán de acreditadas marcas y suministrados por firmas de reconocida solvencia. De acuerdo con el proyecto, los distintos aparatos deberán reunir y satisfacer las condiciones que se exigen en los aparatos siguientes:

- Los circuitos: serán fabricados con materiales de reconocida calidad que sean suministrados por casa de reconocida solvencia.
- Las bases estarán constituidas de forma que los cartuchos sean fácilmente intercambiables y dispuestos de tal forma que su reposición no presente peligro alguno, incluso cuando la línea esté en servicio.
- Las cuchillas de los fusibles serán de alto poder de ruptura y calibrados de acuerdo con la carga que hayan de soportar.
- Por último serán de aplicación las cláusulas que a este respecto establece el Reglamento Electrotécnico de B.T.

- Luminarias.

Las luminarias serán del tipo AOK modelo de 91 W.

- Caja general de protección.

Es la caja que aloja los elementos de protección de la línea repartidora. Dentro de la caja se instalará cortocircuitos fusibles en todos los conductores de fase, con poder de corte por lo menos igual a la corriente de cortocircuito, dispondrá de un borne de conexión para el conductor neutro y por otro lado también contará de un borne de conexión a tierra en caso de que esta sea metálica. Las características técnicas son las siguientes:

- Modelo CGP E-10



- Equipada con base de cortocircuito tipo BUC que admiten ...
- Neutro seccionable con todos los esquemas normalizados.
- Admiten conductores de hasta  $25 \text{ mm}^2$  de sección de cobre o aluminio.
  - Interruptor horario.

El interruptor que se instalará será de primeras marcas de prestigio conocido. Es un programador electrónico digital automático del encendido y apagado del alumbrado público, dispone de un circuito secundario independiente que se puede programar para producir una reducción del flujo. También tendrá un cambio automático de invierno a verano, con gran reserva de marcha, máxima presión, estará protegido según normas, la tensión nominal será de 120 / 230 V A.C, frecuencia de 50Hz, la precisión de marcha 1 sg / día entre 20 y 30 °C, la exactitud de maniobra de 1 segundo, consumo propio de 3 VA y una vida a plena carga de 150000 maniobras.

- Protección de bajantes.

En los puntos de entrada de los cables al interior de los soportes, los cables tendrán una protección suplementaria de material aislante, mediante la prolongación del tubo de PVC de los diámetros especificados en el proyecto.

### 3.3. Zanjas.

Tendrán las dimensiones que se indican en los planos correspondientes, y solo se podrán variar con el consentimiento de la Dirección Técnica.

Su excavación se llevará a cabo cuando se vaya a proceder al tendido de cables. Se procederá al limpiado del fondo y se retirarán todas las piezas que puedan considerarse como puntiagudas o cortantes. El conductor estará constituido por 4 cables (3 fases y neutro) más el hilo de mando para reactancia de doble nivel de potencia de sección correspondiente de cobre que se introducirá en un tubo protector de PVC flexible duro. La zanja tendrá una profundidad mínima de 40 cm y un ancho de 40 cm, donde se tenderá el conductor aislado de 1000 V de tensión. Bajo aceras se realizará un relleno de 10 cm de arena de río para el asiento del tubo y a continuación se colocará un relleno de tierra con tongadas apisonado hasta una altura de 40 cm.

Bajo cruces de calzadas se verterá una capa de hormigón en masa de  $100 \text{ Kg/cm}^2$  de 10 cm de espesor para el asiento del cable. Una vez colocado el tubo se terminará de llenar hasta una altura de 35 cm.

Se situarán pozos de escape a lo largo de la canalización para evitar posibles acumulaciones de agua o de gas. Se colocarán arquetas en todos los cambios de dirección de los tubos o en las derivaciones de las líneas de alumbrado.

Esta zanja será compartida con la red subterránea de baja tensión en gran parte del trazado situándose el tubo de la red de alumbrado 12 centímetros por encima de los tubos de la red subterránea de baja tensión.



### **3.4. Canalizaciones de cables subterráneos.**

En el tendido de cables, se evitarán torceduras de estos o todo aquello que pudiera dañarlos. En los circuitos de alumbrado los empalmes solo se realizarán mediante cajas de derivación.

### **3.5. Conexión de los puntos de luz a la red de alumbrado.**

La red de alumbrado público será subterránea e irá conectándose a cada uno de los báculos del circuito; estas conexiones se realizarán mediante regletas en el interior de estas donde se colocarán además fusibles de protección alojados en las mismas.

### **3.6. Ensayo de la red de alumbrado exterior público.**

A continuación, se nombrarán los ensayos mínimos a realizar para la red de alumbrado exterior público:

- Caída de tensión desde el centro de mando hasta los extremos de los diversos ramales que se realizará con todos los puntos encendidos sin que se permita una caída de tensión superior al 3% de la tensión nominal.
- Para cada uno de los conductores activos aislados se realizarán medidas del aislamiento.
- El ensayo de aislamiento consiste en mantener la instalación durante 100 horas de funcionamiento, si el resultado es correcto, se dará paso a la instalación normal de tensión de servicio.
- Identificación de fases y neutro mediante colores distintos.
- La comprobación del nivel de alumbrado se realizará transcurridos 30 días de funcionamiento. A los doce meses de la recepción provisional, se medirá de nuevo el nivel medio de alumbrado, y en ningún caso rebajará al treinta por ciento (30%) de la medición que se realizó a los treinta (30) días de media.
- Comprobación de las protecciones contra sobretensiones y cortocircuitos; se comprobará que la intensidad nominal de los diversos fusibles será igual o inferior al valor de la intensidad máxima de servicio del conductor protegido.

## 4.PRESUPUESTO

### 4.1. Presupuesto unitario

<u>Ud.</u>	<u>Descripción</u>	<u>Precio</u>	<u>Total</u>
100	Luminaria AOK-90WiK T201 LED incluidos los báculos, brazos y mástil, y P.A.T de los contactos directos e indirectos.	210 €	21.000€
1938	Conductor de Cu de la red subterránea de alumbrado público exterior de 10 mm <sup>2</sup> 0,6/1 kV-RZ1-K(clase 5 de alta seguridad aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de compuesto termoplástico.	2,17 €	4205,5€
454(m)	Canalización ajena a la que se compartía con la red subterránea de B.T.	46 €	20884 €
2	Cuadros de protección y control de alumbrado público, constituye una caja de superficie de dimensiones 800x250x1000 mm; 1 IGA tetrapolar de 40 A;1 contactor;2 IAM ;2 ID para los circuitos de protección y 1 IAM ;1 ID y 1 interruptor horario programable para el circuito de control.	1651,61 €	3303,22€

### 4.2. Presupuesto parcial

<b>SUBTOTAL</b>	<b>TOTAL</b>
<b>ALUMBRADO</b>	<b>49.392,72 €</b>

## 5. ANEXO

### 5.1. Instalación del alumbrado público

Para saber la cantidad de luminarias y las distancias que debe haber entre estas se ha utilizado el programa Dialux, el estudio con el programa se ha realizado considerando que la clase de iluminación de las aceras es P1, según 'Instrucción Técnica Complementaria EA – 02':

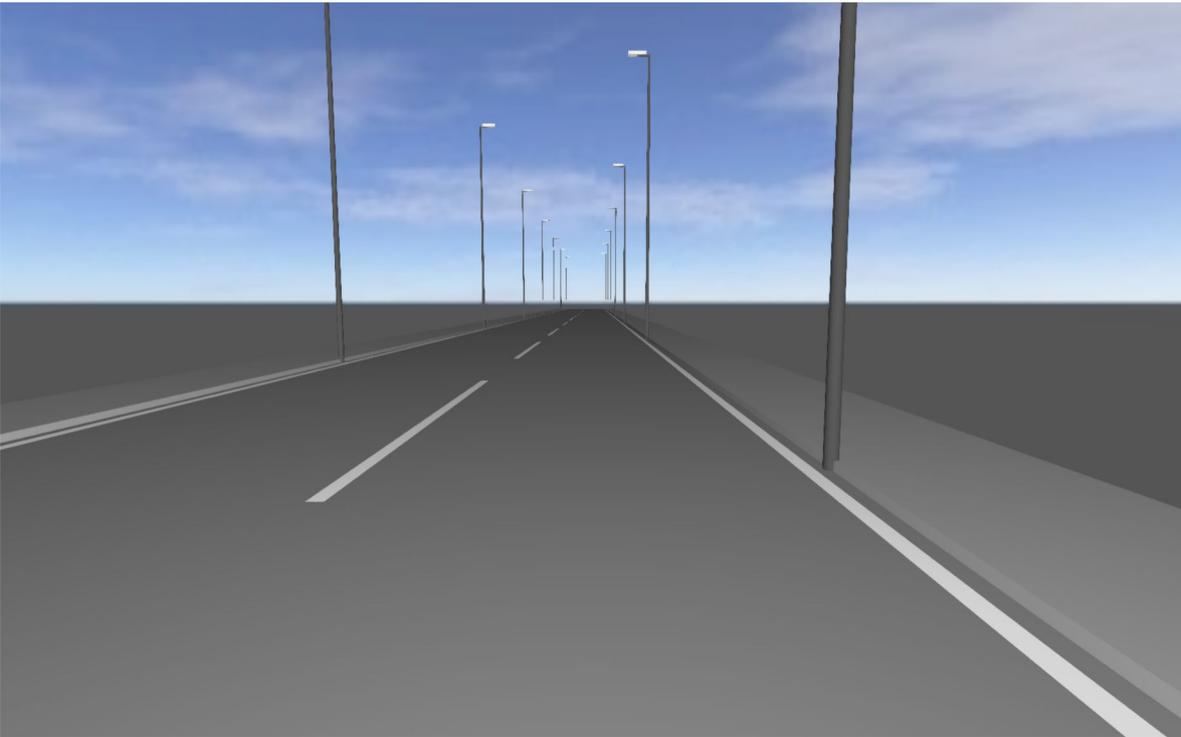
Clase de iluminación	Iluminancia Horizontal (luxes)	
	Valor promedio	Valor mínimo
<b>P1</b>	20,0	7,5
<b>P2</b>	10,0	3,0
<b>P3</b>	7,5	1,5
<b>P4</b>	5,0	1,0
<b>P5</b>	3,0	0,6
<b>P6</b>	1,5	0,2
<b>P7</b>	No aplica	No aplica

Y para la calzada la clase de iluminación es M3, ya que la velocidad de la calzada esta estimada en 40 km/h, 'Instrucción Técnica Complementaria EA – 02':

Clase de Iluminación	Descripción vía	Velocidad de circulación (km/h)		Tránsito de vehículos T (Veh/h)	
		Extra alta	V>80	Muy importante	T>1000
M1	Autopistas y carreteras	Alta	60<V<80	Importante	500<T<1000
M2	Vías de acceso controlado y vías rápidas.	Media	30<V<60	Media	250<T<500
M3	Vías principales y ejes viales.	Reducida	V<30	Reducida	100<T<250
M4	Vías secundarias	Muy reducida	Al paso	Muy reducida	T<100

También se ha realizado el estudio para una zona común de la urbanización que es un pequeño parque con bancos y árboles, con la instalación de 7 luminarias de prestaciones iguales a las de la calle.

Por lo tanto, el diseño realizado es el siguiente:



## DISPOSICIÓN ALUMBRADO PÚBLICO

Disposición de luminarias en una calle.

