



# PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA

TRABAJO FIN DE GRADO

AUTOR: Jesús Gómez García  
TUTORES: Dr. Norberto Redondo Melchor  
Dr. Roberto Carlos Redondo Melchor  
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Eléctrica  
FECHA: Septiembre de 2015





# **ÍNDICE GENERAL**

I. MEMORIA

II. ANEJO DE MEDIA TENSIÓN

III. ANEJO DE BAJA TENSIÓN

IV. ANEJO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE INCENDIOS

V. ANEJO DE ALUMBRADO INTERIOR

VI. ANEJO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN

VII. ANEJO DE CÁLCULOS

VIII. PLIEGO DE CONDICIONES

IX. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

X. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

XI. PLANOS

# I. MEMORIA



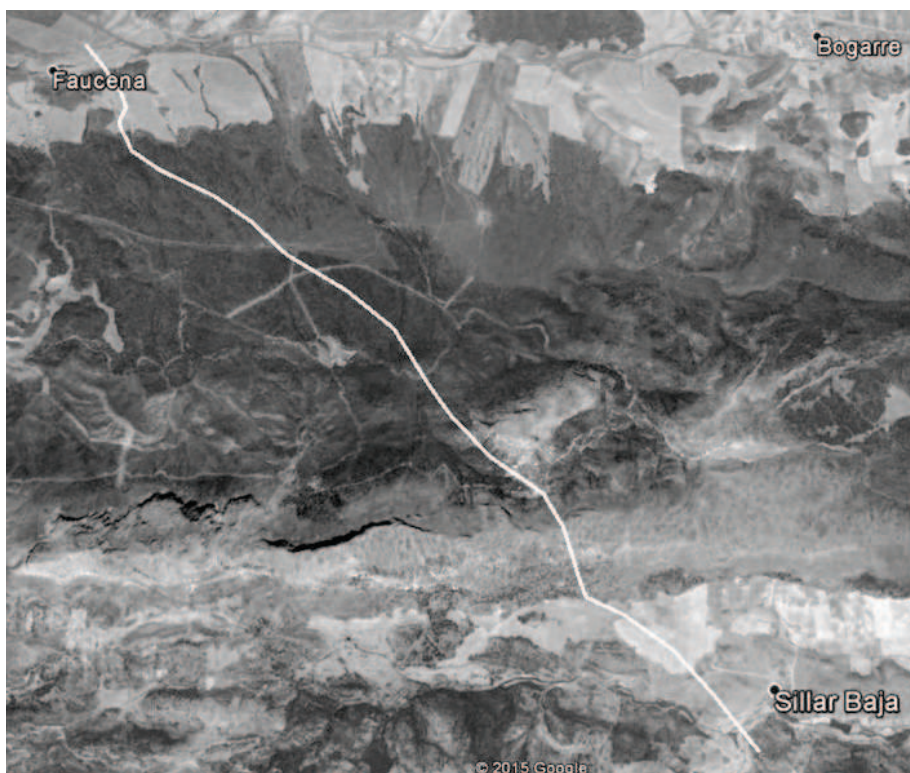
## **ÍNDICE**

A. Introducción y objeto del proyecto .....	1
B. Normativa aplicada .....	3
C. Necesidades y prestaciones de las instalaciones requeridas .....	4
D. Soluciones adoptadas .....	5
E. Plazo y diagrama de ejecución.....	10
F. Resumen de presupuesto .....	11
G. Conclusión a la Memoria y firma .....	12

## **A. INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL PROYECTO**

Se realiza este proyecto para la futura construcción de un túnel de autopista. La realización de este túnel es debida a los siguientes motivos:

- Se ha proyectado la construcción de un nuevo tramo de la autopista A-44 Autovía de Sierra Nevada - Costa Tropical, de 11.2 km de longitud, entre las localidades de Faucena y Sillar Baja, para el que se ha asignado un presupuesto total de 94 millones de euros.
- Este tramo atraviesa la cordillera de la Sierra de Arana, cuya geografía dificulta la construcción de una carretera superficial.
- En este tramo se encuentra también el Parque Natural Sierra de Huétor, donde habitan especies protegidas cuyo hábitat no se debe perturbar.



Por los motivos citados, se decide que la solución más conveniente es la construcción de un túnel, que comunicará ambas laderas de la cordillera.

El presente proyecto tiene por objeto definir las obras necesarias para la instalación eléctrica de un túnel de autopista, que se situará en el kilómetro 123 de la carretera A-44. Dicho punto pertenece al término municipal de Sillar Baja. Las coordenadas UTM son las siguientes:

37° 20' 46.5" N    3° 25' 21.2" W

Quedan dentro del alcance de este proyecto los siguientes propósitos:

- Instalación eléctrica de media tensión, desde los dos centros de seccionamiento y medida, situados uno en cada entrada del túnel, hasta el centro de transformación, ubicado en el centro del túnel.
- Instalación de baja tensión, donde se incluyen las siguientes instalaciones:
  - Sistemas para garantizar la continuidad del suministro: doble alimentación, grupo electrógeno, sistema de alimentación ininterrumpida.
  - Alumbrado interior: iluminación de la carretera, de recintos interiores, y de seguridad.
  - Ventilación y extracción: equipos para la ventilación de gases contaminantes y para la extracción de humo en caso de accidente.
- Instalación de equipos de seguridad: instalación de todos aquellos elementos pensados para la seguridad de las personas.

Quedan fuera del alcance de este proyecto:

- Instalación eléctrica de media tensión: enganche desde líneas de de 20 kV hasta los centros de seccionamiento y medida.
- Diseño e instalación de la red de agua para los equipos BIE e hidratantes, y de la red de saneamiento para el drenaje de líquidos tóxicos.
- Programación del funcionamiento de los equipos de carretera: paneles de señalización variable, barreras de entrada, semáforos, megafonía.

## **B. NORMATIVA APLICADA**

Las normativas que se han aplicado para la elaboración de este proyecto han sido las siguientes:

- REAL DECRETO 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.
- ORDEN DE 27 DE DICIEMBRE DE 1999, POR LA QUE SE APRUEBA LA NORMA 3.1-IC TRAZADO, DE LA INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS.
- ORDEN DE 28 DE DICIEMBRE DE 1999, POR LA QUE SE APRUEBA LA NORMA 8.1-IC. SEÑALIZACIÓN VERTICAL, DE LA INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS.
- ORDEN DE 26 DE JULIO DE 1987, POR LA QUE SE APRUEBA LA NORMA 8.2-IC. MARCAS VIALES, DE LA INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS.
- REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01a BT 51.
- 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.
- 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 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.
- Publicación CIE 88:2004 "Guide for the lighting of road tunnels and underpasses".
- Publicación CIE 88:2004 "Road lighting calculations".
- ORDEN de 17 de mayo de 2007, por la que se regula el Régimen de Inspecciones Periódicas de las instalaciones eléctricas de baja tensión (Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, ámbito autonómico).

### **C. NECESIDADES Y PRESTACIONES DE LAS INSTALACIONES REQUERIDAS**

Las características del túnel objeto de este proyecto son las siguientes:

- Longitud: 600 m
- IMD (Intensidad media diaria, en vehículos/día): < 2000
- Velocidad máxima: 100 km/h.
- Número de carriles: 2 en un sentido y 3 en el otro.
- Pozos de extracción: uno en el centro de cada túnel

Como se puede apreciar en los planos dados, el sentido del túnel es de norte a sur. El túnel a cuya entrada se accede por el norte, que de ahora en adelante pasará a llamarse Túnel Norte, será el que conste de 2 carriles; y el túnel con acceso por el sur, que se llamará Túnel Sur, constará de 3 carriles.

Para este tipo de túneles, los requisitos de equipamiento mínimo de seguridad son los siguientes:

- Aceras.
- Salidas de emergencia.
- Drenaje de líquidos tóxicos.
- Iluminación normal.
- Iluminación de seguridad.
- Iluminación de emergencia.
- Ventilación.
- Generadores de emergencia.
- Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI).
- Detectores de CO.
- Detección de incendios.
- Puestos de emergencia.
- Señalización de salidas y equipamientos de emergencia.
- Señalización según Norma 8.1 y 8.2 IC.
- Barreras exteriores.
- Semáforos exteriores.
- Megafonía.
- Red de hidrantes.



## D. SOLUCIONES ADOPTADAS

Se han diseñado los perfiles de ambos según la normativa de carreteras, siguiendo las secciones tipo para cada caso.

Túnel NORTE:

acera	arcén	carril	carril	arcén	acera
-----	-----	-----	-----	-----	-----
0.75	1.00	3.5	3.5	2.5	0.75

Túnel SUR:

acera	arcén	carril	carril	carril	arcén	acera
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0.75	1.00	3.5	3.5	3.5	1.00	0.75

Medidas expresadas en metros.

La altura libre a respetar será de 2 metros sobre las aceras y 5 metros sobre la calzada.

El diseño en planta que se ha realizado es el siguiente: dos tubos de hormigón (uno para cada túnel), un habitáculo interior para diversos usos y galerías empleadas como vías de evacuación de emergencia.

En los planos se pueden apreciar con mayor detalle las características físicas del túnel que se han descrito.

## INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La instalación eléctrica de media tensión proyectada parte de dos centros de seccionamiento y medida, situados uno en cada entrada del túnel. La función de estos centros es doble: en primer lugar, función de entrada de línea con seccionamiento de puesta a tierra; y en segundo lugar, centro de contabilización de consumos en alta tensión, mediante transformadores de tensión e intensidad y contador de potencia activa trifásico, siguiendo las condiciones de la compañía distribuidora (Endesa Distribución S.A.).

De los dos centros descritos parten dos líneas, formadas por tres conductores unipolares cada una, que llegan hasta el centro de transformación, situado en los recintos interiores en el centro de los dos túneles. Las dos líneas se conmutan en una celda de conmutación automática, dando prioridad a la línea procedente del norte. De esta forma se asegura un suministro de corte breve (menos de un segundo) en caso de fallo en una de las líneas. En el centro de transformación contará con celda de protección del transformador, y posterior a esta el transformador de potencia, de 1000 kVA. Tanto los centros de

seccionamiento como el centro de transformación constarán con las puestas a tierra reglamentarias para cada caso.

A la salida del transformador se colocará el Cuadro de Baja Tensión (CBT), que conectará con el Cuadro General (CG) a través de la Línea General de Alimentación (LGA). Del CG partirán el resto de cuadros de protecciones.

Se proporcionará servicio ininterrumpido a través de SAI a los servicios indispensables para la seguridad de los usuarios del túnel: iluminación de emergencia, señalización, detección de humo y calor, autómatas de control, paneles luminosos, semáforos, barreras y puestos de emergencia.

A través de un grupo electrógeno de 689 kW se alimentarán los servicios de corte admisible inferior a 30 segundos (los extractores), y se respaldará al equipo SAI.

En el mismo recinto que el grupo electrógeno y los armarios del SAI, se instalará una batería de condensadores para la corrección del factor de potencia de la instalación. Ésta se conectará al mismo cuadro que los extractores, como una carga más, para un mejor funcionamiento del grupo electrógeno.

Las cargas y equipos cuya instalación son el principal objeto de este proyecto se pueden dividir en tres bloques: iluminación interior, ventilación y extracción, y elementos de protección. Todos los equipos están gobernados por autómatas programables, por lo que en el túnel no será preciso un personal de vigilancia ni operadores.

## ILUMINACIÓN

La iluminación del interior de los tubos se ha dividido en diferentes niveles, en función de la luminosidad exterior:

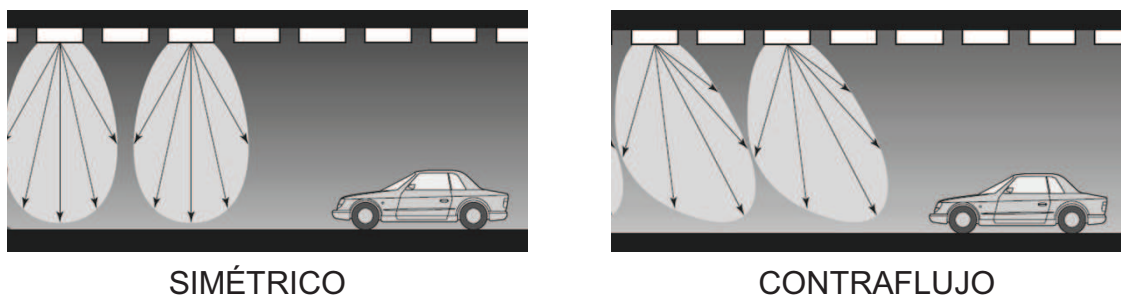
- Nivel Soleado: a partir de la salida del sol, para aquellas horas en las que la luminosidad sea abundante.
- Nivel Nublado: a partir de la salida del sol, para aquellas horas en las que la luminosidad sea escasa.
- Nivel Noche: tras la puesta de sol, para aquellas horas en las que la luminosidad exterior es prácticamente nula.
- Nivel Emergencia: se activará este nivel si se produce una falta de suministro de energía en las dos líneas de alimentación.