## Contenido

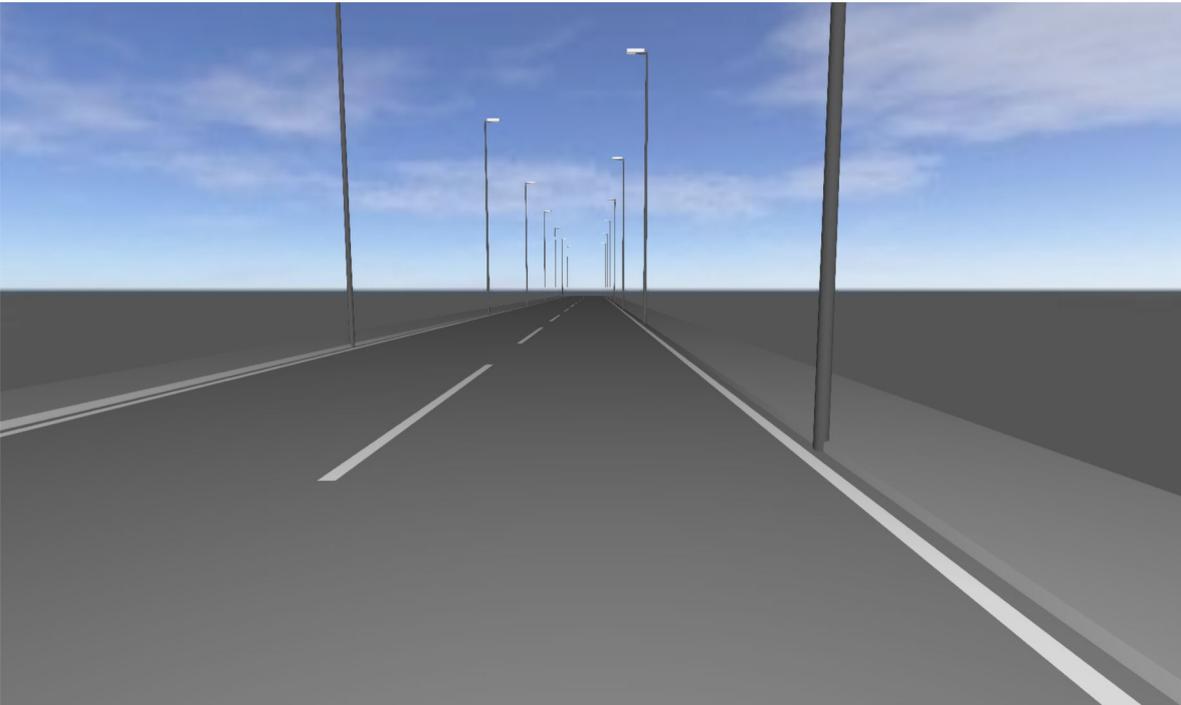
Portada .....	1
Contenido .....	2
Descripción .....	3
Lista de luminarias .....	4

## Fichas de producto

AOK - AOK-90WiK T201 (1x AOK-90WiK) .....	5
---	---

## Calle 1 · Alternativa 1

Resumen (hacia EN 13201:2015) .....	6
Camino peatonal 2 (P1) .....	9
Calzada 1 (M3) .....	11
Camino peatonal 1 (P1) .....	20



## Descripción

En el presente documento se ha realizado el estudio de la disposición de las luminarias en una sola calle de la Urbanización 'El Hornillo', con esto se pretende saber la distancia mínima de separación entre luminarias que constituirán el alumbrado público exterior de la urbanización.

## Lista de luminarias

 $\Phi_{total}$ 

183120 lm

 $P_{total}$ 

1262.8 W

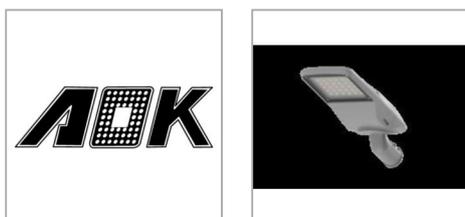
Rendimiento lumínico

145.0 lm/W

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi$	Rendimiento lumínico
14	AOK	LED Street Light	AOK-90WiK T201	90.2 W	13080 lm	145.0 lm/W

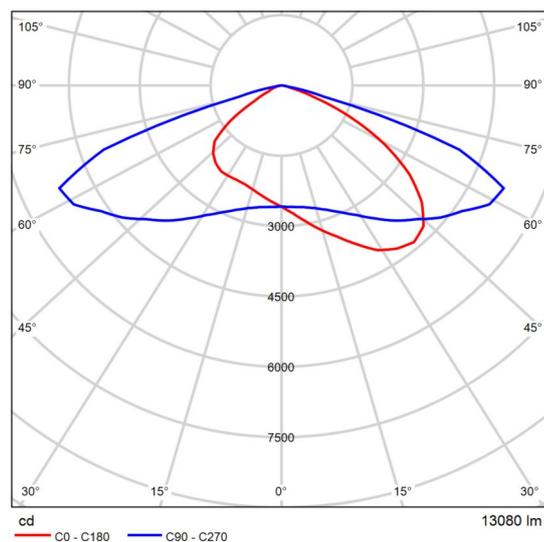
## Ficha de producto

AOK AOK-90WiK T201



Nº de artículo	LED Street Light
P	90.2 W
$\Phi_{\text{Luminaria}}$	13080 lm
Rendimiento lumínico	145.0 lm/W
CCT	5500 K
CRI	70

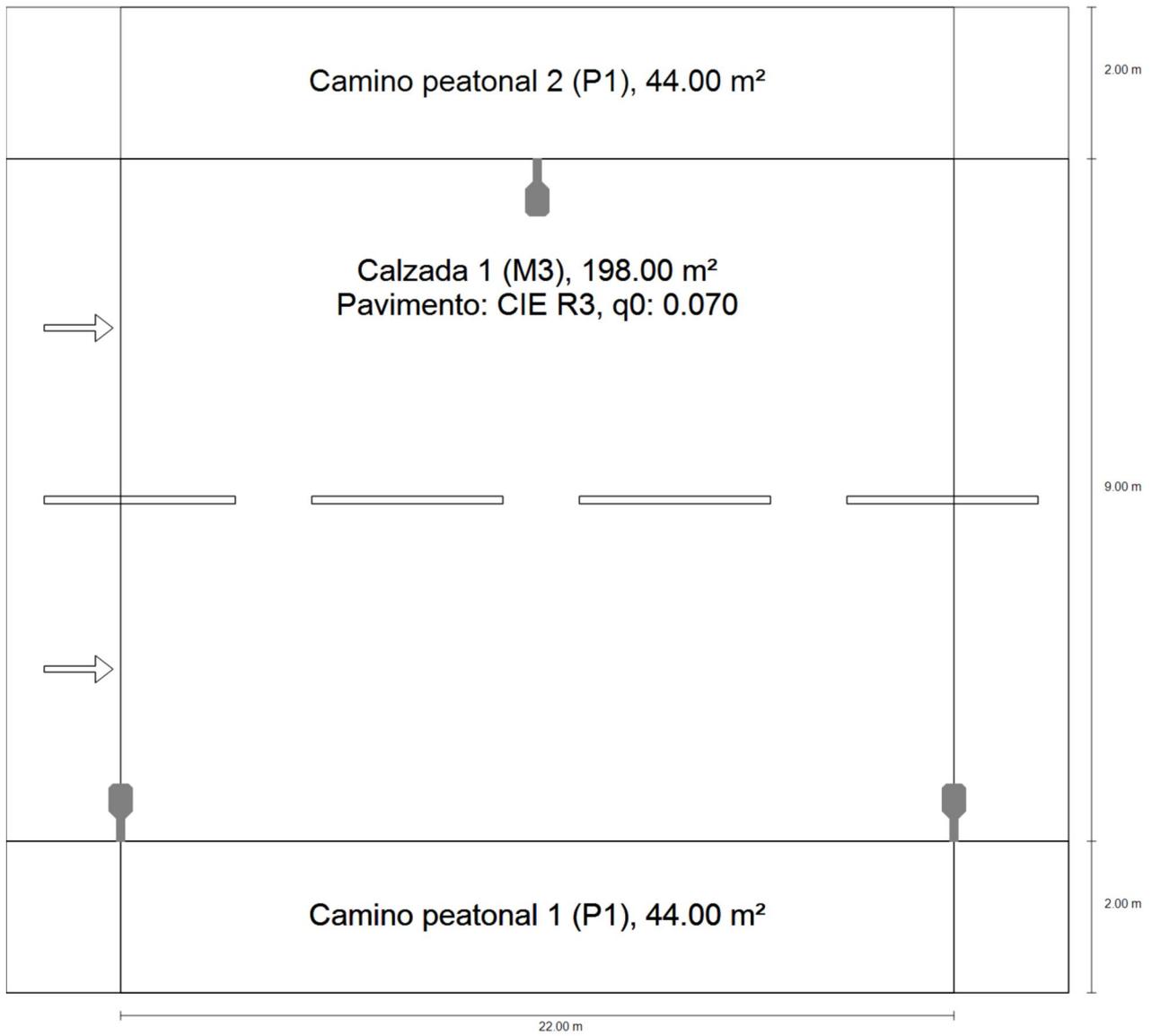
1. LED Street Light 90W
2. Input Voltage: 100-277V
3. CCT: 3000-6500K
4. IP Rating: IP66
5. Color: Grey / Black
6. Tool free maintenance



CDL polar

Calle 1

Resumen (hacia EN 13201:2015)



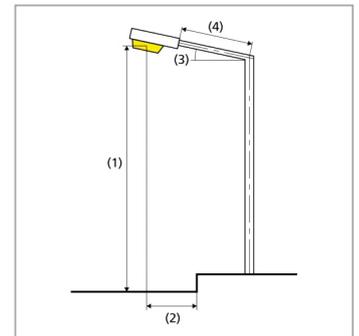
Calle 1

**Resumen (hacia EN 13201:2015)**

Fabricante	AOK	P	90.2 W
Nº de artículo	LED Street Light	$\Phi_{\text{Luminaria}}$	13080 lm
Nombre del artículo	AOK-90WiK T201		
Lámpara	1x AOK-90WiK		

## AOK-90WiK T201 (bilateral en alternancia)

Distancia entre mástiles	22.000 m
(1) Altura de punto de luz	11.900 m
(2) Saliente del punto de luz	0.500 m
(3) Inclinación del brazo	0.0°
(4) Longitud del brazo	0.500 m
Horas de trabajo anuales	4000 h: 100.0 %, 90.2 W
Consumo	8120.7 W/km
ULR / ULOR	0.00 / 0.00
Intensidad lumínica máx	$\geq 70^\circ$ : 338 cd/klm
Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).	$\geq 80^\circ$ : 10.9 cd/klm $\geq 90^\circ$ : 0.00 cd/klm
Clase de potencia lumínica	G*6
Los valores de intensidad lumínica en [cd/klm] para el cálculo de la clase de potencia lumínica se refieren al flujo luminoso de luminaria conforme a EN 13201:2015.	
Clase de índice de deslumbramiento	D.6



Calle 1

**Resumen (hacia EN 13201:2015)**

Resultados para campos de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Camino peatonal 2 (P1)	$E_m$	21.86 lx	[15.00 - 22.50] lx	✓
	$E_{min}$	18.62 lx	$\geq 3.00$ lx	✓
Calzada 1 (M3)	$L_m$	1.09 cd/m <sup>2</sup>	$\geq 1.00$ cd/m <sup>2</sup>	✓
	$U_o$	0.80	$\geq 0.40$	✓
	$U_l$	0.85	$\geq 0.60$	✓
	TI	1 %	$\leq 15$ %	✓
	$R_{EI}^{(1)}$	0.87	-	-
Camino peatonal 1 (P1)	$E_m$	21.86 lx	[15.00 - 22.50] lx	✓
	$E_{min}$	18.62 lx	$\geq 3.00$ lx	✓

(1) Informativo, no es parte de la evaluación

Para la instalación se ha calculado con un factor de mantenimiento de 0.67.

Resultados para indicadores de eficiencia energética

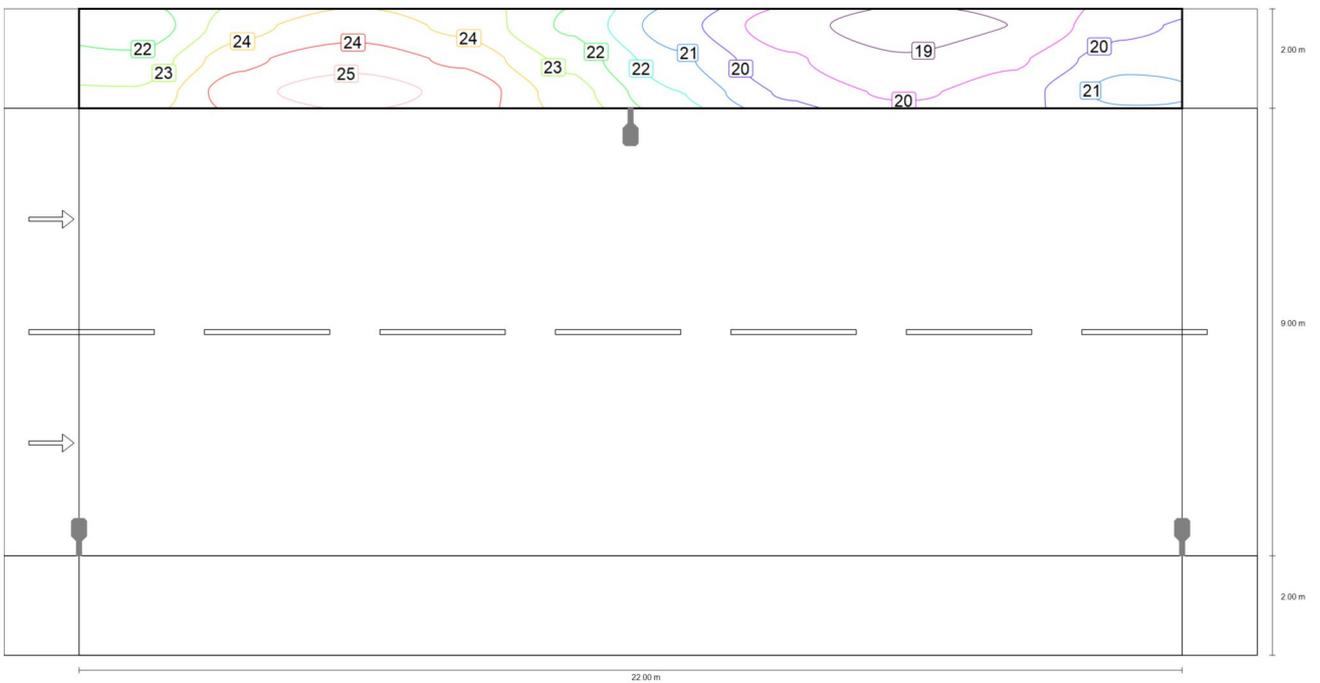
	Tamaño	Calculado	Consumo
Calle 1	$D_p$	0.027 W/lx*m <sup>2</sup>	-
AOK-90WiK T201 (bilateral en alternancia)	$D_e$	2.5 kWh/m <sup>2</sup> año,	721.8 kWh/año

Calle 1

### Camino peatonal 2 (P1)

Resultados para campo de evaluación

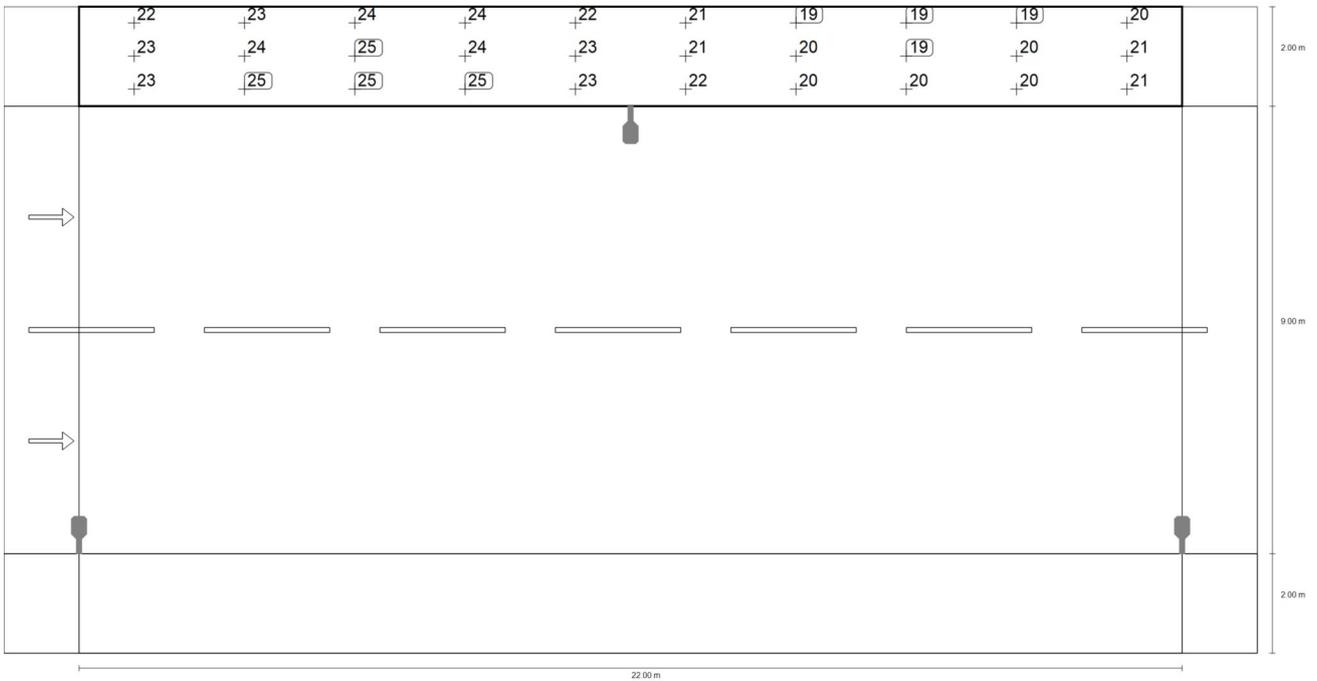
	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Camino peatonal 2 (P1)	$E_m$	21.86 lx	[15.00 - 22.50] lx	✓
	$E_{min}$	18.62 lx	$\geq 3.00$ lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)

Calle 1

### Camino peatonal 2 (P1)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.100	3.300	5.500	7.700	9.900	12.100	14.300	16.500	18.700	20.900
12.667	21.85	23.45	24.09	23.57	22.24	20.56	19.22	18.62	18.97	20.12
12.000	22.55	24.18	24.81	24.25	22.83	21.13	19.74	19.05	19.53	20.74
11.333	23.14	24.81	25.41	24.90	23.35	21.67	20.19	19.52	20.01	21.27

Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	$E_m$	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	21.9 lx	18.6 lx	25.4 lx	0.852	0.733

Calle 1

**Calzada 1 (M3)**

Resultados para campo de evaluación

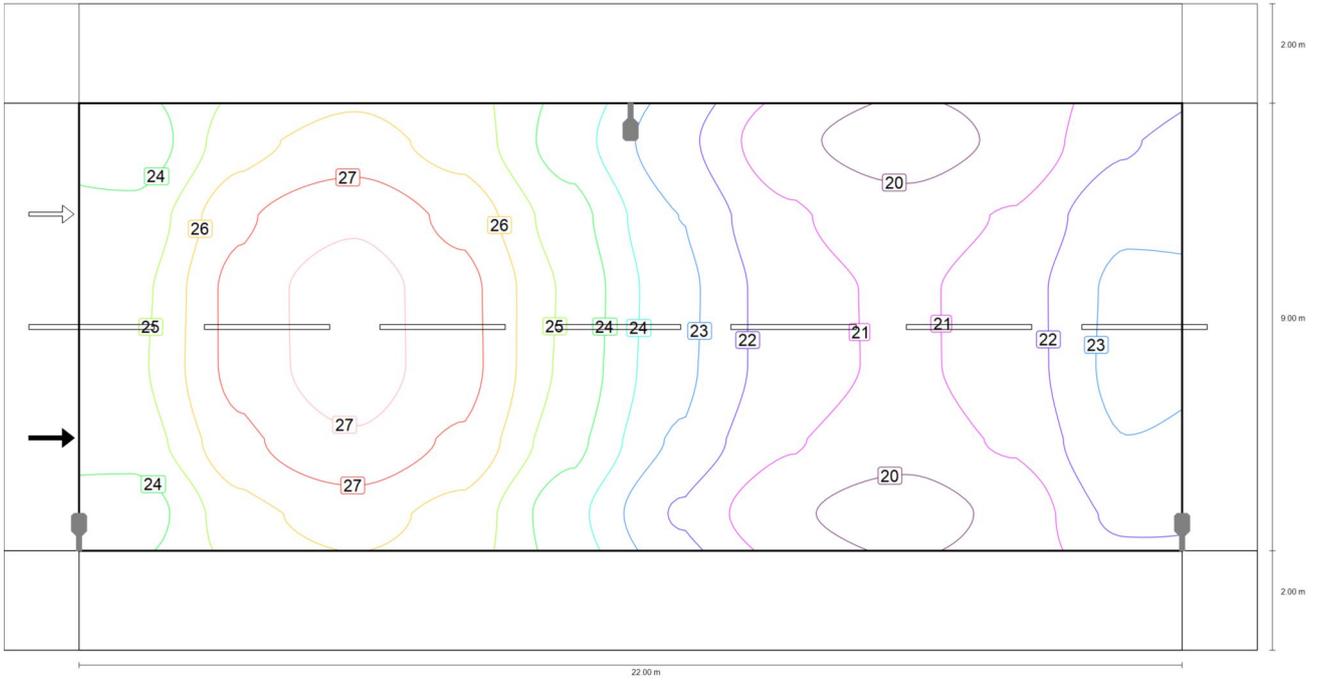
	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (M3)	$L_m$	1.09 cd/m <sup>2</sup>	≥ 1.00 cd/m <sup>2</sup>	✓
	$U_o$	0.80	≥ 0.40	✓
	$U_l$	0.85	≥ 0.60	✓
	TI	1 %	≤ 15 %	✓
	$R_{El}^{(1)}$	0.87	-	-