El cambio de niveles entre diurnos y nocturnos se realizará mediante un reloj astronómico integrado en el propio sistema de control.

El cambio entre el nivel Nublado y el Soleado se llevará a cabo mediante un sensor de luz. Dicho detector se tarará de forma que a partir de 20000 lux, el nivel de luz activo será el Soleado, quedando el nivel Nublado para valores inferiores a esta cifra.

Para los recintos interiores y las salidas de emergencia la iluminación no se divide en niveles, ya que no afecta la luminosidad exterior.

Una mejora importante que incluye este proyecto es la elección de un sistema de alumbrado de carretera más seguro para los usuarios del túnel. El CIE088-2004 recomienda un sistema de alumbrado simétrico en la zona interior del túnel, y un sistema a contraflujo en la zona de entrada. Ahora bien, esta recomendación se basa en que para la zona de entrada se necesita una luminancia muy elevada, y esto es más fácil de conseguir con un sistema a contraflujo.



En este proyecto se ha desechado la opción del sistema a contraflujo por los siguientes motivos, en orden de prioridades:

- El sistema a contraflujo produce deslumbramientos que ponen en peligro la seguridad de los conductores.
- Se ha demostrado que es factible la instalación de un alumbrado con sistema simétrico con el que se puede lograr la luminancia calculada.
- El sobrecoste que genera la decisión de utilización del sistema simétrico no es muy elevado, ni de inversión inicial, ni de costes de consumo de energía, y se compensa con la instalación de alumbrado de bajo consumo en el resto de zonas. Además, esta colocación de las luminarias genera reducciones en el coste de la mano de obra (tanto de instalación como de mantenimiento).

## VENTILACIÓN Y EXTRACCIÓN

Las instalaciones de ventilación y extracción, aunque puedan parecer similares, tienen un objetivo bien diferenciado:

- Ventilación longitudinal para la dilución de gases contaminantes: el objetivo es prevenir el riesgo de explosión, debido a la acumulación de gases contaminantes como el monóxido de carbono o los óxidos de azufre. La detección de estos gases se realiza mediante detectores de CO-NOx, situados

a lo largo de cada túnel en la parte superior del tubo de hormigón. La ventilación se ejecuta por medio de ventiladores (8 en cada túnel) de gran potencia.

- Extracción de humos: el objetivo es la actuación, en caso de incendio, accidente o explosión, para disminuir los daños que se puedan producir. La finalidad de estas instalaciones es evacuar el humo lo más rápidamente posible para que las personas puedan ponerse a salvo. La detección se realiza por medio de detectores de humo y de calor, situados a lo largo de cada túnel en la parte superior del tubo de hormigón. La extracción se ejecuta, a través de una chimenea o pozo de extracción con el que cuenta cada túnel, mediante potentes extractores helicoidales (4 en cada pozo de extracción).

### EQUIPOS DE PROTECCIÓN

En el presente proyecto también se detallan los equipos e instalaciones destinadas a la seguridad de los usuarios, como son las siguientes:

- Puestos de emergencia: donde se incluyen dos extintores de polvo ABC, una boca de incendios, una boca de riego, un teléfono de emergencia, y un pulsador de alarma. Todos estos elementos irán señalizados con los carteles correspondientes.

- Señalización luminosa: indica la posición de puestos de emergencia y salidas de emergencia.

- Paneles de señalización: están pensados para guiar a los conductores y advertirles de cualquier situación de peligro.

- Megafonía: avisos sonoros para los usuarios del túnel.

- Semáforos y barreras: su objetivo es bloquear el acceso al túnel en casos determinados.

En el presente proyecto se incluyen además:

- un Pliego de Condiciones, donde se describen las obligaciones de cada uno de los participantes en la obra (Contratante, Contratista, Dirección Facultativa) y las particularidades acerca de los materiales y los trabajos a realizar;

- un Estudio de Seguridad y Salud, con todas las indicaciones a tener en cuenta en materia de seguridad, salud e higiene durante el transcurso de la obra;

- un anejo de Gestión de Residuos, donde se especifican los pasos a seguir para la correcta valoración, reutilización o eliminación de los residuos, causando los mínimos daños a las personas y al medioambiente.

- Planos donde se representan gráficamente y al máximo detalle todos los elementos de la instalación.
- y un Presupuesto, donde se detallan las cantidades y precios de todas las unidades de obra, y el coste de la suma de todas ellas.

**E. PLAZO Y DIAGRAMA DE EJECUCIÓN**

Las instalaciones se completarán en un tiempo no superior a 7 SEMANAS, desde el comienzo de las obras para la instalación eléctrica.

Los trabajos se realizarán según el siguiente diagrama de ejecución:

DIAGRAMA DE EJECUCIÓN		SEMANAS						
		1	2	3	4	5	6	7
TRABAJO	Excavaciones y fosos	■						
	Estructuras y canalizaciones	■						
	Centro de transformación		■					
	Centros de seccionamiento		■					
	Líneas conexión CT-CS			■				
	Instalación Baja Tensión			■	■			
	Iluminación			■	■	■	■	
	Ventilación y extracción				■			
	Detección y control					■		
	Seguridad contra incendios						■	
Pruebas y puesta en marcha							■	

**F. RESUMEN DEL PRESUPUESTO**

Cod.	Descripción	Precio (€)
Capítulo 1: MEDIA TENSIÓN		
1.01	Centros de seccionamiento y medida.	5837.82
1.02	Centro de transformación.	8434.91
1.03	Interconexión C.T. - C.S.	39459.00
1.03	Puestas a tierra.	1884.20
<b>SUBTOTAL CAPÍTULO 1:</b>		<b>55615.93</b>
Capítulo 2: BAJA TENSIÓN		
2.01	Interruptores automáticos.	67132.84
2.02	Apararata eléctrica y automatización.	41529.63
2.03	Cables.	1487283.31
2.04	Armarios.	2575.46
2.05	Canalizaciones.	199468.40
<b>SUBTOTAL CAPÍTULO 2:</b>		<b>1797989.64</b>
CAPÍTULO 3: EQUIPOS		
3.01	Recinto grupo electrógeno.	22963.77
3.02	Detectores.	5828.73
3.03	Iluminación.	569516.00
3.04	Ventilación.	369720.00
3.05	Señalización y control del tráfico.	5805.16
3.06	Equipos contra incendios.	3612.30
<b>SUBTOTAL CAPÍTULO 3:</b>		<b>977445.96</b>
CAPÍTULO 4: GESTIÓN DE RESIDUOS, SEGURIDAD Y SALUD		
4.01	Seguridad y salud.	3577.00
4.02	Gestión de residuos.	778.00
<b>SUBTOTAL CAPÍTULO 4:</b>		<b>985413.26</b>

**IMPORTE TOTAL DE EJECUCIÓN MATERIAL: ... 2835406.53 €**

13% Gastos generales ..... 368602.85 €

6% Beneficio industrial ..... 170124.40 €

21% IVA ..... 708568.10 €

**TOTAL PRESUPUESTO ..... 4 082 701.83 €**

Asciende el presente presupuesto de contrata a la cantidad total de CUATRO MILLONES OCHENTA Y DOS MIL SETECIENTOS UN EUROS CON OCHENTA Y TRES CÉNCIMOS.

**G. CONCLUSIÓN Y FIRMA**

Se concluye esta memoria, asumiendo el proyectista toda la responsabilidad sobre la misma. Y para que conste a los efectos oportunos, así lo firma:

Fdo.: Jesús Gómez García

En Béjar, a 4 de septiembre de 2015



## II. ANEJO DE MEDIA TENSIÓN



## ÍNDICE

A. Introducción y objeto.....	1
B. Normativa aplicada .....	1
C. Centros de seccionamiento .....	2
a. Emplazamiento .....	2
b. Características principales del CS tipo .....	2
c. Edificio prefabricado del CS tipo .....	3
d. Celdas de alta tensión .....	5
1. De línea.....	5
2. De medida .....	7
e. Instalaciones de Puesta a Tierra (PaT) .....	10
1. Resistividad media del terreno .....	10
2. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra de protección (masas) ...	10
3. Cálculo de la intensidad y la tensión de defecto a tierra .....	10
4. Cálculo de las tensiones de paso y contacto .....	11
5. Diseño del electrodo y verificación de resultados .....	11
6. Materiales a utilizar .....	11
f. Contabilización de consumos. Tipo y ubicación de contadores .....	12
D. Centro de transformación .....	13
a. Emplazamiento y características del recinto .....	13
b. Celdas de alta tensión .....	16
1. De conmutación automática .....	16
2. De protección de transformador .....	18
c. Transformador .....	20
d. Interconexión celda - transformador .....	24
e. Fusibles limitadores de M.T. ....	24
f. Interconexión transformador - cuadro salidas BT .....	24
g. Instalaciones de Puesta a Tierra (PaT) .....	25
1. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra de protección (masas) ...	26
2. Cálculo de la intensidad y la tensión de defecto a tierra .....	26

3. Cálculo de las tensiones de paso y contacto .....	26
4. Diseño del electrodo y verificación de resultados .....	26
5. Puesta a tierra del neutro del transformador .....	27
6. Separación entre puestas a tierra .....	28
7. Materiales a utilizar .....	29
h. Materiales de seguridad y de primeros auxilios .....	30
E. Conexión C.S. - C.T.....	31
F. Conclusión y firma .....	32

## **A. INTRODUCCIÓN Y OBJETO**

Se ha redactado el presente anejo con el fin de describir, al máximo nivel de detalle, todas las instalaciones de media tensión. Entre estas instalaciones se encuentran los dos centros de seccionamiento y medida, el centro de transformación, las líneas de conexión entre centros y las instalaciones de puesta a tierra. La tensión nominal de todas las instalaciones de media tensión será de 20 kV.

## **B. NORMATIVA APLICADA**

Para la elaboración de este anejo, la normativa que se ha seguido ha sido la siguiente:

- REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01a BT 51.
- 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.
- 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.

## **C. CENTROS DE SECCIONAMIENTO**

Los centros de seccionamiento y medida que se va a instalar cumple todas las condiciones indicadas en la ITC-RAT 17 CONJUNTOS PREFABRICADOS DE APARAMENTA BAJO ENVOLVENTE AISLANTE HASTA 52 kV.

El fabricante debe asegurar que el todos los elementos cumplen las normas UNE correspondientes a cada uno, especificadas en la ITC-RAT-2 NORMAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO.

### **a. Emplazamiento**

Los centros de seccionamiento y medida (C.S., de ahora en adelante) se ubican uno a la entrada Norte de los túneles, y el otro en la Entrada Sur, están colocados sobre la mediana, entre los dos carriles. (Véase con mayor detalle en los planos).

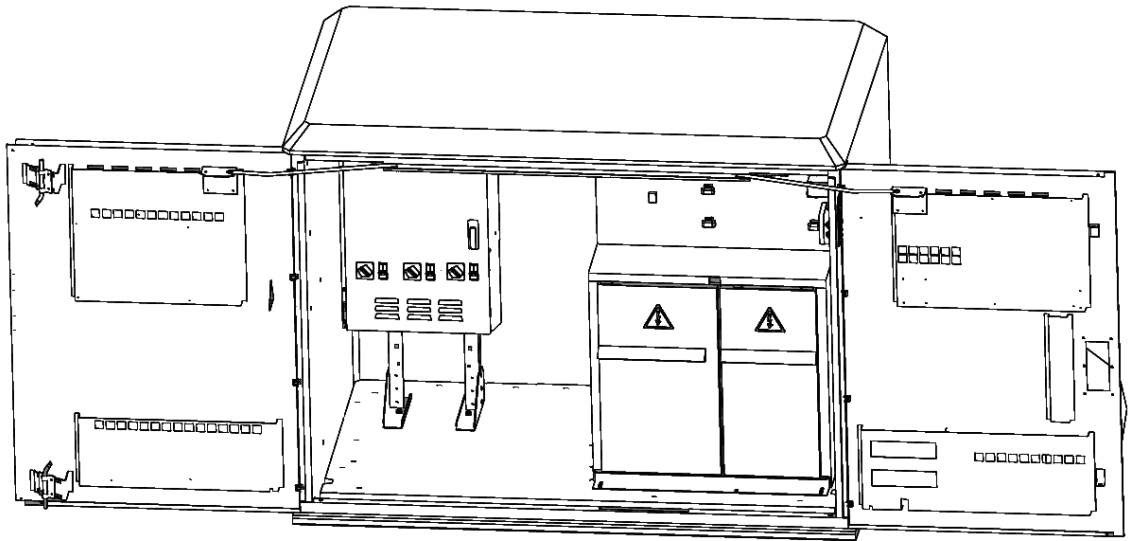
Se instalarán dos C.S. exactamente iguales, por lo que a continuación, aunque se hable de "el C.S.", las indicación serán válidas para ambos.