Resultados para observador

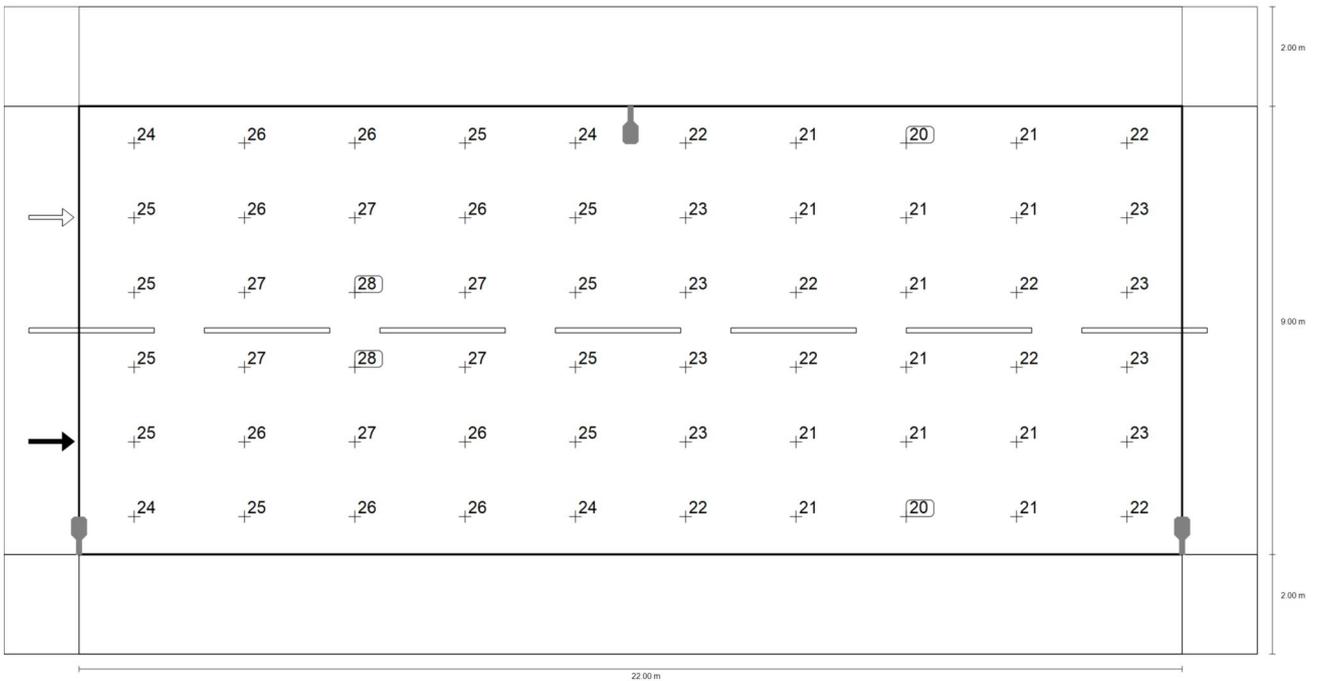
	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Observador 1 Posición: -60.000 m, 4.250 m, 1.500 m	$L_m$	1.12 cd/m <sup>2</sup>	≥ 1.00 cd/m <sup>2</sup>	✓
	$U_o$	0.81	≥ 0.40	✓
	$U_l$	0.85	≥ 0.60	✓
	TI	1 %	≤ 15 %	✓
Observador 2 Posición: -60.000 m, 8.750 m, 1.500 m	$L_m$	1.09 cd/m <sup>2</sup>	≥ 1.00 cd/m <sup>2</sup>	✓
	$U_o$	0.80	≥ 0.40	✓
	$U_l$	0.86	≥ 0.60	✓
	TI	1 %	≤ 15 %	✓

(1) Informativo, no es parte de la evaluación

Calle 1  
**Calzada 1 (M3)**



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

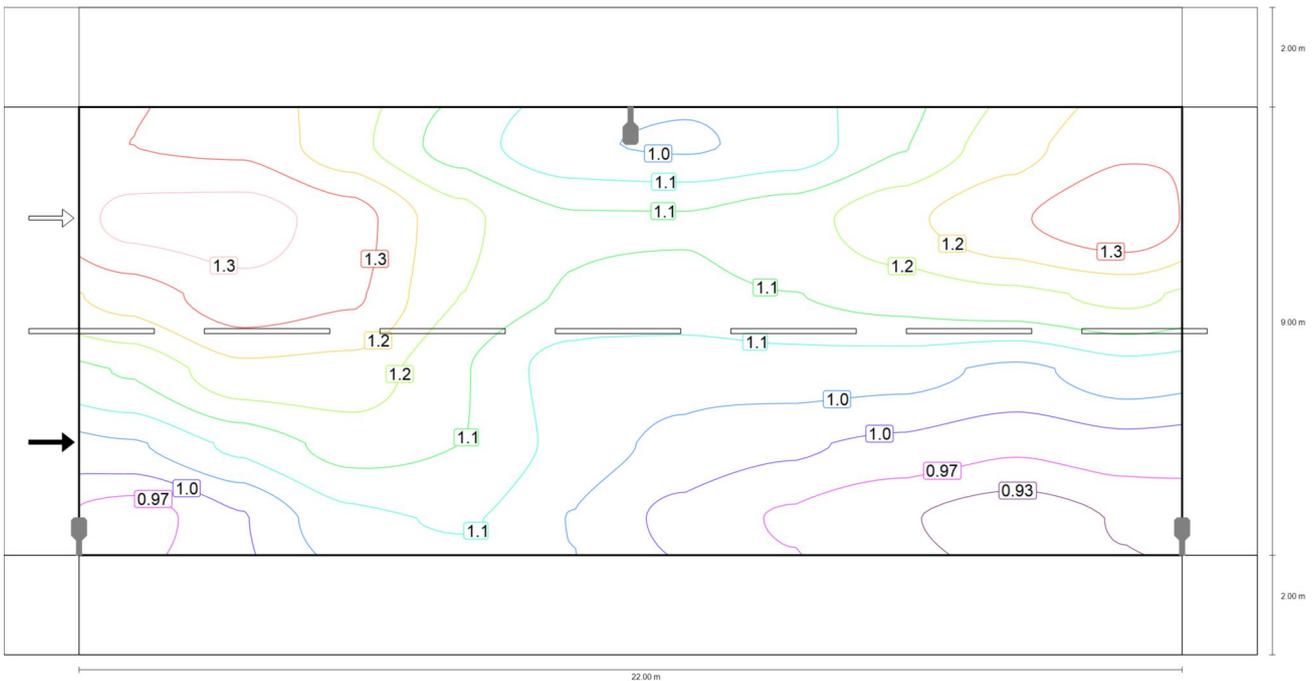
Calle 1

**Calzada 1 (M3)**

m	1.100	3.300	5.500	7.700	9.900	12.100	14.300	16.500	18.700	20.900
10.250	23.76	25.51	26.09	25.48	23.87	22.21	20.65	20.08	20.60	21.89
8.750	24.52	26.41	27.19	26.33	24.59	22.73	21.34	20.80	21.30	22.62
7.250	24.85	26.83	27.69	26.81	24.89	22.97	21.59	21.10	21.62	22.93
5.750	24.89	26.81	27.69	26.83	24.85	22.93	21.62	21.10	21.59	22.97
4.250	24.59	26.33	27.19	26.41	24.52	22.62	21.30	20.80	21.34	22.73
2.750	23.87	25.48	26.09	25.51	23.76	21.89	20.60	20.08	20.65	22.21

Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

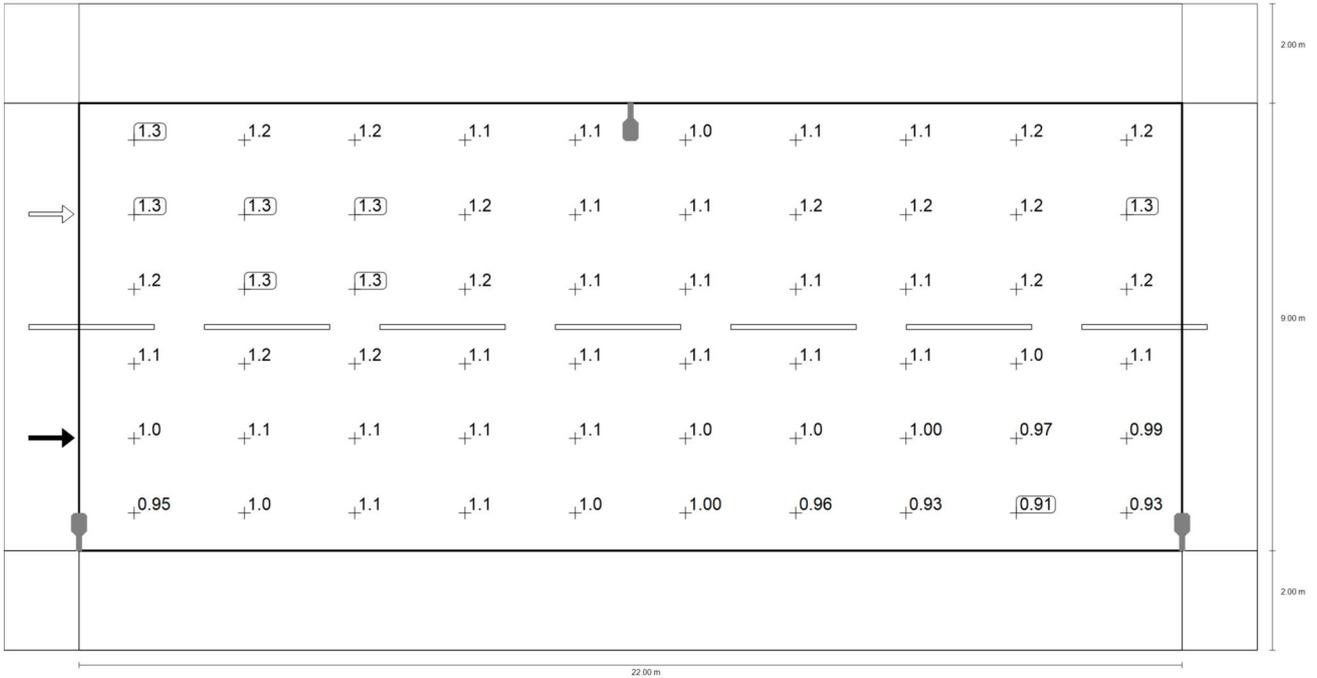
	$E_m$	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	23.6 lx	20.1 lx	27.7 lx	0.849	0.725



Observador 1: Valor de mantenimiento luminancia en calzada seca [cd/m<sup>2</sup>] (Líneas Isolux)

Calle 1

**Calzada 1 (M3)**



Observador 1: Valor de mantenimiento luminancia en calzada seca [cd/m²] (Sistema de valores)

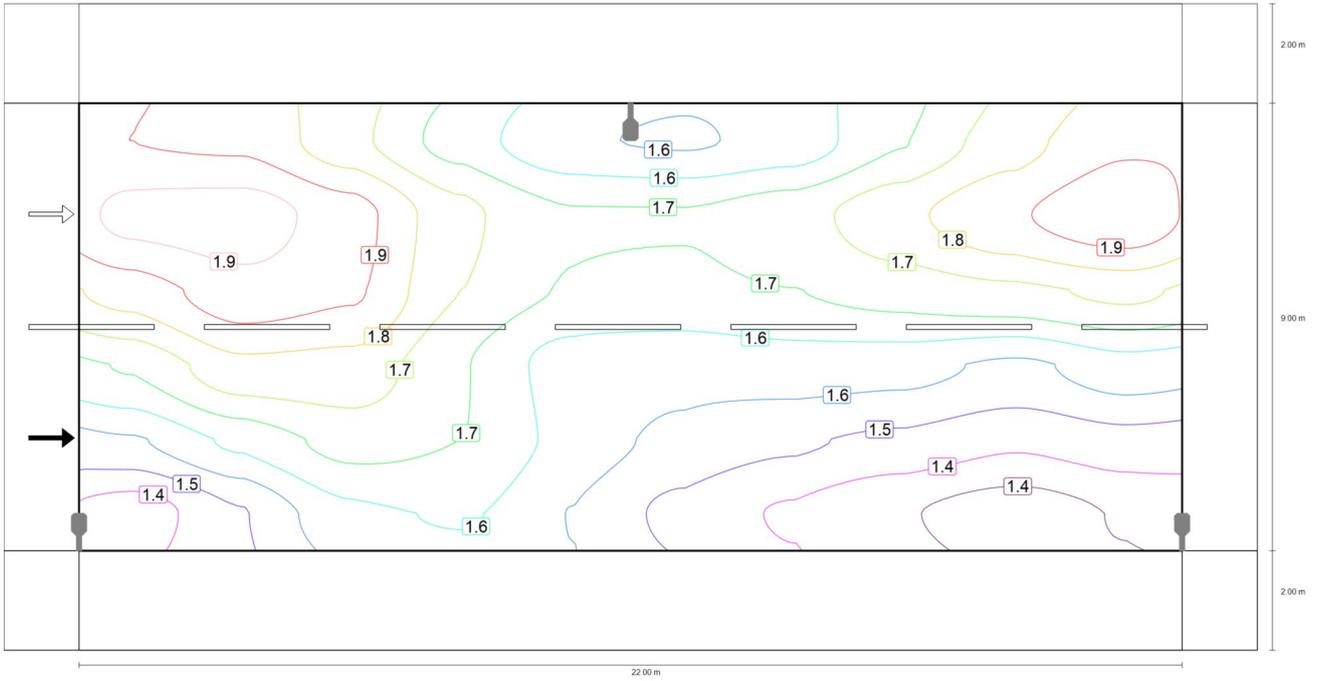
m	1.100	3.300	5.500	7.700	9.900	12.100	14.300	16.500	18.700	20.900
10.250	1.25	1.24	1.18	1.11	1.05	1.04	1.06	1.13	1.19	1.24
8.750	1.31	1.31	1.27	1.18	1.13	1.13	1.15	1.20	1.25	1.28
7.250	1.23	1.28	1.26	1.17	1.13	1.12	1.13	1.14	1.16	1.18
5.750	1.13	1.20	1.19	1.13	1.07	1.06	1.06	1.06	1.04	1.07
4.250	1.04	1.10	1.14	1.13	1.08	1.04	1.01	1.00	0.97	0.99
2.750	0.95	1.00	1.08	1.09	1.05	1.00	0.96	0.93	0.91	0.93