### **b. Características principales del CS tipo**

El C.S. cumplirá dos funciones diferenciadas:

- Entrada de línea y seccionamiento. Para la realización de esta función se instalará una celda de seccionamiento con puesta a tierra, que se describe en apartados posteriores.
- Medida: se contabilizará el consumo eléctrico en alta tensión, a través de transformadores de tensión e intensidad, y un contador trifásico. Los transformadores vienen incorporados en la celda de medida, que también se describe en apartados posteriores. El contador se sitúa en un armario destinado para ello.

Todo se englobará en un conjunto prefabricado, que se describe en el siguiente apartado.

**c. Edificio prefabricado del CS tipo**

MODELO: ECS24. Centro de seccionamiento prefabricado de hormigón. Hasta 24 kV

FABRICANTE: Schneider Electric España, S.A.

Peso aproximado:

Peso total: 3181 kg.

Envoltente:

Grado de protección contra penetración de objetos extraños IP 23D

Grado de protección contra impacto mecánico IK 10

Doble puerta frontal de maniobra exterior.

Retenedores de puerta, con posiciones de fijación a 90° y 180°.

Dimensiones exteriores:

Véase el plano "DIMENSIONES DEL C.S.", facilitado por el fabricante.

Condiciones normales de servicio:

- Temperatura: máxima 70 °C - mínima -40 °C.

- Humedad relativa máxima (valor medio medido en un periodo de 24h): 95%.

- Aire ambiente: no debe encontrarse contaminado de forma significativa por polvo, humo, gases corrosivos y/o inflamables, vapores o sal.

Interior:

- Celda de entrada de línea, con seccionamiento de puesta a tierra.
- Celda de medida, con transformadores de tensión e intensidad.
- Conexión entre celdas por barras.
- Cuadro de contador de energía.
- Canalización y conexión Celda de medida- Cuadro de medida.

Foso necesario para la instalación:

El centro está diseñado para ser instalado parcialmente enterrado, para lo cual es necesario realizar previamente un foso en el terreno de las dimensiones y características indicadas en el plano "FOSO C.S.", facilitado por el fabricante.

El edificio prefabricado se apoyará sobre un lecho de arena de 15 cm de espesor, situado al fondo del foso.

La distancia entre la pared del foso y las paredes laterales debe ser 500 mm para permitir la extracción de los útiles de manipulación situados en ambos lados.

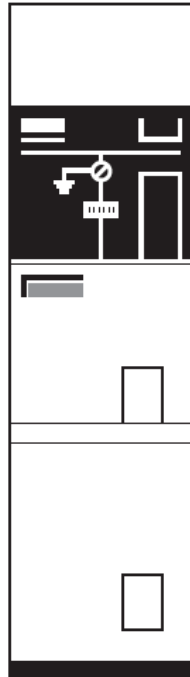
Acera perimetral:

Capa de hormigón sólo en los laterales y la parte frontal. Está constituida por una losa de hormigón de 20 cm de espesor, que cubre una superficie hasta 1.20 m de las aristas exteriores del prefabricado, y que contiene, hasta 1 m de las aristas exteriores del prefabricado, un mallazo electrosoldado de construcción con redondos de 4 mm de diámetro formando una retícula de 0.30 x 0.30 m. Este mallazo se conecta a la puesta a tierra de protección del centro



**d. Celdas de alta tensión**

Tanto la celda de conmutación automática como la de protección del transformador cumplen las condiciones indicadas en la ITC-RAT 06 APARATOS DE MANIOBRA DE CIRCUITOS.

**1. De línea**

VISTA EXTERIOR



ESQUEMA UNIFILAR

*Celda de entrada de línea con seccionamiento de puesta a tierra*

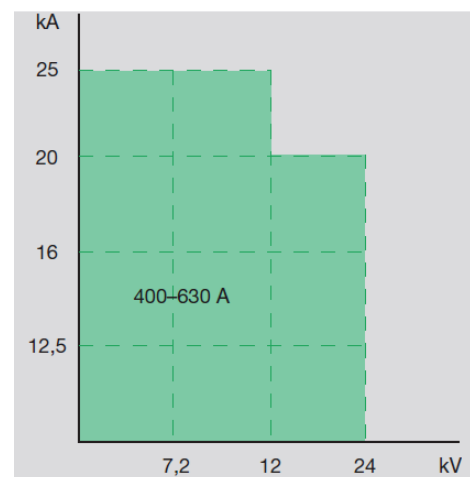
FABRICANTE: Schneider Electric España, S.A.

**CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS:**

Tensión Asignada: hasta 24 kV.

Intensidad Nominal: 400 - 630 A.

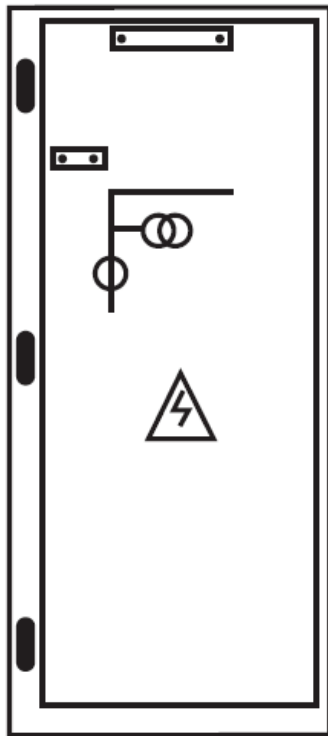
Poder de Corte: 20 kA.



## EQUIPO BASE:

- Seccionador (SF6).
- Seccionador de puesta a tierra sin poder de cierre.
- Juego de barras tripolar.
- Mandos CS1 manualmente dependiente.
- Bornes de conexión para cable seco unipolar de sección inferior o igual a 400 mm<sup>2</sup>.
- Dispositivo con bloque de 3 lámparas de presencia de tensión.

## 2. De medida



VISTA EXTERIOR



ESQUEMA UNIFILAR

*Celda de medida de tensión en intensidad con entrada superior por barras y salida inferior por cable.*

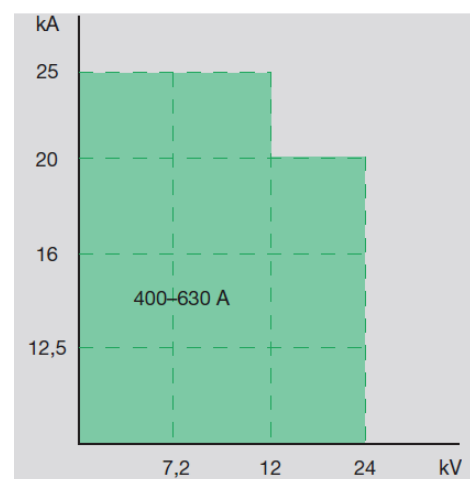
FABRICANTE: Schneider Electric España, S.A.

### CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS:

Tensión Asignada: hasta 24 kV.

Intensidad Nominal: 400 - 630 A.

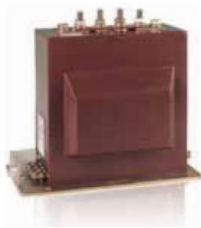
Poder de Corte: 20 kA.



EQUIPO BASE:

- 2 transformadores de intensidad: ARTECHE ACJ-24
- 2 transformadores de tensión bipolares: ARTECHE VCL 24.
- Juego de barras tripolar.
- Bornes de conexión para cable seco unipolar de sección inferior o igual a 400 mm<sup>2</sup>.

TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD:



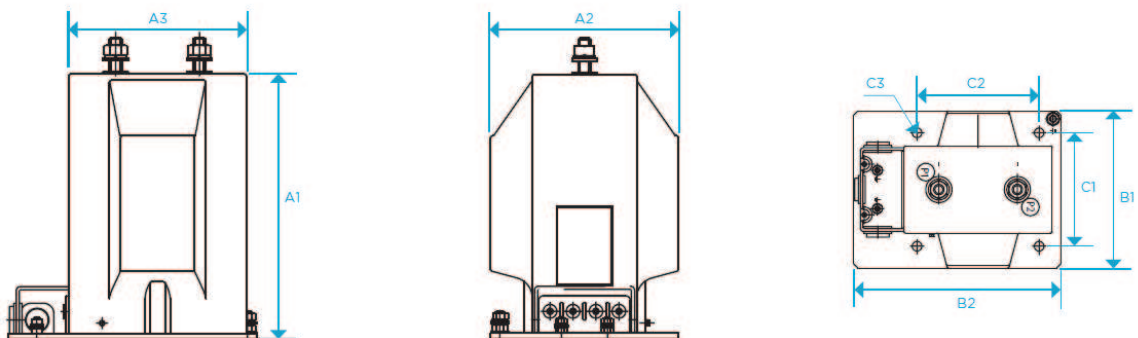
MODELO ACJ

Transformadores de intensidad de servicio interior, encapsulado en resina que además de su función principal, actúan como soporte de barras.

Características eléctricas

Modelo	Tensión máxima de servicio (kV)	Tensiones de ensayo		Intensidad primaria máxima (A)		Intensidad de cortocircuito		Número máximo de núcleos	
		Frecuencia Industrial (kV)	Impulso (kVp)	Intensidad de cortocircuito		I <sub>sc</sub> (A)			
				S.R.	D.R.		S.R.		D.R.
ACJ-24	24	50	125	2.500	2x600	100	50	2,5xI <sub>th</sub>	3

DIMENSIONES



Dimensiones y pesos

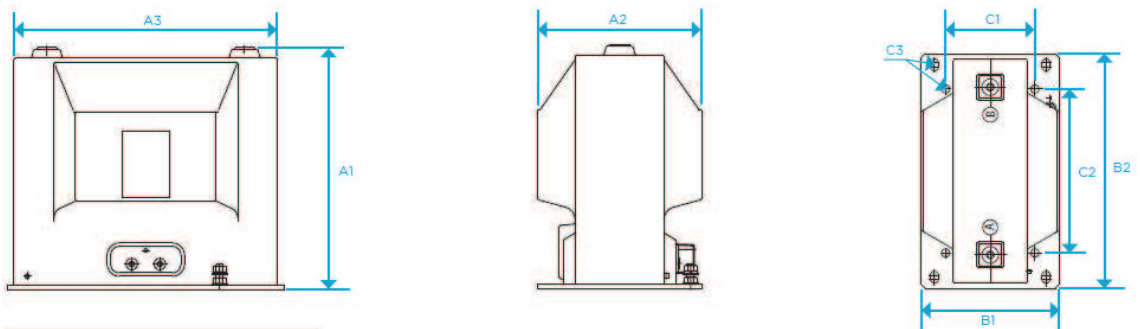
Modelo	Dimensiones (mm)			Base (mm)		Anclaje (mm)			Peso (kg)
	Alto (A1)	Ancho (A2)	Largo (A3)	Ancho (B1)	Largo (B2)	Ancho (C1)	Largo (C2)	Díametro agujero (C3)	
ACJ-24	280	178	270	178	345	150	280	14	35

TRANSFORMADORES DE TENSIÓN:



Características eléctricas					
Modelo		Tensión máxima de servicio (kV)	Tensiones de ensayo		Potencia calentamiento (VA)
			Frecuencia industrial (kV)	Impulso (kVp)	
VCL-24	VXL-24	24	50	125	750

DIMENSIONES



Modelo		Dimensiones (mm)			Base (mm)		Anclaje (mm)			Peso (kg)
		Alto (A1)	Ancho (A2)	Largo (A3)	Ancho (B1)	Largo (B2)	Ancho (C1)	Largo (C2)	Diámetro agujero (C3)	
VCL-24	VXL-24	275	185	300	185	315	120/150	220/290	11	28

### **e. Instalaciones de Puesta a Tierra (PaT)**

Las instalaciones de Puesta a Tierra que se describen a continuación cumplen todas las condiciones indicadas en la ITC-RAT 13 INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.

En los casos en los que el reglamento no establece un procedimiento sino que deja que sea el proyectista el que elija un método fiable, o bien se ha empleado el método de ENUSA "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", o bien se ha demostrado la solución adoptada.

El procedimiento que se ha seguido viene descrito en el apartado 7. CÁLCULOS, parte 7.X. PROCEDIMIENTO CÁLCULO Y DISEÑO DE LAS PUESTAS A TIERRA DE PROTECCIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

#### **1. Resistividad media del terreno**

En el apartado 1 del citado anejo viene descrito cómo se ha obtenido el valor de resistividad media del terreno. El resultado es el siguiente:

$$\rho_s = 244 \Omega \cdot m$$

#### **2. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra de protección (masas)**

En el apartado 4 del anejo viene descrito cómo se ha obtenido el valor de resistencia del sistema de tierras. El resultado es el siguiente:

$$R_T = 32.94 \Omega$$

#### **3. Cálculo de la intensidad y la tensión de defecto a tierra**

En el apartado 4 del anejo se calcula la intensidad de defecto a tierra:

$$I_d = 345.4 A$$

La tensión de defecto se calcula a continuación:

$$V_d = R_T \cdot I_d = 11377.9 V$$

Aunque el valor que recomienda UNESA es 10000 V, la tensión de aislamiento de todos los materiales del C.S. (tanto los de alta como los de baja tensión) es de 24 kV, por lo que se da por válido el valor de  $V_d$  obtenido.

#### 4. Cálculo de las tensiones de paso y contacto

En el anejo se han calculado las tensiones de paso interior y exterior, la tensión de acceso, y la tensión de paso de acceso.

#### 5. Diseño del electrodo y verificación de resultados

Con el diseño que se muestra en el anejo se cumplen todos los requisitos, por lo que se da por válida la instalación de puesta a tierra.

#### 6. Materiales a utilizar

- Conductor desnudo de cobre de 50 mm<sup>2</sup> de sección (tanto para línea de puesta a tierra como para electrodo horizontal).
- Picas: en todo caso se utilizarán picas de acero-cobre, de dos metros de longitud y 14 mm de diámetro.
- Grapa galvanizada con tornillo de acero inoxidable para la conexión entre conductores.
- Grapa galvanizada de conexión para picas cilíndricas de acero cobre.

### **f. Contabilización de consumos. Tipo y ubicación de contadores**

Para la contabilización de consumos se ha tenido en cuenta las indicaciones de la ITC-BT-16 INSTALACIONES DE ENLACE. CONTADORES: UBICACIÓN Y SISTEMAS DE INSTALACIÓN.

El contador de energía se ubicará en un armario situado en la parte izquierda del C.S., y tanto el armario como el contador deberán cumplir las prescripciones particulares de la empresa distribuidora, Endesa distribución S.A, indicadas en la normativa particular NNE002.

Armario:

- MARCA: Pronutec
- MODELO: CMAT-ID teled medida tipo 3
- DIMENSIONES: 800x550x350 mm



Contador:

- MARCA: Actaris
- MODELO: ACE3000 Tipo 520
- ENERGÍA: Activa
- TIPO: Estático
- Nº DE FASES: 3F + N (cuatro hilos)
- CLASE: Clase 2
- INTENSIDAD NOMINAL: 10 A
- INTENSIDAD MÁXIMA SOPORTADA: 60 A
- TENSIÓN ASIGNADA: 230/400 V



Cables para la conexión:

- MATERIAL: Cobre flexible Clase 5
- SECCIÓN: 6 mm<sup>2</sup>
- AISLAMIENTO: XLPE
- TENSIÓN ASIGNADA: 450/750 V
- CANALIZACIÓN: Conducto prefabricado del C.S.
- REFERENCIA TÉCNICA: RZ1-K (AS)
- Nº DE CABLES: 3 F + N



## **D. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

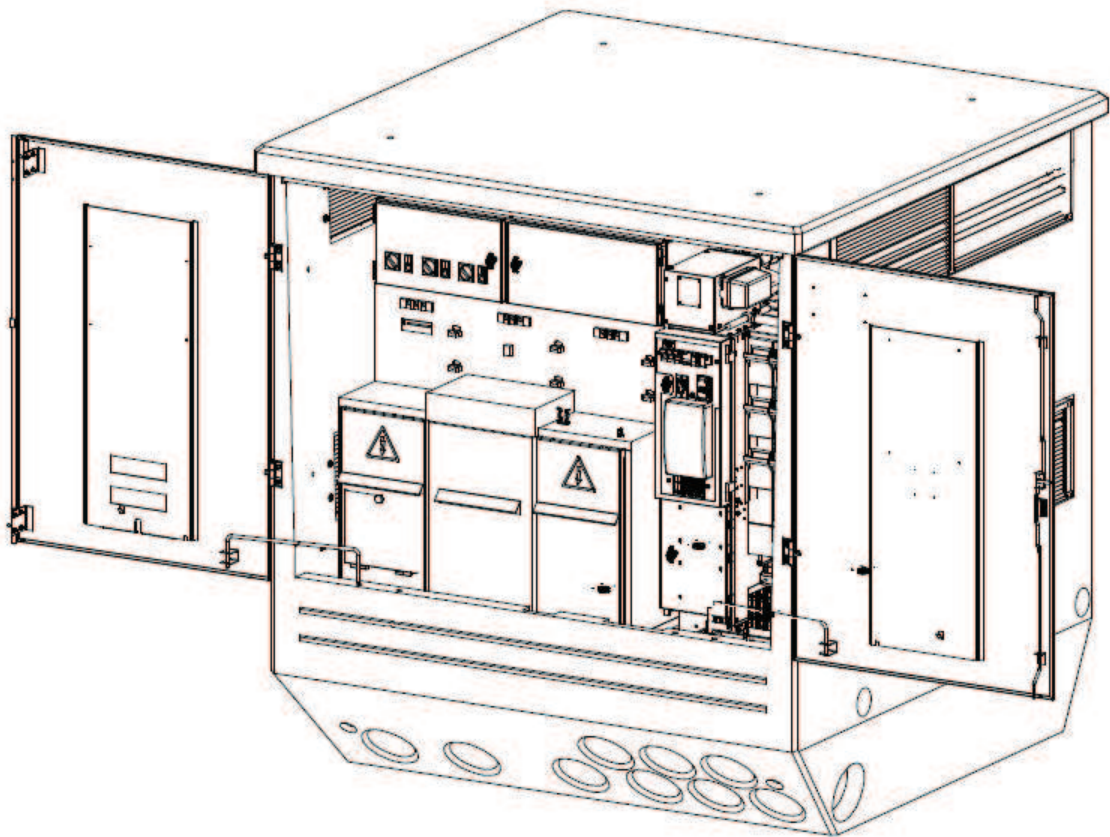
Al igual que los C.S., el centro de transformación que se va a instalar cumple todas las condiciones indicadas en la ITC-RAT 17 CONJUNTOS PREFABRICADOS DE APARAMENTA BAJO ENVOLVENTE AISLANTE HASTA 52 kV.

### **a. Emplazamiento y características del recinto**

El centro de transformación (C.T., de ahora en adelante) se ubica en hueco habilitado para ello entre los dos túneles, en el centro. Véase con mayor detalle en los planos).

Se trata de un edificio prefabricado de hormigón, a la orden el cumplimiento de las siguientes normas:

- UNE-EN 62271-202:2007 Aparata de alta tensión. Parte 202: Centros de transformación prefabricados de alta tensión/baja tensión.
- UNE EN 50532:2011 Conjuntos compactos de aparata para centros de transformación (CEADS).



MODELO: PTE centro prefabricado de hormigón. Hasta 24kV

FABRICANTE: Schneider Electric España, S.A.

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

##### Peso aproximado:

Con PLT-2 1000 kVA: 8910 kg.

##### Envolvente:

Clase asignada de la envolvente 10 K (UNE-EN 61330)

Grado de protección contra penetración de objetos extraños IP 23D

Grado de protección contra impacto mecánico IK 10

Doble puerta frontal de maniobra exterior.

Rejillas de ventilación.

Retenedores de puerta, con posiciones de fijación a 90° y 180°.

##### Plataforma PLT-2 UF:

- Transformador.
- Celdas AT.
- Cuadro BT.
- Conexiones Celdas MT-Transformador y Transformador - Cuadro BT.
- Conexión puestas a tierra de protección y de neutro.
- Caja de seccionamiento de tierra de herrajes.
- Caja de seccionamiento tierra de neutro.
- Punto de luz, con cuadro de protección.

##### Dimensiones exteriores:

Véase el plano "DIMENSIONES C.T.", facilitado por el fabricante.

##### Condiciones normales de servicio:

- Temperatura: máxima 70 °C - mínima -40 °C.
- Humedad relativa máxima (valor medio medido en un periodo de 24h): 95%.
- Aire ambiente: no debe encontrarse contaminado de forma significativa por polvo, humo, gases corrosivos y/o inflamables, vapores o sal.

Foso necesario para la instalación:

El centro está diseñado para ser instalado parcialmente enterrado, para lo cual es necesario realizar previamente un foso en el terreno de las dimensiones y características indicadas en plano "FOSO C.T.", facilitado por el fabricante.

El edificio prefabricado se apoyará sobre un lecho de arena de 15 cm de espesor, situado al fondo del foso.

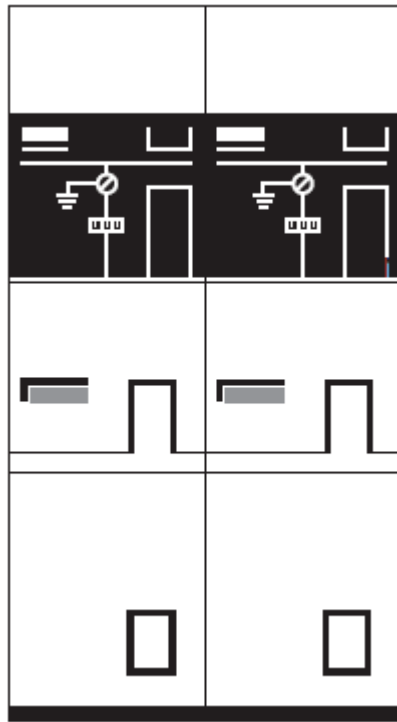
La distancia entre la pared del foso y las paredes laterales debe ser 500 mm para permitir la extracción de los útiles de manipulación situados en ambos lados.

Acera perimetral:

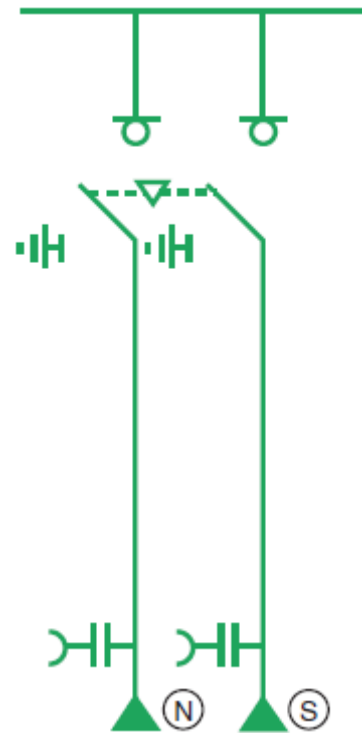
Capa de hormigón sólo en los laterales y la parte frontal. Está constituida por una losa de hormigón de 20 cm de espesor, que cubre una superficie hasta 1.20 m de las aristas exteriores del prefabricado, y que contiene, hasta 1 m de las aristas exteriores del prefabricado, un mallazo electrosoldado de construcción con redondos de 4 mm de diámetro formando una retícula de 0.30 x 0.30 m. Este mallazo se conecta a la puesta a tierra de protección del centro.

**b. Celdas de alta tensión**

Tanto la celda de conmutación automática como la de protección del transformador cumplen las condiciones indicadas en la ITC-RAT 06 APARATOS DE MANIOBRA DE CIRCUITOS.

**1. De conmutación automática**

VISTA EXTERIOR



ESQUEMA UNIFILAR

*Conmutación Automática de red prioritaria (N) y red de socorro (S).*

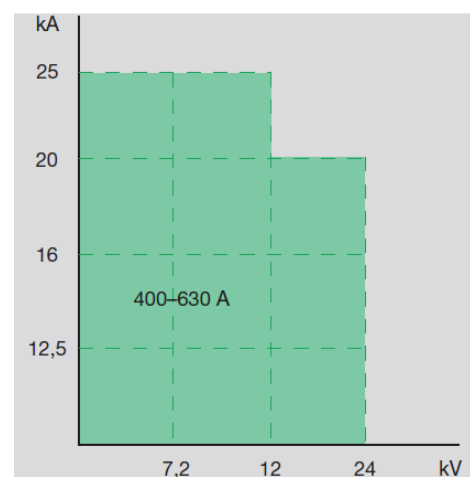
FABRICANTE: Schneider Electric España, S.A.

**CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS:**

Tensión Asignada: hasta 24 kV.

Intensidad Nominal: 400 - 630 A.

Poder de Corte: 20 kA.



## EQUIPO BASE:

- 2 interruptores seccionadores (SF6).
- 2 seccionadores de puesta a tierra con poder de cierre (SF6).
- Juego de barras tripolar.
- 2 mandos CI2 motorizados a 24 V CC con bobinas de cierre y apertura a emisión de tensión.
- Bornes de conexión para cable seco unipolar de sección inferior o igual a 400 mm<sup>2</sup>.
- 2 dispositivos con bloque de 3 lámparas de presencia de tensión.
- 2 compartimentos de control ampliado y cajón BT adicional.
- Sistema automático de conmutación T200S.
- Imposibilidad de puesta en paralelo.

## SECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO:

## - Paso a socorro:

1. Ausencia de tensión trifásica  $U_N$  en la red prioritaria detectada durante un tiempo regulable a 0,1 - 0,2 - 0,4 - 0,6 - 0,8 - 1 - 1,5 - 2 s (T1) y presencia de tensión  $U_S$  sobre la llegada de socorro.
2. Permutación.

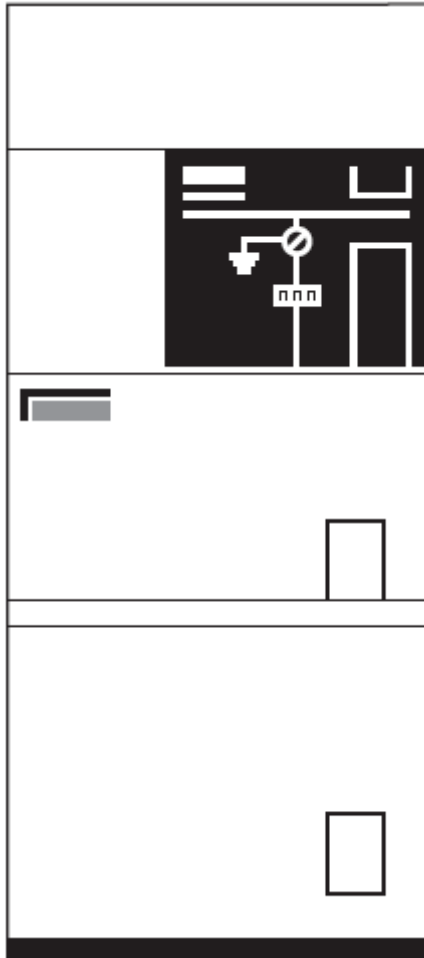
## - Retorno al régimen inicial:

1. Presencia de tensión trifásica  $U_S$  en la red prioritaria detectada durante un tiempo regulable a 5 - 10 - 20 - 40 - 80 - 100 - 120 s (T2).
2. Permutación.

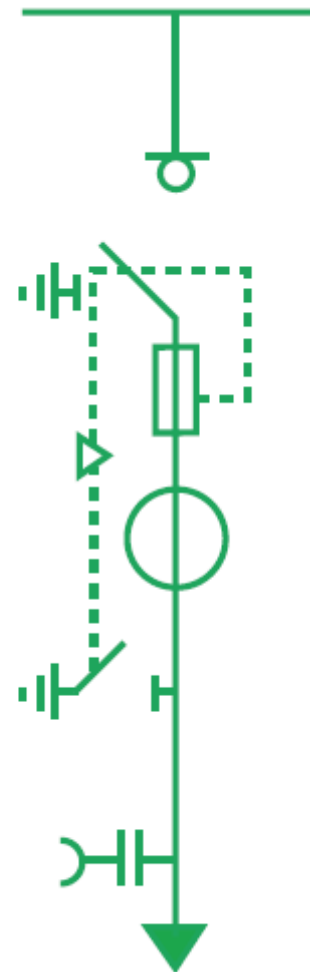
Los tiempos que se regularán son los siguientes:

<b>T1:</b>	<b>0,1 s</b>
<b>T2:</b>	<b>40 s</b>

## 2. De protección de transformador



VISTA EXTERIOR



ESQUEMA UNIFILAR

*Interruptor Automático - Fusible combinados. Protección Transformador.*

FABRICANTE: Schneider Electric España, S.A.

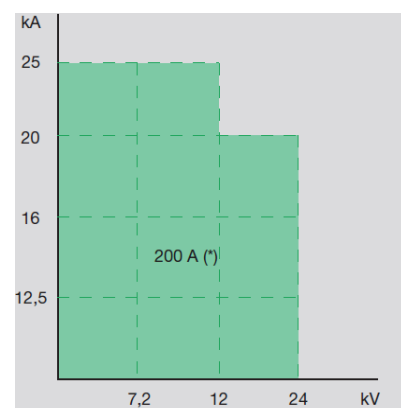
### CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS:

Tensión Asignada: hasta 24 kV.

Intensidad Nominal: 200 A (\*).

Poder de Corte: 20 kA.

(\* La intensidad nominal vendrá limitada por el tipo de fusible que se instale.



## EQUIPO BASE:

- Interruptor seccionador automático (SF6) de 400 A.
- Seccionador de puesta a tierra superior con poder de cierre (SF6).
- Juego de barras tripolar (400 A).
- Mando CI1 manual.
- Timonería para disparo por fusión de fusibles.
- Preparada para 3 fusibles normas DIN.
- Señalización mecánica fusión fusible.
- Dispositivo con bloque de 3 lámparas de presencia de tensión.

## FUSIBLES:

Fusibles tipo Fusarc CF, con garantía del fabricante del cumplimiento de las normas UNE-EN 60282-1:2011 y UNE 21120-2:1998; y las dimensiones DIN 43625.

El calibre de los fusibles se establece, en función de la Tensión de Servicio (kV) y de la Potencia del Transformador (kVA), según la siguiente tabla proporcionada por el fabricante:

Tipo de fusibles	Tensión de servicio (kV)	Potencia del transformador (kVA)														Tensión asignada	
		50	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600		2000
Fusarc CF	6	16	25	31,5	40	50	50	63	80	80	100						12
	10	10	16	20	25	31,5	40	50	50	63	80	80	100				12
	11	10	16	20	25	25	31,5	40	50	50	63	80	100				12
	12	10	16	20	20	25	31,5	40	50	50	63	80	80	100			12
	13,2	10	20	20	25	31,5	31,5	40	50	63	63	80	80	100			24
	15	10	10	16	16	20	25	31,5	40	40	50	63	80	80			24
	16	6,3	10	16	16	20	25	31,5	40	40	50	63	63	80	100		24
	20	6,3	10	10	16	16	25	25	31,5	40	40	50	50	63	80	100	24
	22		10	10	10	16	20	25	25	31,5	40	40	50	50	80	80	24
	24		10	10	10	16	20	25	25	31,5	40	40	50	50	63	80	24

**Calibre del fusible: 50 A**

(Calibre de utilización sin sobrecarga  $25\text{ }^{\circ}\text{C} < \theta < 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

### **c. Transformador**

El transformador que se instalará cumple todas las condiciones indicadas en la ITC-RAT 07 TRANSFORMADORES Y AUTOTRANSFORMADORES DE POTENCIA, incluyendo las prescripciones de pérdidas máximas de potencia y nivel sonoro máximo.

Transformador de potencia tipo caseta de 1000 kVA, ubicado la parte trasera del edificio prefabricado, como se ha visto en los planos; y a la orden con las siguientes normas (por garantía del fabricante):

- UNE-EN 60076-1:2013
- UNE-EN 60076-2:2013
- UNE-EN 60076-3:2002
- UNE-EN 60076-5:2008
- UNE-EN 50464-1:2010
- UNE 21428-1:2011
- UNE 21428-1-1:2011
- UNE 21428-1-2:2011
- UNE-EN 50464-2-1:2010
- UNE-EN 50464-2-2:2010
- EN 50464-2-1. UNE-EN 50464-2-3:2010
- UNE-EN 50464-3:2010



FABRICANTE: Schneider Electric España, S.A.



## CARACTERÍSTICAS GENERALES:


- Transformador trifásico, 50 Hz
- En baño de aceite. Refrigeración natural de tipo ONAN (aceite).
- Herméticos y de llenado integral (con cuba elástica).
- Nivel de aislamiento hasta 24 kV.
- Devanados AT/BT en cobre.
- Devanado BT: arrollamientos en espiral, con conductor en banda aislado con papel epoxy entre espiras.
- Devanado AT: Bobinado tipo continuo por capas, intercalando aislante y canales de refrigeración.
- Circuito magnético de chapa de acero al silicio de grano orientado, laminada en frío y aislada por carlite.
- Aislamiento clase A.
- Tapa emperrada sobre cuba.
- La protección superficial: revestimiento de poliéster.
- Temperatura ambiente máxima: 40 °C.

## CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS:

- Potencia Aparente asignada: 1000 kVA
- Tensión primaria asignada: 20 kV
- Tensión secundaria: 400 - 420 V (conmutador de cinco posiciones para la variación, sin tensión, de la relación de transformación).
- Bornas: tres bornas para AT (R + S + T) y cuatro para BT (R + S + T + N).
- Conexión: Dy-11
- Pérdidas en vacío: 750 W
- Pérdidas en carga a 75°: 8340 W
- Nivel de Potencia Acústica Lw(A): 50 dB
- Impedancia de cortocircuito ( $Z_{cc}$ ): 6  $\Omega$
- Caída de tensión a plena carga ( $\cos \varphi = 1$ ): 1.22 V
- Caída de tensión a plena carga ( $\cos \varphi = 0.8$ ): 4.47 V
- Rendimiento, carga 100% ( $\cos \varphi = 1$ ): 98.82
- Rendimiento, carga 100% ( $\cos \varphi = 0.8$ ): 98.53
- Rendimiento, carga 75% ( $\cos \varphi = 1$ ): 99.04
- Rendimiento, carga 75% ( $\cos \varphi = 0.8$ ): 98.80
- Rendimiento, carga 50% ( $\cos \varphi = 1$ ): 99.20
- Rendimiento, carga 50% ( $\cos \varphi = 0.8$ ): 99.00
- Rendimiento, carga 25% ( $\cos \varphi = 1$ ): 99.18
- Rendimiento, carga 25% ( $\cos \varphi = 0.8$ ): 98.98

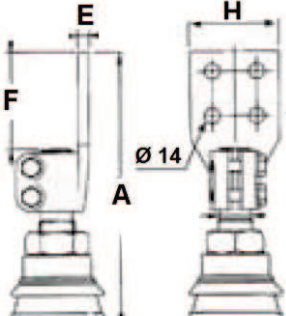
PASATAPAS:

- Recambiables sin necesidad de desencubar el transformador.
- Material porcelana con el exterior vidriado.
- Pasatapas AT: Tipo A (200 A, 12,5 kA 1 s y 31,5 kA cresta) según norma UNE-EN 50180.