Observador 1: Valor de mantenimiento luminancia en calzada seca [cd/m²] (Tabla de valores)

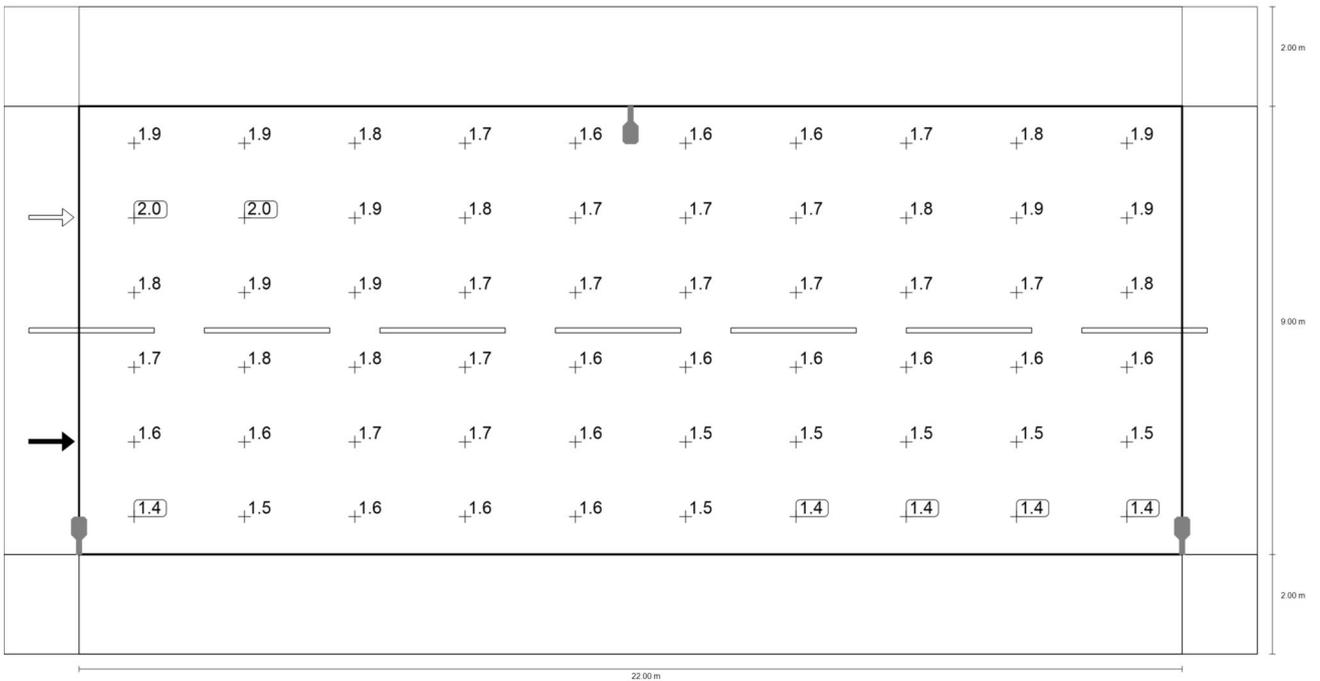
	L <sub>m</sub>	L <sub>min</sub>	L <sub>max</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>
Observador 1: Valor de mantenimiento luminancia en calzada seca	1.12 cd/m²	0.91 cd/m²	1.31 cd/m²	0.811	0.689

Calle 1

**Calzada 1 (M3)**



Observador 1: Luminancia para una instalación nueva [cd/m<sup>2</sup>] (Líneas Isolux)



Observador 1: Luminancia para una instalación nueva [cd/m<sup>2</sup>] (Sistema de valores)

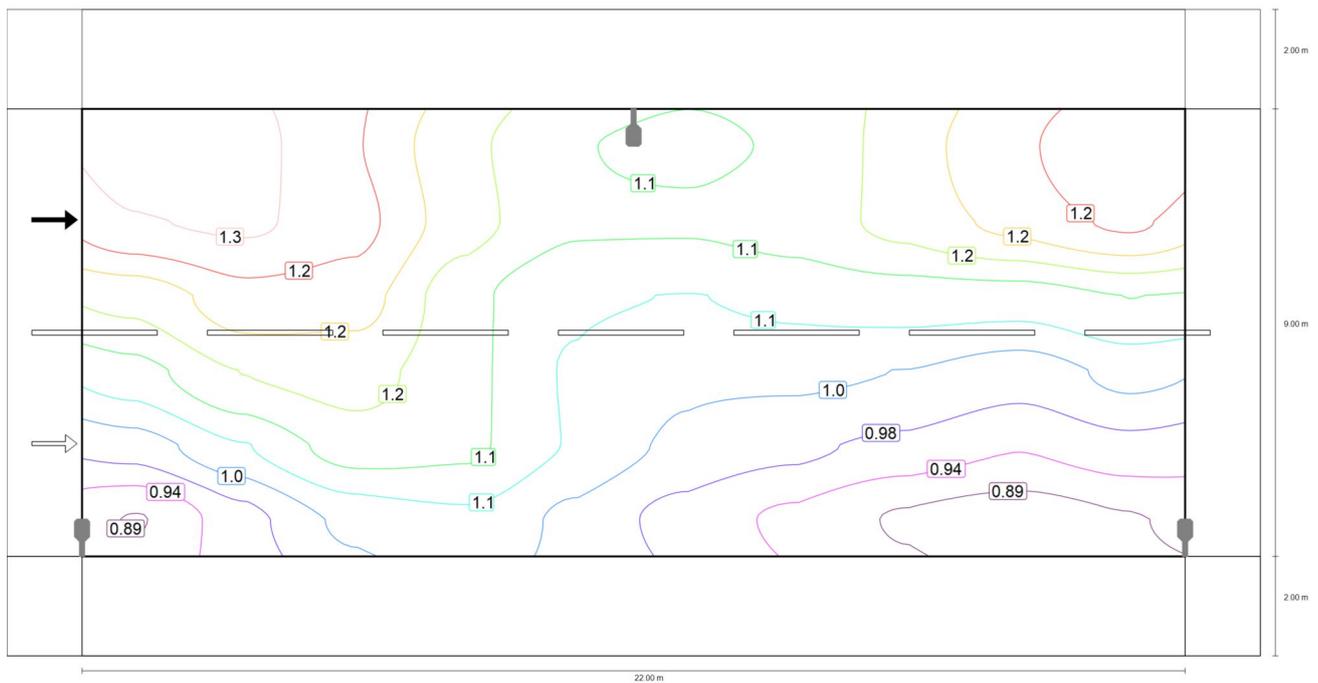
Calle 1

**Calzada 1 (M3)**

m	1.100	3.300	5.500	7.700	9.900	12.100	14.300	16.500	18.700	20.900
10.250	1.87	1.86	1.77	1.66	1.57	1.56	1.59	1.68	1.78	1.86
8.750	1.95	1.96	1.89	1.77	1.69	1.69	1.72	1.79	1.86	1.92
7.250	1.83	1.90	1.88	1.75	1.68	1.67	1.68	1.71	1.73	1.76
5.750	1.69	1.79	1.78	1.69	1.60	1.58	1.59	1.58	1.55	1.60
4.250	1.56	1.64	1.71	1.69	1.61	1.55	1.51	1.49	1.45	1.48
2.750	1.41	1.50	1.61	1.63	1.56	1.49	1.44	1.39	1.35	1.39

Observador 1: Luminancia para una instalación nueva [cd/m<sup>2</sup>] (Tabla de valores)

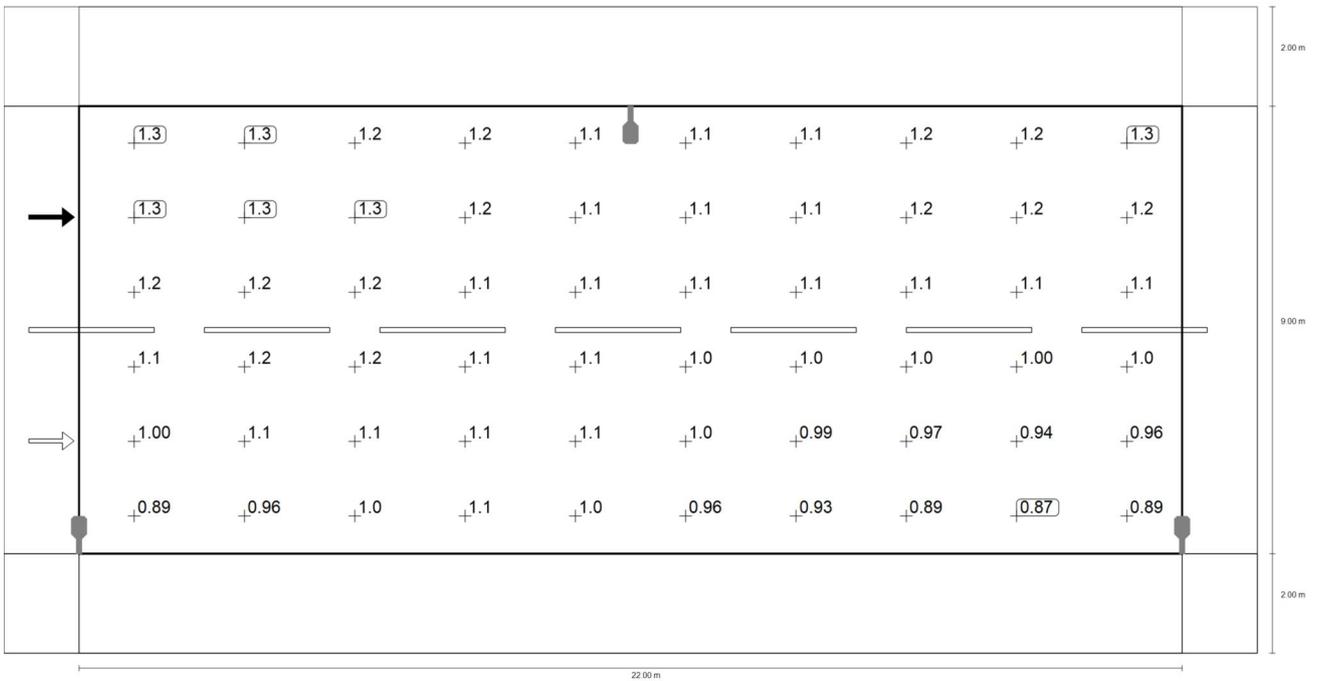
	L <sub>m</sub>	L <sub>min</sub>	L <sub>max</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>
Observador 1: Luminancia para una instalación nueva	1.67 cd/m <sup>2</sup>	1.35 cd/m <sup>2</sup>	1.96 cd/m <sup>2</sup>	0.811	0.689



Observador 2: Valor de mantenimiento luminancia en calzada seca [cd/m<sup>2</sup>] (Líneas Isolux)

Calle 1

**Calzada 1 (M3)**



Observador 2: Valor de mantenimiento luminancia en calzada seca [cd/m²] (Sistema de valores)

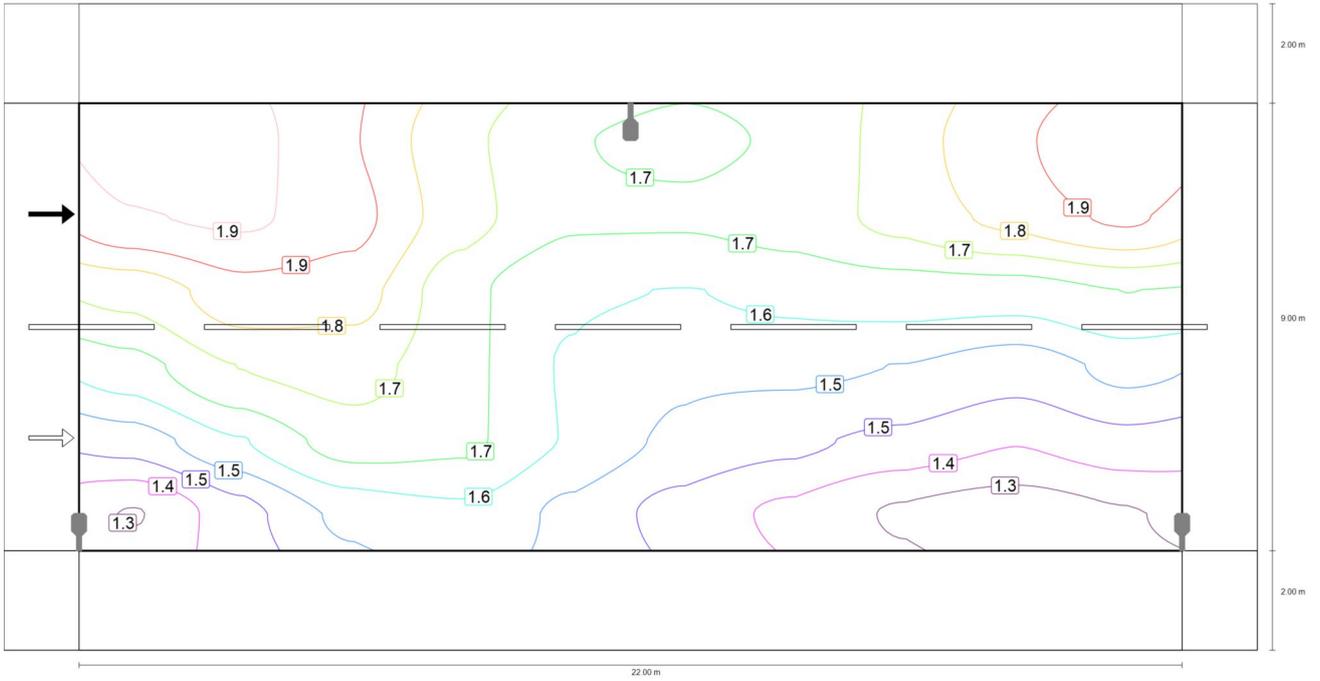
m	1.100	3.300	5.500	7.700	9.900	12.100	14.300	16.500	18.700	20.900
10.250	1.31	1.30	1.24	1.17	1.11	1.10	1.11	1.17	1.23	1.28
8.750	1.28	1.29	1.25	1.17	1.12	1.11	1.13	1.17	1.21	1.25
7.250	1.16	1.22	1.21	1.13	1.07	1.06	1.08	1.08	1.09	1.11
5.750	1.09	1.15	1.17	1.12	1.06	1.03	1.03	1.02	1.00	1.03
4.250	1.00	1.06	1.13	1.12	1.06	1.01	0.99	0.97	0.94	0.96
2.750	0.89	0.96	1.03	1.05	1.01	0.96	0.93	0.89	0.87	0.89

Observador 2: Valor de mantenimiento luminancia en calzada seca [cd/m²] (Tabla de valores)

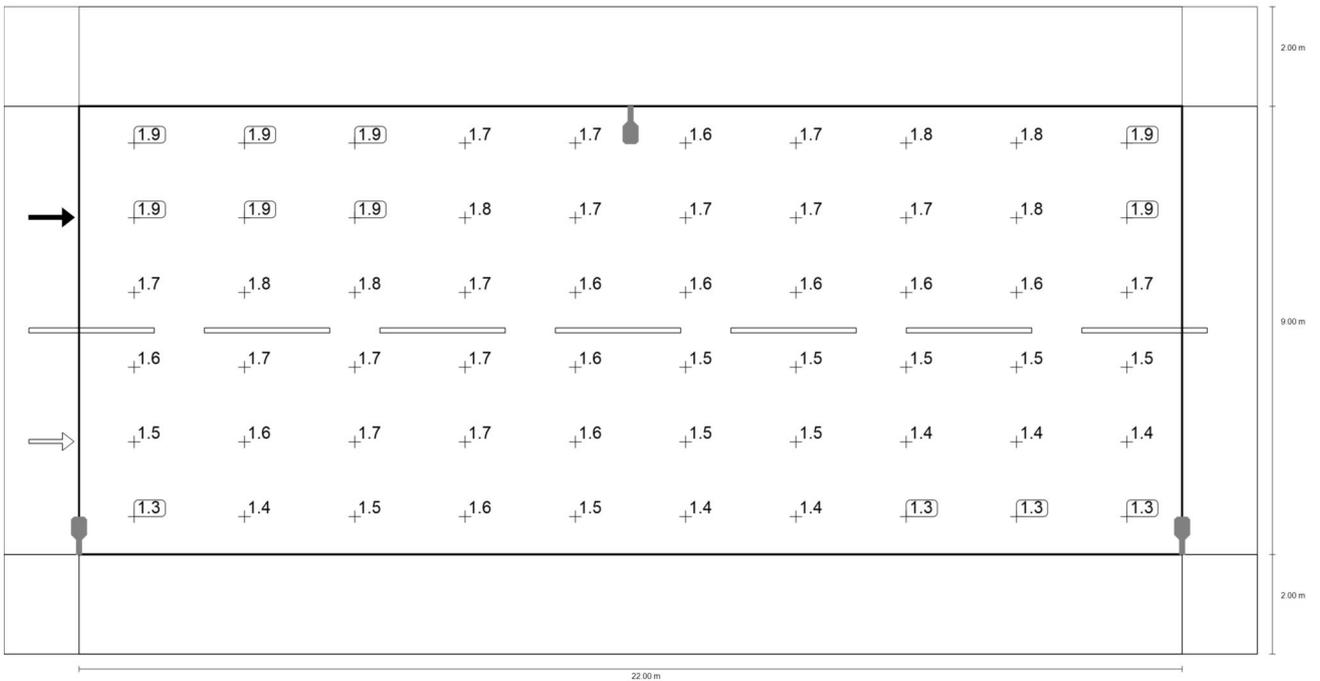
	L <sub>m</sub>	L <sub>min</sub>	L <sub>max</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>
Observador 2: Valor de mantenimiento luminancia en calzada seca	1.09 cd/m²	0.87 cd/m²	1.31 cd/m²	0.795	0.667

Calle 1

**Calzada 1 (M3)**



Observador 2: Luminancia para una instalación nueva [cd/m<sup>2</sup>] (Líneas Isolux)



Observador 2: Luminancia para una instalación nueva [cd/m<sup>2</sup>] (Sistema de valores)

Calle 1

**Calzada 1 (M3)**

m	1.100	3.300	5.500	7.700	9.900	12.100	14.300	16.500	18.700	20.900
10.250	1.95	1.94	1.86	1.74	1.66	1.64	1.66	1.75	1.83	1.91
8.750	1.91	1.93	1.87	1.75	1.67	1.66	1.68	1.74	1.80	1.86
7.250	1.74	1.82	1.81	1.68	1.60	1.59	1.61	1.62	1.62	1.66
5.750	1.63	1.72	1.74	1.68	1.58	1.53	1.54	1.53	1.49	1.54
4.250	1.49	1.59	1.69	1.67	1.59	1.51	1.48	1.44	1.40	1.44
2.750	1.33	1.44	1.54	1.57	1.51	1.44	1.38	1.32	1.30	1.33

Observador 2: Luminancia para una instalación nueva [cd/m<sup>2</sup>] (Tabla de valores)

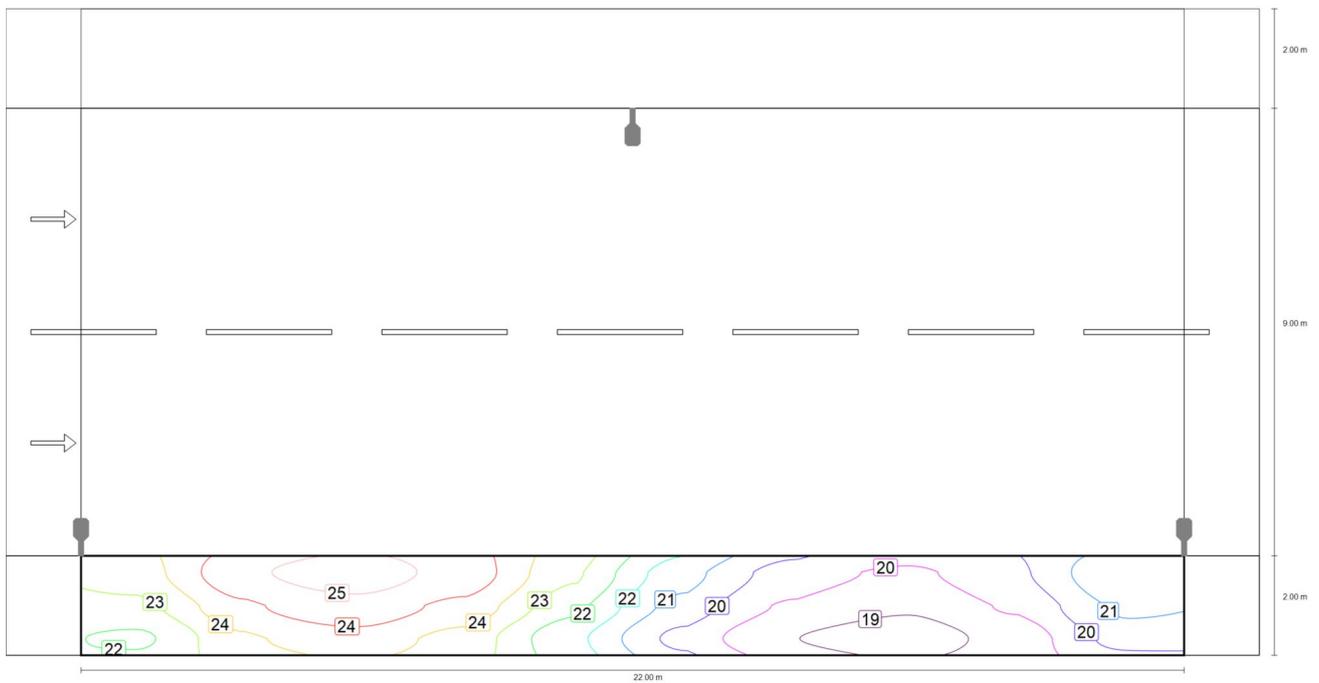
	L <sub>m</sub>	L <sub>min</sub>	L <sub>max</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>
Observador 2: Luminancia para una instalación nueva	1.63 cd/m <sup>2</sup>	1.30 cd/m <sup>2</sup>	1.95 cd/m <sup>2</sup>	0.795	0.667