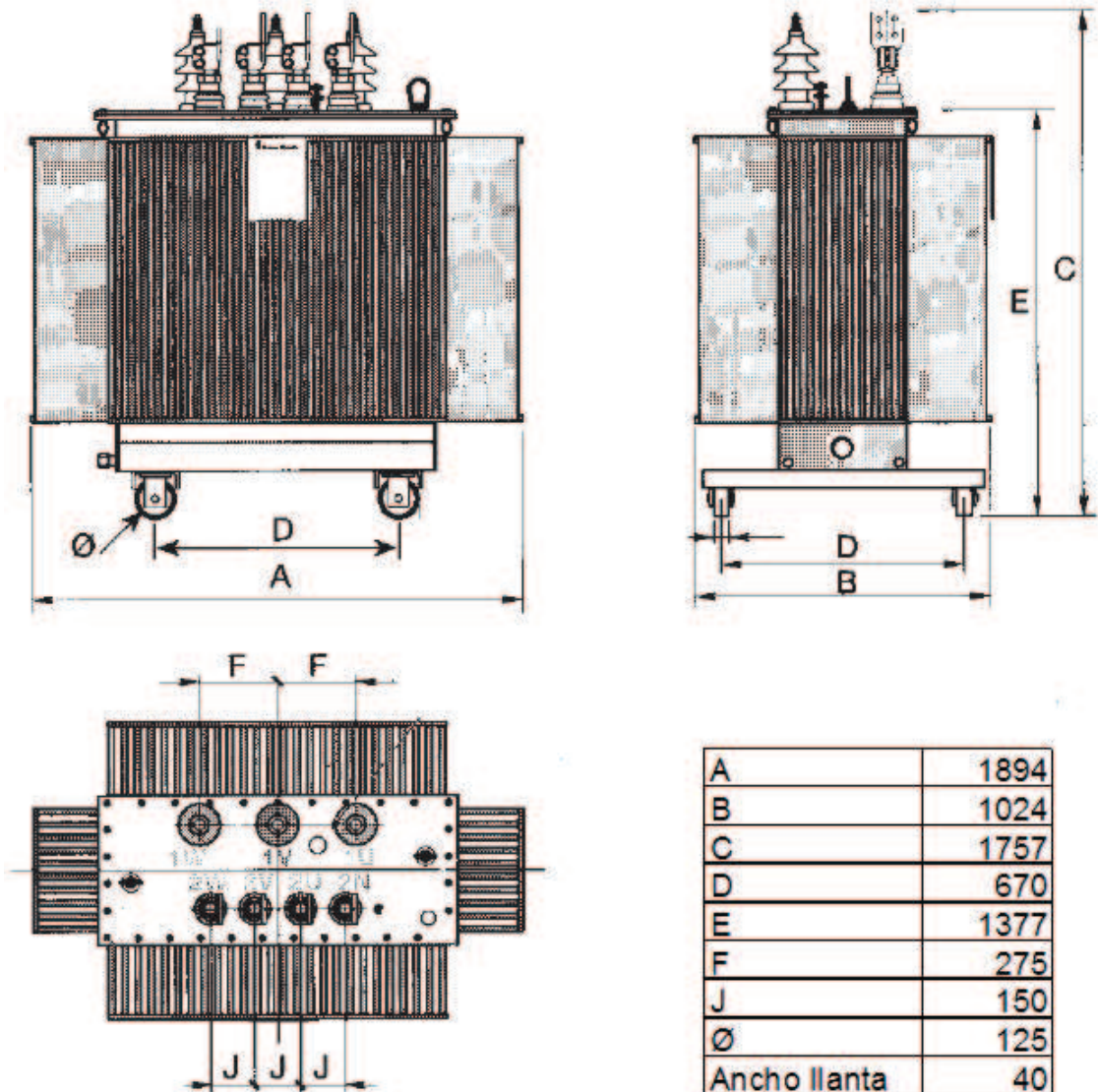
	Designación	A (mm)	Ua (kV)
	24-250/P2	380	7,2 / 12 / 17,5 / 24

- Pasatapas BT según norma UNE-EN 50386, con pieza de acoplamiento plana.



	Designación	A (mm)	F (mm)	E (mm)	H (mm)
	PAT 1e/3150	355	135	10	120

## DIMENSIONES DEL TRANSFORMADOR:



(dimensiones en mm)

## VOLÚMENES Y PESOS:

- Peso total (kg): 2630
- Volumen líquido (l): 598
- Peso líquido (kg): 520
- Peso desencubar (kg): 1480

#### **d. Interconexión celda - transformador**

La conexión de los pasatapas de M.T. del transformador con la celda de protección se realizará mediante tres conductores de las siguientes características:

- Tipo de cable: RHZ1 Unipolar, 15/25 kV aluminio
- Aislamiento: XLPE + pantalla de hilos de cobre y cubierta de Poliolefina.
- Sección: 25 mm<sup>2</sup>
- Número de cables: 4 Fases + Neutro.

Las canalización utilizadas serán las instaladas en el edificio prefabricado.

Los extremos de los cables que van a la celda se conectarán con los conectores que la propia celda incluye para este fin.

Los extremos de los cables que van a los pasatapas se conectarán con conectores de las siguientes características:

MODELO	Cable Admitido	TIPO
93EE 605-2	15/25 kV: 25 a 95 mm <sup>2</sup>	Acodado

#### **e. Fusibles limitadores de M.T.**

Los fusibles limitadores se han descrito en el apartado *b.1. Celda de protección del transformador*.

Los fusibles que delimitan la instalación privada de la instalación propiedad de la empresa distribuidora, se encuentran en los tramos desde los C.S. hasta el punto de enganche con la red, y, por lo tanto, fuera del alcance de este proyecto.

#### **f. Interconexión transformador - cuadro salidas BT**

La conexión del transformador con el cuadro B.T. se realizará mediante 5 cables unipolares por cada fase, más otros 5 para el neutro, tipo RZ1-K de 300 mm<sup>2</sup> de sección.

Los extremos que van a las pletinas de acoplamiento del transformador se conectarán mediante *Terminales bimetálicos AL/CU de 300 mm<sup>2</sup> atornillados*.

En el cuadro de BT se colocarán cuatro fusibles *NH-4 1600 A, 500 V gG*. Los extremos de los cables que van al cuadro de B.T. se conectarán a los conectores de los propios fusibles. A la entrada del fusible del Neutro se le conectará además la línea de la Puesta a Tierra de Servicio, mediante un *Terminal AL/CU de 300 mm<sup>2</sup> Tipo T*.

### **g. Instalaciones de Puesta a Tierra (PaT)**

Las instalaciones de Puesta a Tierra que se describen a continuación cumplen todas las condiciones indicadas en la ITC-RAT 13 INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.

En los casos en los que el reglamento no establece un procedimiento sino que deja que sea el proyectista el que elija un método fiable, o bien se ha empleado el método de ENUSA "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", o bien se ha demostrado la solución adoptada.

Antes de comenzar los cálculos, es necesario señalar que el C.T. lleva dos sistemas de puesta a tierra:

- Puesta a Tierra de Protección: donde se conectarán todas las masas metálicas no activas.
- Puesta a Tierra de Servicio: donde se conectará la salida del neutro del cuadro de B.T.

Para el diseño de la primera, el procedimiento que se ha seguido viene descrito en el apartado 7. CÁLCULOS, parte 7.X. PROCEDIMIENTO CÁLCULO Y DISEÑO DE LAS PUESTAS A TIERRA DE PROTECCIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN. (el mismo que para los C.S.).

Para la segunda, el método se muestra en este mismo apartado (puntos 5 y 6).

### 1. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra de protección (masas)

En el anejo se explica el procedimiento que se ha seguido para el cálculo de la resistencia de puesta a tierra. El resultado es el siguiente:

$$R_T = 32.94 \Omega$$

### 2. Cálculo de la intensidad y la tensión de defecto a tierra

En el anejo se calcula la intensidad de defecto a tierra:

$$I_d = 345.4 \text{ A}$$

La tensión de defecto se calcula:

$$V_d = R_T \cdot I_d = 11377.9 \text{ V}$$

Aunque el valor que recomienda UNESA es 10000 V, la tensión de aislamiento de todos los materiales del C.T. (tanto los de alta como los de baja tensión) es de 24 kV, por lo que se da por válido el valor de  $V_d$  obtenido.

### 3. Cálculo de las tensiones de paso y contacto

En el anejo se han calculado las tensiones de paso interior y exterior, la tensión de acceso, y la tensión de paso de acceso.

### 4. Diseño del electrodo y verificación de resultados

Con el diseño que se muestra en el anejo se cumplen todos los requisitos, por lo que se da por válida la instalación de puesta a tierra.

### 5. Puesta a tierra del neutro del transformador

Para la Puesta a Tierra de Servicio, se han seguido de nuevo las recomendaciones del método de UNESA. Para este caso, las indicaciones son:

" *Una vez conectada la red de puesta a tierra de servicio al neutro de la red de BT, el valor de esta resistencia de puesta a tierra general deberá ser inferior a 37 ohmios.*

*Con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación interior, protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 650 mA, no ocasione en el electrodo de puesta a tierra de servicio una tensión superior a:*

$$37 \times 0.650 = 24 \text{ V } "$$

Como la resistencia, que se calculará  $R_T = K_r \cdot \rho_s$ , el valor de  $K_r$  deberá ser:

$$K_r < 37 / 244 \rightarrow K_r < 0.152$$

La configuración del electrodo que se elige es la siguiente:

- Picas de acero-cobre, de 2 metros de longitud y 14 mm de diámetro, enterradas con la cabeza a 0.5 m de profundidad, y separadas entre sí por una distancia de 3 metros.
- Conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup>, enterrado a 0.5 m de profundidad, y uniendo entre sí las picas.

Con esta configuración, se busca en las tablas de UNESA qué número de picas ofrece un valor de  $K_r$  válido. Aunque con 3 picas bastaría, para estar más del lado de la seguridad se ha preferido instalar 4 picas ( $K_r = 0.104$ ).

Con este diseño, la resistencia que se obtiene es:

$$R = 32.38 \Omega$$



## 6. Separación entre puestas a tierra

Para determinar la separación entre puestas a tierra, se han seguido las indicaciones de la ITC-BT-18 INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.

Para el caso que se está tratando, el reglamento obliga a cumplir dos condiciones:

a) No exista canalización metálica conductora (cubierta metálica de cable no aislada especialmente, canalización de agua, gas, etc.) que una la zona de tierras del centro de transformación con la zona en donde se encuentran los aparatos de utilización.

b) La distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra u otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización es al menos igual a 15 metros para terrenos cuya resistividad no sea elevada (< 100 ohmios.m). Cuando el terreno sea muy mal conductor, la distancia se calculará, aplicando la fórmula:

$$D = \frac{\rho I_d}{2\pi U}$$

siendo:

D : distancia entre electrodos, en metros.

$\rho$  : resistividad media del terreno en ohmios metro.

$I_d$  : intensidad de defecto a tierra, en amperios, para el lado de alta tensión.

U : 1200 V para sistemas de distribución TT (como es el caso).

### CUMPLIMIENTO DE LAS CONDICIONES:

a) No existirá ninguna canalización metálica conductora entre ambos electrodos. La canalización para el agua será de PVC estará aislada y separada de ambos electrodos. El resto de canalizaciones serán cables eléctricos aislados y entubados.

b) Como la resistividad del suelo es mayor que 100  $\Omega \cdot m$ , se aplicará la fórmula.

$$D = \frac{\rho \cdot I_d}{2 \cdot \pi \cdot U} = \frac{244 \cdot 345.4}{2 \cdot \pi \cdot 1200} = 11.18 \text{ m}$$

A pesar de este resultado, para estar más del lado de la seguridad, se elige el valor de 15 metros de distancia. Las picas se clavarán bajo una de las vías de emergencia, y se llevarán hasta ese punto mediante conductor aislado canalizado, bajo la acera del Túnel Norte, como se puede ver en los planos.



## 7. Materiales a utilizar

Líneas de puestas a tierra:

- Línea de Puesta a Tierra de Protección: conductor desnudo de cobre de 50 mm<sup>2</sup> de sección.

- Línea de Puesta a Tierra de Servicio: conductor de cobre aislado de 50 mm<sup>2</sup> de sección, tipo DN-RA 0,6/1 kV canalizado mediante tubo de 20 mm de diámetro (mismas características que el que se describe en el apartado E. Conexión C.S. - C.T.", de este mismo anejo).

Ambas líneas cumplen sobradamente la condición de máxima densidad de corriente (160 A/mm<sup>2</sup> para el cobre).

Electrodos:

- Picas: en todo caso se utilizarán picas de acero-cobre, de dos metros de longitud y 14 mm de diámetro.

- Conductor horizontal: será siempre cable de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección.

Conexiones:

- Para la unión entre cables se utilizará grapa galvanizada con tornillo de acero inoxidable.

- Para la unión de los conductores con las picas se usará grapa galvanizada de conexión para picas cilíndricas de acero cobre.

**h. Materiales de seguridad y de primeros auxilios**

Se instalarán, pegados con adhesivo (sobre la parte externa de las puertas del prefabricado) y plastificados, los siguientes carteles:

- Señales de riesgo eléctrico con triángulo serigrafiado con el contorno en negro y fondo amarillo, y con el texto "ALTA TENSIÓN PELIGRO DE MUERTE".
- Señal de primeros auxilios.
- Señal "5 Reglas de oro para trabajar sin tensión".

Además, junto al edificio prefabricado se ubicará un armario de salvamento y primeros auxilios, que incluirá los siguientes elementos:

- Una pértiga de salvamento BS45.
- Un detector de tensión 5-36 kV.
- Un cofre metálico para guantes, con un par de guantes clase III.
- Una cizalla aislada SZ-51S.
- Una banqueta aislante 45 kV.
- Un botiquín con lo necesario para primeras curas.

### **E. CONEXIÓN C.S. - C.T.**

La conexión entre los C.S. y el C.T. se ha resuelto con dos líneas subterráneas. Estas dos líneas se han diseñado según las indicaciones de la ITC-LAT-6 LÍNEAS SUBTERRÁNEAS CON CABLES AISLADOS.

Cada línea parte de la celda de medida del C.S., y las dos llegan al C.T., a la celda de conmutación automática. Para la conexión se tomará la línea que parte del C.S. situado en la Entrada Norte del túnel como Red Principal, quedando la otra como red secundaria.

Las líneas estarán formadas por tres conductores unipolares aislados y bajo el mismo tubo, y se instalarán bajo la acera del Túnel Sur, a una profundidad de 0.8 m desde la parte más alta del tubo. Las características de los conductores y de los tubos se muestran a continuación.

#### CONDUCTORES:

- Tipo de cable: RHZ1 Unipolar, 15/25 kV aluminio
- Aislamiento: Polietileno reticulado (XLPE), pantalla de hilos de cobre y cubierta de Poliolefina.
- Sección: 25 mm<sup>2</sup>
- Número de cables: 4 Fases + Neutro.

#### TUBO:

- Tipo: Tubo de pared múltiple (interior lisa y exterior corrugada). Curvable.
- Diámetro Exterior: 50 mm<sup>2</sup>
- Influencias externas: IP54
- Resistencia a la compresión: > 450 N
- Color: Naranja
- Guía incorporada: Sí.



#### LONGITUDES:

- Línea Túnel Norte: 314 m
- Línea Túnel Sur: 315 m

**F. CONCLUSIÓN Y FIRMA**

Se concluye este anejo, asumiendo el proyectista toda la responsabilidad sobre el mismo. Y para que conste a los efectos oportunos, así lo firma:

Fdo.: Jesús Gómez García

En Béjar, a 4 de septiembre de 2015

### III. ANEJO DE BAJA TENSIÓN



## ÍNDICE

A. Introducción y objeto.....	1
B. Normativa aplicada .....	1
C. Características generales de la instalación .....	2
a. Clasificación de los locales .....	2
b. Previsión de cargas .....	3
D. Recinto de protección y control .....	5
a. Descripción de la instalación .....	5
b. Líneas generales de alimentación .....	6
c. Cuadro general de control y protecciones .....	6
d. Disposiciones especiales para los locales clasificados .....	6
e. Puesta a tierra .....	7
f. Alumbrado interior ordinario y de emergencia .....	8
E. Recinto de grupos electrógenos y SAIs .....	9
a. Descripción de la instalación .....	9
b. Grupo eléctrico .....	9
1. Características generales .....	10
2. Protecciones eléctricas y puesta a tierra .....	11
3. Sistema de conmutación .....	11
4. Suministro de combustible .....	12
5. Gases de escape .....	13
c. Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) .....	14
1. Características generales .....	14
2. Protecciones eléctricas y puesta a tierra .....	15
3. Sistema de conmutación .....	15
d. Baterías de condensadores para corrección del factor de potencia .....	16
1. Características generales .....	16
2. Protecciones eléctricas y puesta a tierra .....	17
e. Disposiciones especiales para los locales clasificados .....	17
f. Alumbrado interior ordinario y de emergencia .....	17

F. Cálculos eléctricos .....	18
a. Método de cálculo de intensidades admisibles y caídas de tensión .....	18
1. Intensidades admisibles .....	18
2. Caídas de Tensión .....	20
3. Cálculo de secciones .....	21
b. Resultados obtenidos .....	21
G. Conclusión y firma .....	22



## **A.INTRODUCCIÓN Y OBJETO**

Se ha redactado el presente anejo con el fin de describir, al máximo nivel de detalle y de acuerdo a las condiciones impuestas por la normativa vigente, todas las instalaciones de baja tensión. Entre estas instalaciones se encuentran los armarios y equipos situados en los recintos interiores (recinto de protección y control, y recinto de grupo electrógeno y SAI) y todo el sistema de cableado que recorre la totalidad del túnel para suministrar energía a todos los receptores.

## **B. NORMATIVA APLICADA**

Para la elaboración de este anejo, la normativa que se ha seguido ha sido la siguiente:

- REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01a BT 51.
- ORDEN de 17 de mayo de 2007, por la que se regula el Régimen de Inspecciones Periódicas de las instalaciones eléctricas de baja tensión (Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, ámbito autonómico)
- REAL DECRETO 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.

## **C. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS INSTALACIÓN**

### **a. Clasificación de los locales**

En este apartado se citan los diferentes locales de este proyecto, y su clasificación, a efectos de la instalación eléctrica de baja tensión, según el REBT.

- Carreteras y aceras de ambos tubos → Locales de Pública Concurrencia.
- Vías de evacuación de emergencia → Locales de Pública Concurrencia.
- Recinto de grupos electrógenos y SAIs → Local convencional.
- Recinto de protección y control → Local convencional.
- Recinto Centro de Transformación → Local convencional.

\* Desclasificación de los tubos de carretera como locales con riesgo de incendio o explosión:

En los túneles habrá continuamente vehículos en marcha, que sueltan materiales inflamables gaseosos por el tubo de escape, tales como el monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NOx).

Justificación de la solución adoptada:

- Existe un sistema obligatorio de detección del monóxido de carbono.
- Dicho sistema activa un sistema de ventilación con sistema de extracción.
- El sistema de ventilación elimina los gases provenientes de los motores de los coches.

Por estas tres razones se puede asegurar que no existe riesgo, por lo que no se catalogarán como locales con riesgo de incendio o explosión.

\* Desclasificación del recinto de grupos electrógenos como local con riesgo de incendio o explosión:

El sistema de escape de gases que se describe en apartados posteriores, es motivo suficiente descartar la posibilidad de que exista una atmósfera explosiva en este recinto.

Por lo tanto, no se catalogará como local con riesgo de incendio o explosión.

**b. Previsión de cargas**

Se ha realizado una previsión de cargas cuyos principales datos de potencia son los siguientes:

*Potencia instalada:*  $P_{\text{ints}} = 1119.6 \text{ kW}$

*Potencia simultánea:*  $P_{\text{sim}} = 560.9 \text{ kW}$

*Coefficiente de simultaneidad:*  $C_s \approx 0.5$

*Potencia admisible:*  $P_{\text{adm}} = 997.7 \text{ kW}$

La  $P_{\text{adm}}$  se ha calculado con el valor del calibre del interruptor general (1600 A) y suponiendo un  $\cos \varphi = 0.9$ , aunque se sabe que este valor será mayor debido a la corrección del factor de potencia de la batería de condensadores. En cualquier caso, la :  $P_{\text{adm}}$  siempre será mayor que la  $P_{\text{sim}}$ .

A continuación se muestra la tabla con la cantidad y las potencias de todos los elementos que se instalarán.

	Elemento	Cantidad	Potencia por elemento (W)	Potencia total (W)	FDP	TIPO
ILUMINACIÓN	Luminaria Philips VSAP	460	433	199180	0.9	3F + N
	Luminaria Philips BVP 506	132	166	21912	0.9	F + N
	Luminaria Philips BCP 560 (ECO 99)	158	92	14536	0.9	F + N
	Luminaria Philips BCP 560 (GRN59)	228	52	11856	0.9	F + N
	Luminaria Philips (Nivel de Emerg.)	820	45	36900	0.9	F + N
VENTILACIÓN	Ventilador JET-FAN VST-900-4T	8	30000	240000	0.7	3F + N
	Ventilador JET-FAN VST-900-2T	8	37000	296000	0.7	3F + N
	Ventilador THT - 160 - 6T / 6 - 50	8	37000	296000	0.7	3F + N

RECINTO 1: PROTECCIÓN Y CONTROL	Detectores luminancia	2	56	112	0.9	F + N
	Detector humo (óptico)	132	0.72	95.04	0.9	F + N
	Detector incendio (térmovelocim.)	393	0.72	282.96	0.9	F + N
	Detector CO-NOx	80	1.02	81.6	0.9	F + N
	Autómata LOGO!	1	30	30	0.9	F + N
	Equipo Control Carreteras	1	3000	3000	0.9	F + N
	Paneles señalización variable	2	350	700	0.9	F + N
	Semáforos	4	8	32	0.9	F + N
	Puestos SOS	12	10	120	0.9	F + N
	Megafonía	1	360	360	0.9	F + N
	Barreras VE-500	2	160	320	0.7	3F + N
	Barreras VE-660	2	200	400	0.7	3F + N
RECINTO 2	Grupo electrógeno (en reposo)	1	20	20	0.9	F + N
	SAI	1	750	750	0.9	F + N
	Batería de condensadores	1	600	600	0.9	F + N
COMUNES	Alumbrado (Philips TWC060)	41	36	1476	0.9	F + N
	Tomas de fuerza	3	3000	9000	0.8	F + N

## **D. RECINTO DE PROTECCIÓN Y CONTROL**

En este local se ubicarán los equipos para el control de los sistemas instalados y los armarios con los cuadros de protección. El recinto se ubica en la galería central. La puerta del recinto estará señalizada con el rótulo "CUADRO GENERAL".

### **a. Descripción de la instalación**

En este recinto se ubicarán los siguientes cuadros de protecciones:

- Cuadro General de mando y Protección (C\_GEN)
- Cuadros de iluminación (ALU\_Norte\_Der, ALU\_Norte\_Izq, ALU\_Sur\_Der, ALU\_Sur\_Izq).
- Cuadro de ventilación (C\_VENT)

En el apartado X. PLANOS vienen detallados los esquemas unifilares de cada cuadro.

Además existirán dos armarios para el control de los sistemas:

- Armario "Control de iluminación y ventilación": en cuyo interior se colocará el autómatas "LOGO!" con la programación indicada en el PLANO X. Programación Logo.
- Armario "Control de equipos de carretera"\*: semáforos, paneles de señalización variable, megafonía (incluyendo equipo amplificador), barreras y puestos SOS.

\* En este proyecto se establece la alimentación y la instalación de estos equipos, pero será la empresa encargada del mantenimiento de carreteras la encargada de decidir la programación del funcionamiento de estos equipos.

Estos dos armarios serán armarios P100-VS9 marca KLK, con control y extracción de humedad integrado.

Se instalarán además dos tomas de fuerza (3000 W) para posibles necesidades no previstas.

### **b. Líneas generales de alimentación**

Para la línea general de alimentación (desde el C.B.T., situado en el C.T., hasta el Cuadro General), se ha utilizado el siguiente tipo de cable:

- MATERIAL: Cobre flexible Clase 5
- AISLAMIENTO: XLPE
- TENSIÓN ASIGNADA: 450/750 V
- CANALIZACIÓN: Entubado bajo suelo , y canaleta cerrada.
- REFERENCIA TÉCNICA: SZ1-K (AS+)
- N° DE CABLES: 5 x 300 mm<sup>2</sup> por fase, más 5 para el neutro.

El tipo de cable del resto de líneas viene indicado en los esquemas unifilares correspondientes (Véanse en el apartado 10. PLANOS).

### **c. Cuadro general de control y protecciones**

El cuadro general de protecciones se situará en un armario específicamente para ello, ubicado frente a la puerta del recinto, y con el rótulo "CUADRO GENERAL".

El cuadro de control se situará en un armario específicamente para ello, con el rótulo "CUADRO CONTROL".

### **d. Disposiciones especiales para los locales clasificados**

Las indicaciones especiales para los locales clasificados como de pública concurrencia son las siguientes:

- Cuadro protección: a la entrada del local, y fuera del alcance del público..
- Alumbrado: repartido en tres sectores, cada uno con interruptores automáticos magneto-térmicos y diferenciales distintos.
- Servicios generales: cables libres de cloro, con aislamiento con baja emisión de humos y gases corrosivos. ES 07Z1-K(AS).
- Servicios de de emergencia: cable capaz de mantener el servicio hasta aproximadamente una hora sometido al fuego. ES SZ1-K 0,6/1KV (AS+).

- Sistema de conmutación ,cuya función es cortar el suministro de la red y activar el del grupo electrógeno cuando el primero falla.

- Alumbrado de emergencia. Este servicio se utilizará para garantizar la seguridad, y no para reemplazar los servicios generales, facilitando la evacuación y un ambiente anti pánico.

### **e. Puesta a tierra**

Se conectarán a tierra todos elementos en los que, por sus características, sea necesario conectar la carcasa u otras partes metálicas.

La línea de tierra partirá desde el C.T., junto con el resto de líneas del Cuadro de Baja Tensión, hacia el Cuadro General de Mando y Protección. Y desde este cuadro se repartirá hacia el resto de cuadros y cargas. La sección mínima dependerá del resto de conductores, en función de la siguiente tabla:

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm <sup>2</sup> )	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm <sup>2</sup> )
S < 16	S (*)
16 < S ≤ 35	16
S > 35	S/2
(*) Con un mínimo de: 2,5 mm <sup>2</sup> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica 4 mm <sup>2</sup> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica	

En los circuitos cuyas secciones asignadas sean 1.5, 2.5 y 4 mm<sup>2</sup>, la sección del conductor de tierra será de 4 mm<sup>2</sup>.