Calle 1

**Camino peatonal 1 (P1)**

Resultados para campo de evaluación

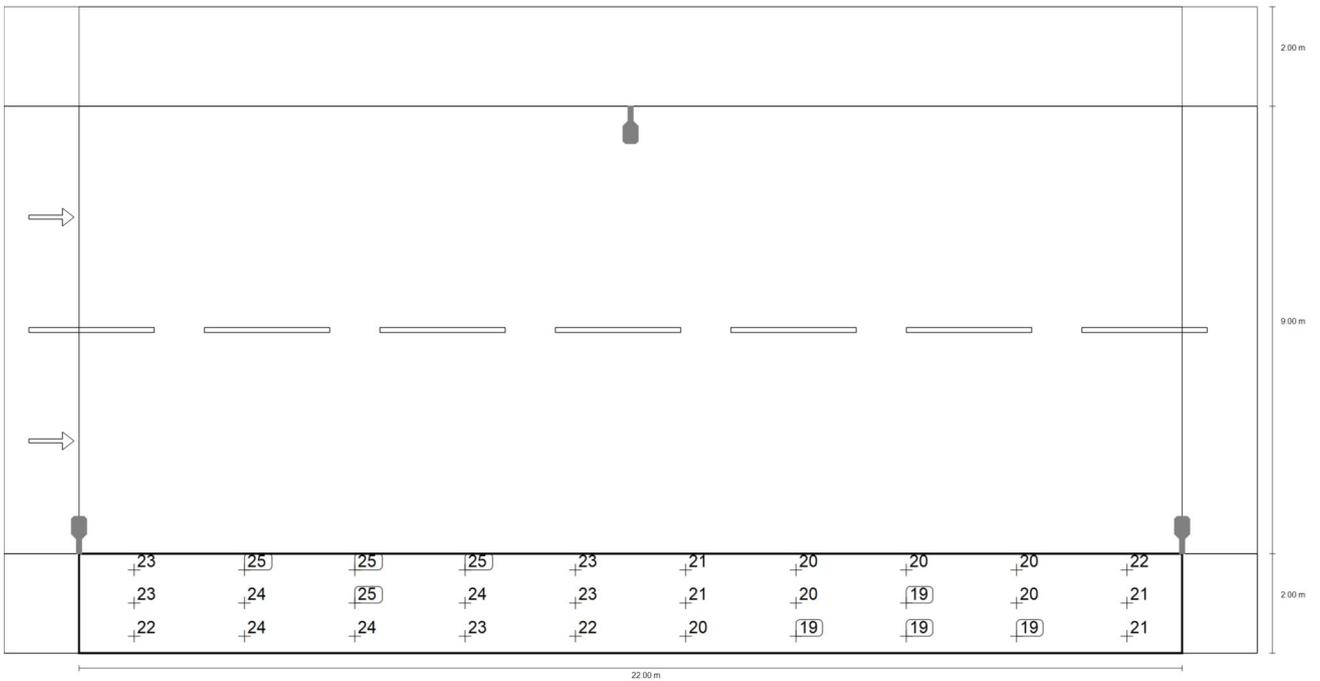
	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Camino peatonal 1 (P1)	$E_m$	21.86 lx	[15.00 - 22.50] lx	✓
	$E_{min}$	18.62 lx	$\geq 3.00$ lx	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)

Calle 1

### Camino peatonal 1 (P1)

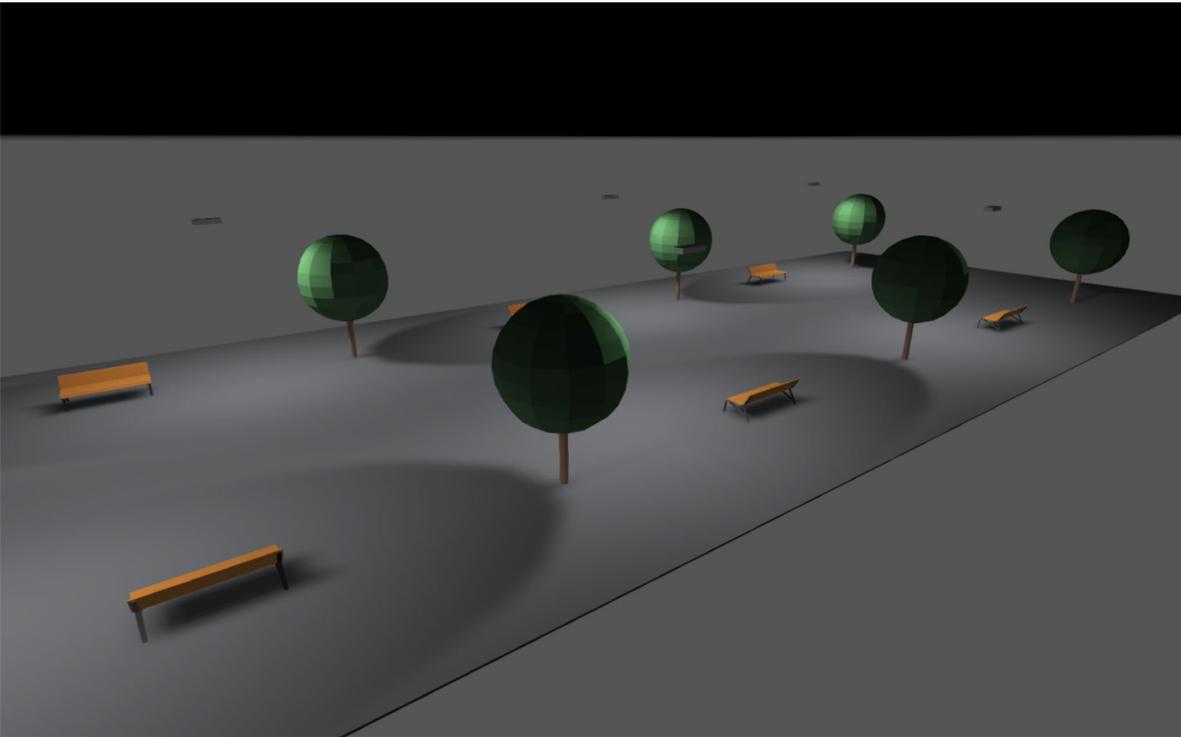


Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

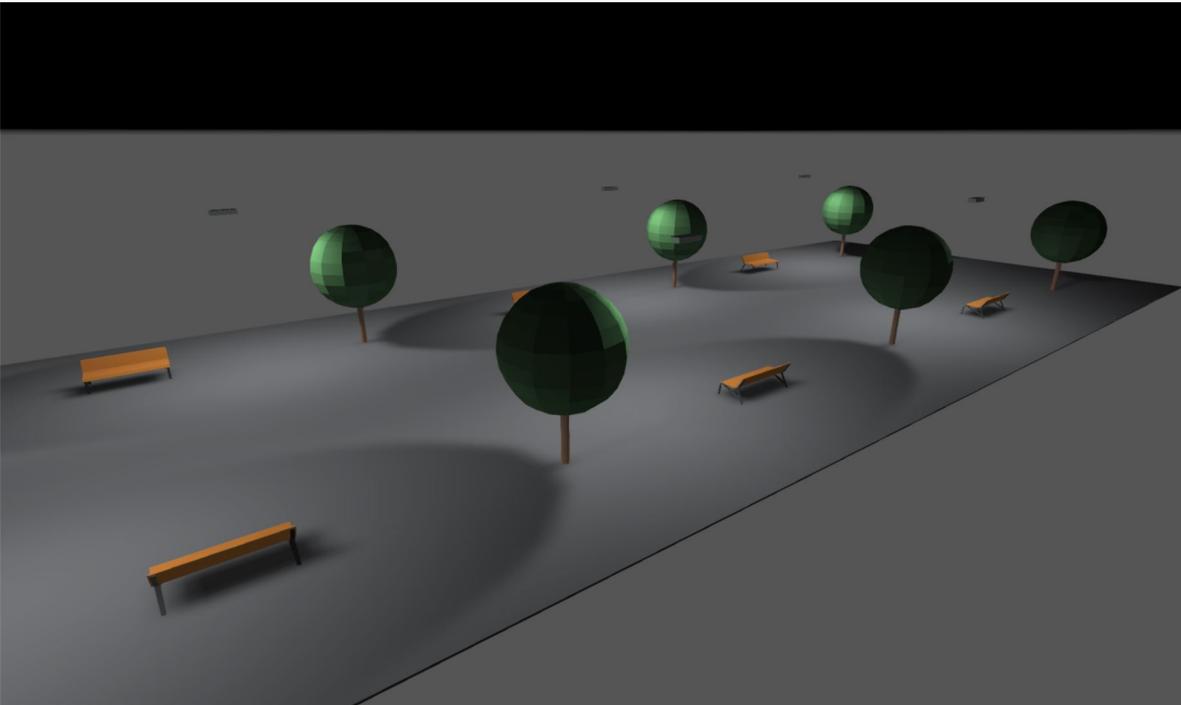
m	1.100	3.300	5.500	7.700	9.900	12.100	14.300	16.500	18.700	20.900
1.667	23.35	24.90	25.41	24.81	23.14	21.27	20.01	19.52	20.19	21.67
1.000	22.83	24.25	24.81	24.18	22.55	20.74	19.53	19.05	19.74	21.13
0.333	22.24	23.57	24.09	23.45	21.85	20.12	18.97	18.62	19.22	20.56

Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	$E_m$	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	21.9 lx	18.6 lx	25.4 lx	0.852	0.733



## Alumbrado público Parque



## Descripción

Alumbrado público para la zona común de la urbanización 'El Hornillo', una pequeña zona con árboles y bancos para los habitantes de la urbanización, se considera instalar columpios y demás para los más pequeños.

## Lista de luminarias

 $\Phi_{total}$ 

91560 lm

 $P_{total}$ 

631.4 W

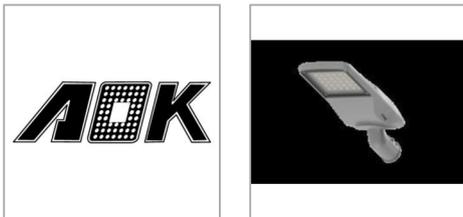
Rendimiento lumínico

145.0 lm/W

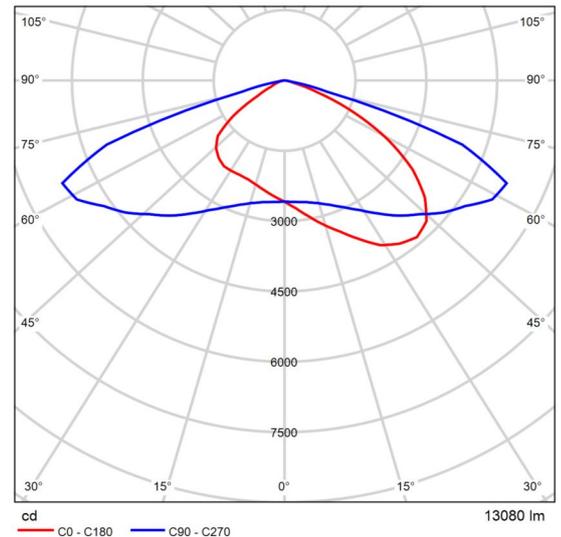
Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi$	Rendimiento lumínico
7	AOK	LED Street Light	AOK-90WiK T201	90.2 W	13080 lm	145.0 lm/W

## Ficha de producto

AOK AOK-90WiK T201



Nº de artículo	LED Street Light
P	90.2 W
$\Phi_{\text{Luminaria}}$	13080 lm
Rendimiento lumínico	145.0 lm/W
CCT	5500 K
CRI	70

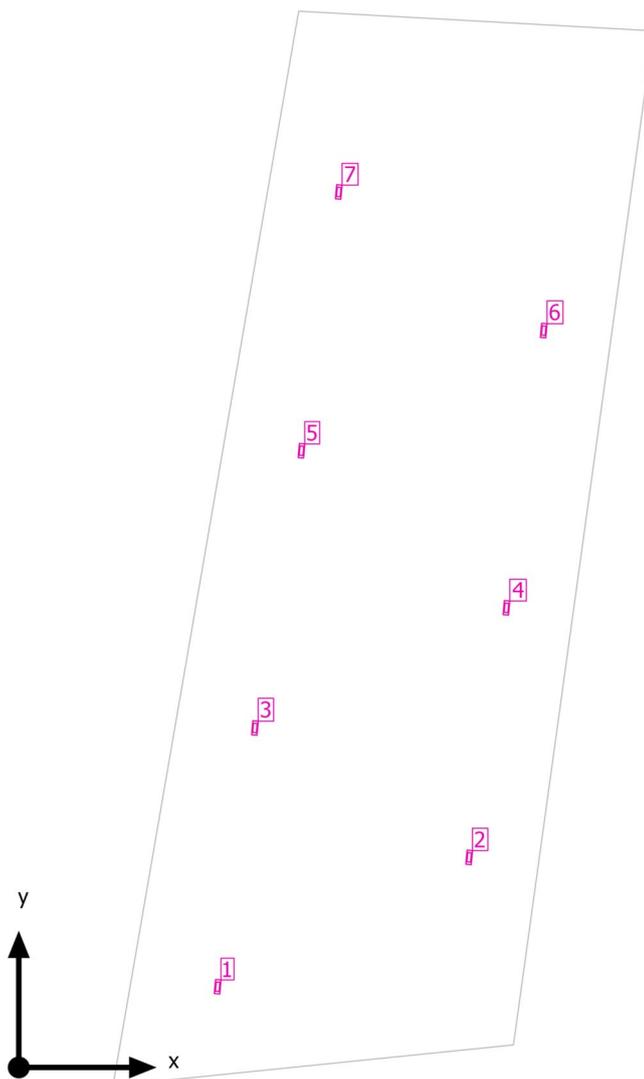


CDL polar

1. LED Street Light 90W
2. Input Voltage: 100-277V
3. CCT: 3000-6500K
4. IP Rating: IP66
5. Color: Grey / Black
6. Tool free maintenance

Terreno parque

### Plano de situación de luminarias



Terreno parque

**Plano de situación de luminarias**



Fabricante	AOK	P	90.2 W
Nº de artículo	LED Street Light	$\Phi$ Luminaria	13080 lm
Nombre del artículo	AOK-90WiK T201		
Lámpara	1x AOK-90WiK		

Luminarias individuales

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
10.675 m	4.366 m	5.050 m	1
24.175 m	11.366 m	5.050 m	2
12.675 m	18.366 m	5.050 m	3
26.175 m	24.866 m	5.050 m	4
15.175 m	33.366 m	5.050 m	5
28.175 m	39.866 m	5.050 m	6
17.175 m	47.366 m	5.050 m	7

Terreno parque

**Lista de luminarias** $\Phi_{total}$ 

91560 lm

 $P_{total}$ 

631.4 W

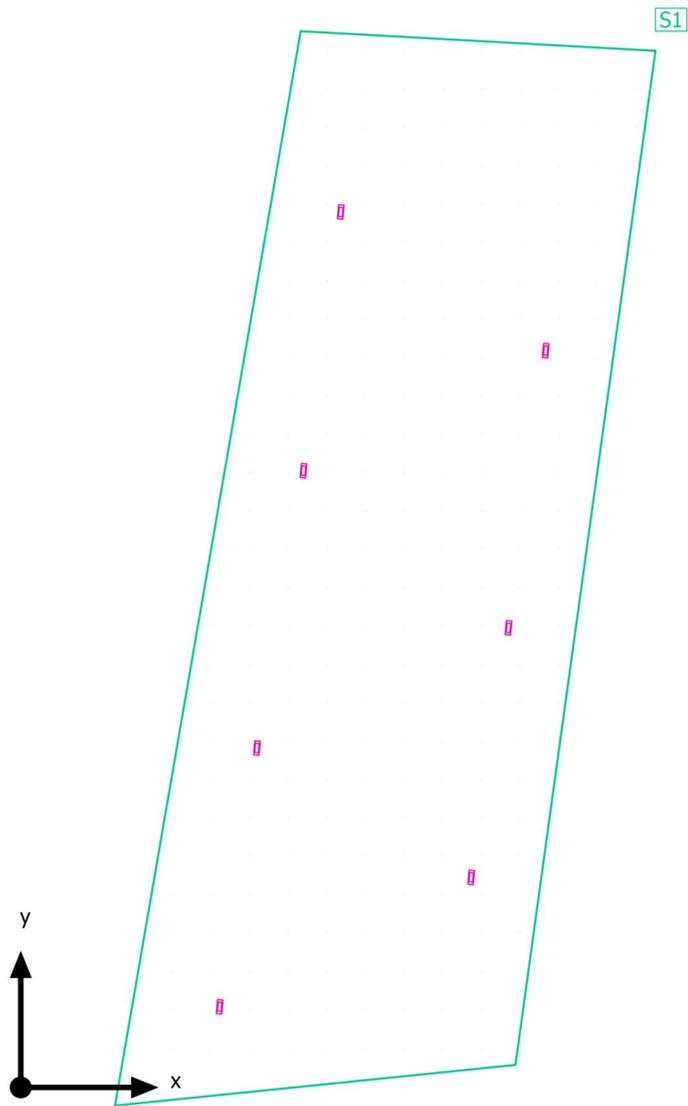
Rendimiento lumínico

145.0 lm/W

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi$	Rendimiento lumínico
7	AOK	LED Street Light	AOK-90WiK T201	90.2 W	13080 lm	145.0 lm/W

Terreno parque

## Objetos de cálculo



Terreno parque

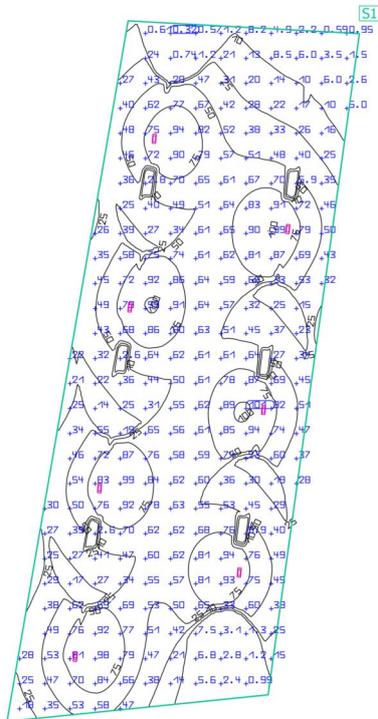
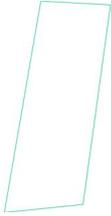
## Objetos de cálculo

Superficie de cálculo

Propiedades	$\bar{E}$	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Índice
parque Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.050 m	47.9 lx	0.21 lx	101 lx	0.004	0.002	S1
parque Iluminancia perpendicular Altura: 0.050 m	47.3 lx	0.18 lx	101 lx	0.004	0.002	S1
parque Intensidad lumínica horizontal Altura: 0.050 m	47.3 lx	0.18 lx	101 lx	0.004	0.002	S1

Perfil de uso: Áreas de tránsito generales en lugares de trabajo / puestos de trabajo al aire libre, Vías peatonales, exclusivamente para peatones

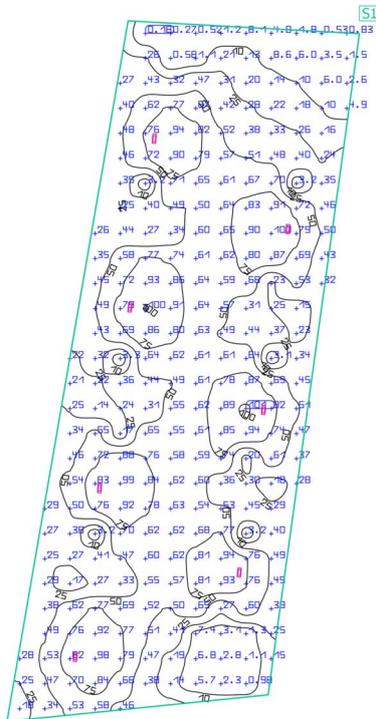
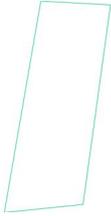
Terreno parque  
parque



Propiedades	Ē	E <sub>min</sub>	E <sub>máx</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	Índice
parque Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.050 m	47.9 lx	0.21 lx	101 lx	0.004	0.002	S1

Perfil de uso: Áreas de tránsito generales en lugares de trabajo / puestos de trabajo al aire libre, Vías peatonales, exclusivamente para peatones

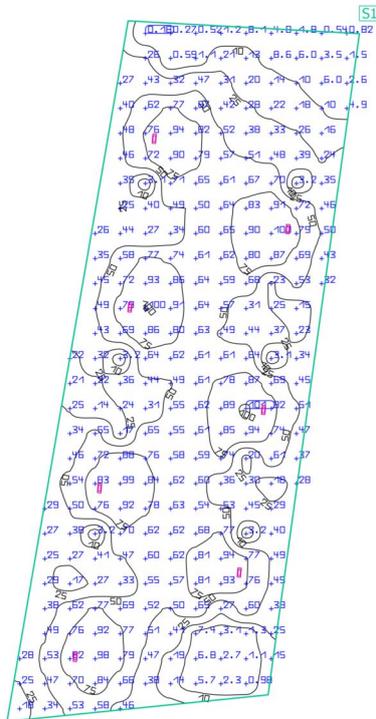
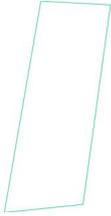
Terreno parque  
parque



Propiedades	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$g_1$	$g_2$	Índice
parque Iluminancia perpendicular Altura: 0.050 m	47.3 lx	0.18 lx	101 lx	0.004	0.002	S1

Perfil de uso: Áreas de tránsito generales en lugares de trabajo / puestos de trabajo al aire libre, Vías peatonales, exclusivamente para peatones

Terreno parque  
**parque**



Propiedades	Ē	E <sub>min</sub>	E <sub>máx</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	Índice
parque Intensidad lumínica horizontal Altura: 0.050 m	47.3 lx	0.18 lx	101 lx	0.004	0.002	S1

Perfil de uso: Áreas de tránsito generales en lugares de trabajo / puestos de trabajo al aire libre, Vías peatonales, exclusivamente para peatones

## **11.CONCLUSIONES**

Llegamos al final del presente Trabajo Final de Grado en el que se han ejecutado cinco proyectos independientes en un principio pero que se van enlazando hasta llegar al objetivo principal del trabajo que es proporcionar suministro en Baja Tensión para una nueva urbanización y el alumbrado de ella.

Los proyectos se han realizado conforme a la última reglamentación vigente y priorizando la seguridad y protección de los proyectos sobre todo mediante la puesta a tierra estando presente en cada uno de los proyectos.

El proyecto en general tiene un valor de 296.225,12€ con lo que respecta al valor material, a este precio se debería añadir un precio por mano de obra y un porcentaje de este valor se lo quedaría el ingeniero proyectista, no se ha contemplado el urbanizar toda la zona, pues se ha supuesto que ya esta urbanizada y solamente se ha hecho el estudio eléctrico de la zona.

## **12.AGRADECIMIENTOS**

Quisiera dedicar este trabajo a todas aquellas personas que han estado presentes en toda esta trayectoria de cuatro años en la Universidad Politécnica de Valencia.

En primer lugar, a mis padres que han estado a mi lado en todo momento y han confiado plenamente en mis capacidades, proporcionándome la libertad y la confianza necesaria sin presionarme en ningún momento. A mi hermano, un pilar fundamental en mi vida con el que he podido guiarme en todo momento. Gracias de todo corazón.

A mi familia, que por desgracia y por los tiempos que corren hace tiempo que no les veo, este trabajo también va por ellos.

A mis compañeros de Universidad, que mas que compañeros han acabado siendo amigos. A los que echaré de menos cuando empiece un nuevo curso académico y no estén a mi lado. Gracias por hacer más amena mi estancia en la Universidad.

A todos aquellos profesores que he tenido el placer de poder conocer y dar clase con ellos, os valoro un montón. En especial a mi tutor de este proyecto, Antonio Fayos, me has ayudado en todo momento y nunca te olvidaré.

Y por último, a mis amigos/as más preciados que me han dado apoyo y mucho ánimo en esta etapa que aquí se cierra y en especial a dar este último paso que tan importante y especial me ha parecido.