En los circuitos cuyas secciones asignadas sean 6 y 10 mm<sup>2</sup>, la sección del conductor de tierra será la misma que la de las fases.

En los circuitos cuyas secciones asignadas sean 16, 25 y 35 mm<sup>2</sup>, la sección del conductor de tierra será de 16 mm<sup>2</sup>.

En los circuitos cuyas secciones asignadas sean de más 35 mm<sup>2</sup>, la sección del conductor de tierra será la misma que la de las fases. En el caso de no coincidir con una sección comercial, se tomará la inmediatamente superior.

El aislamiento de los conductores de protección será de color amarillo-verde.

**f. Alumbrado interior ordinario y de emergencia**

El alumbrado se ha resuelto de la misma manera para todos los recintos interiores, utilizando luminarias Philips TWC060 (36 W). Estos recintos son:

- Recinto de protección y control
- Recinto de grupos electrógenos y SAIs
- Recinto de protección y control
- Recinto Centro de Transformación
- Vías de evacuación de emergencia

La activación de estos alumbrados se realizará mediante interruptor, situado a la entrada de cada recinto, excepto en el caso de las vías de evacuación de emergencia, donde se instalarán detectores presencia.

La situación de emergencia se ha resuelto alimentando estos alumbrados a través del sistema SAI, respaldado por un grupo electrógeno (el sistema se describe en el apartado siguiente).



## **E. RECINTO DE GRUPO ELECTRÓGENO Y SAI**

Este habitáculo se destinará para el grupo electrógeno, el sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) y la batería de condensadores. Se ubicará en la galería central, y la puerta estará señalizada con el rótulo "GRUPO ELECTRÓGENO".

### **a. Descripción de la instalación**

Además de los equipos citados, en este recinto también se colocará el cuadro de elementos con suministro ininterrumpido (C\_SAI), el cuadro de elementos con corte breve (C\_Grupo), y dos tomas de fuerza (3000 W) para posibles necesidades no previstas.

El cuadro C\_SAI se instalará en un armario modelo 3874'39 marca LIUDGHFL, en el que también se colocará la fuente de alimentación necesaria para alimentar los detectores.

La posición de cada elemento se detalla en los planos.

### **b. Grupo electrógeno**

Las necesidades de potencia del grupo electrógeno son las siguientes:

$$P = 341 \text{ kW}, \quad S = 352 \text{ kVA}$$

Por decisión propia del proyectista, se ha decidido que, para evitar que el grupo se quede sin fuerza al arrancar con toda la carga, la potencia sea de el doble de la necesaria. Por lo tanto, las condiciones de potencia mínimas del grupo serán las siguientes:

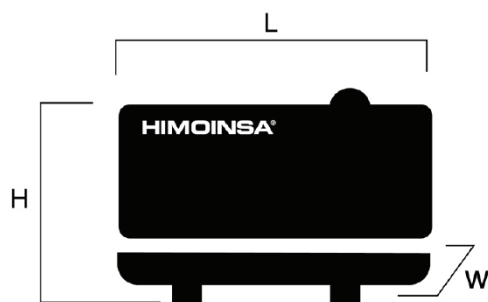
$$P = 682 \text{ kW}, \quad S = 704 \text{ kVA}$$

## 1. Características generales

Las características del grupo que se ha elegido son las siguientes:

Fabricante	Himoinsa®
Modelo	HRMW-615 T6
Potencia Activa (kW)	689
Potencia Aparente (kVA)	761
Generador	Síncrono
Régimen de funcionamiento (r.p.m.)	1800
Tensiones (V)	400/230
Consumo de combustible (l/h)	149.91
Tipo de combustible	Diesel
Volumen depósito (l)	2380
Caudal gases de escape (m3/min)	132

Dimensiones y peso:



Largo (L)	5000 mm
Alto (H)	2714 mm
Ancho (W)	2104 mm
Peso (depósito vacío)	7476 kg



El funcionamiento del grupo será en modo ESP\*.

*\*Emergency Standby Power (ESP): Según la norma ISO 8528-1:2005, es la potencia máxima disponible para empleo bajo cargas variables en caso de un corte de energía de la red o en condiciones de prueba por un número limitado de horas por año de 200h entre los intervalos de mantenimiento prescritos por el fabricante y en las condiciones ambientales establecidas por el mismo.*

Certificación de calidad con marcado CE, que incluye las siguientes directivas:

- 2006/42/CE Seguridad de Máquinas.
- 2006/95/CE de Baja Tensión.
- 2004/108/CE de Compatibilidad Electromagnética.
- 2000/14/CE Emisiones Sonoras de Máquinas de uso al aire libre.
- EN 12100, EN 13857, EN 60204

## 2. Protecciones eléctricas y puesta a tierra

El grupo electrógeno incluye las siguientes protecciones eléctricas:

- Protección magnetotérmica tripolar.
- Protección diferencial regulable (tiempo y sensibilidad).
- Cuadro de control y parada de emergencia conmutada.
- Protecciones internas para los componentes del grupo (motor, alternador).

El grupo incluye instalación preparada para puesta a tierra. Para ello, se conectará cable de toma de tierra (desde la puesta a tierra de protección del C.T.) en la caja de conexiones del grupo electrógeno.

## 3. Sistema de conmutación

Se empleará un sistema de conmutación para la conexión del grupo electrógeno y la desconexión de la red, y viceversa. Para asignar cuándo debe suministrar energía y cuándo la red, se empleará un detector de ausencia de tensión, conectado al autómata "LOGO!".

El funcionamiento del sistema de conmutación será el siguiente:

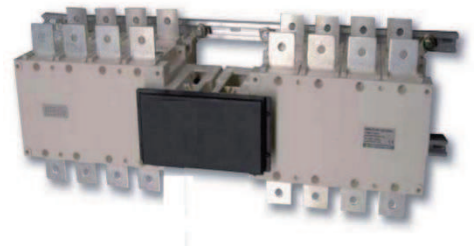
- Cuando se detecte ausencia de tensión en la red (para que esto suceda se deben "caer" las dos líneas de suministro), automáticamente se suministrará energía a través del grupo electrógeno, a los circuitos conectados.

- Cuando se deje de detectar la falta de tensión en la red, durante un tiempo de 40 segundos, se volverá al caso normal de suministro por red a todos los circuitos.

Este funcionamiento es un programa instalado de serie en la propia centralita del grupo, que se pone en marcha al seleccionar el modo Standby.

Características del conmutador automático:

Fabricante	Socomec
Modelo	Sircover ATS
Tensión máxima	600 V
Rango de intensidades	30 - 1000A
Señal de control	230 V



- Características del detector de falta de tensión:

El sistema para detectar la ausencia de tensión estará formado por tres relés de vigilancia de red, colocados, uno en cada fase, a continuación del grupo diferencial colocado en el Cuadro General.

Las bobinas de los relés estarán continuamente energizadas, y sus salidas conectadas en serie antes de la entrada al automático. De esta forma, una falta en cualquiera de las fases bastaría para activar la entrada.

#### 4. Suministro de combustible

El suministro de combustible se llevará a cabo mediante el propio depósito que el grupo incluye.

Con los datos del grupo electrógeno de consumo de combustible y de capacidad del depósito, se puede hacer una estimación del tiempo de autonomía:

$$t = \frac{2380 \text{ l}}{149.91 \text{ l/h}} = 15.87 \text{ horas}$$

Aunque en realidad ese tiempo será algo menor, 15 horas es más que suficiente para que los servicios de emergencia actúen y se tomen las decisiones adecuadas para la seguridad de los conductores.

#### 5. Gases de escape

Los gases del escape del grupo electrógeno serán canalizados:

- Mediante tubo rígido de acero inoxidable, de 200 mm de diámetro interior, desde el recinto hasta el túnel Norte.
- Mediante tubo ignífugo flexible, de 200 mm de diámetro interior, hasta la chimenea de extracción del Túnel Norte, donde se unirá el extremo con otro tubo rígido.

(Véase con mayor detalle en los planos).

**c. Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI)**

Se colocará un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) para dar servicio continuo a los siguientes elementos:

- Iluminación de los túneles: Nivel de Emergencia
- Alimentación del grupo electrógeno.
- Detectores de humo e incendios.
- Autómatas y Equipo de Control de Carreteras
- Señalización: Paneles de señalización, semáforos, Puestos SOS, barreras, Megafonía.
- Iluminación de los recintos interiores y vías de evacuación de emergencia.

Para estas alimentar estas cargas, las potencias necesarias son las siguientes:

$$P = 53.0 \text{ kW} \quad S = 58.5 \text{ kVA}$$

**1. Características generales**

Se instalarán DOS módulos de las siguientes características:



Fabricante	ABB
Modelo	PowerScale 50 kVA
Máxima Potencia de salida (kW)	45
Potencia Aparente (kVA)	50
Tensión de Entrada (V)	400/230
Tensión de Salida (V)	400/230
Rendimiento (%)	95.5
Capacidad de la batería (Ah)	48 x 28
Dimensiones Armario (mm)	440 x 1400 x 910
Peso (kg)	155

## 2. Protecciones eléctricas y puesta a tierra

El SAI incluye las siguientes protecciones eléctricas:

- Protección magnetotérmica tripolar.
- Protección diferencial regulable (tiempo y sensibilidad).

El equipo también incluye instalación preparada para puesta a tierra. Para ello, se conectará cable de toma de tierra (desde la puesta a tierra de protección del C.T.) en la caja de conexiones del SAI.

## 3. Sistema de conmutación

El SAI no llevará sistema de conmutación, sino que será un elemento "de paso", que se encuentre continuamente conectado. De esta forma, las baterías estarán siempre cargadas, para que en caso de en caso de fallo de red, el suministro sea continuo para los elementos conectados al SAI.

#### d. Baterías de condensadores para corrección del factor de potencia

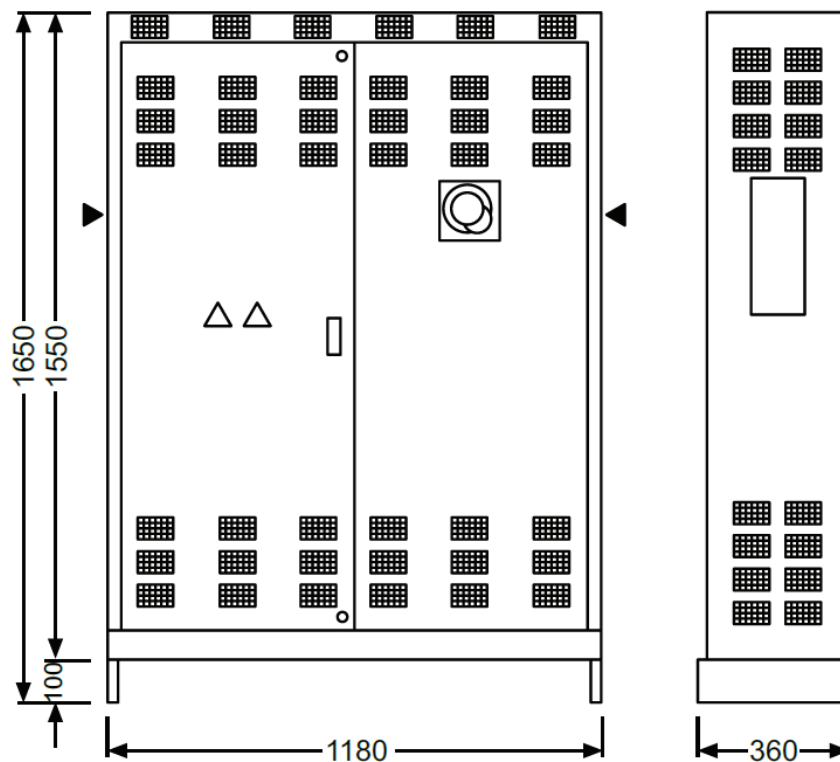
Se instalará una batería de condensadores para que el factor de potencia de la instalación sea lo más próximo a 1, pero siempre dentro del margen inductivo.

La Potencia Reactiva Total de la instalación ( $Q_T$ ), teniendo en cuenta la simultaneidad, es la siguiente:

$$Q_T = 252.7 \text{ kVA}$$

Se elegirá una batería de condensadores cuya potencia reactiva no sea inferior a este valor.

#### 1. Características generales



Fabricante	CIRCUTOR
Modelo	OPTIM 8-360-400
Potencia Reactiva (kVAr)	450
Tensiones (V)	400/230
Dimensiones Armario (mm)	1180 × 1650 × 360
Peso (kg)	240



## 2. Protecciones eléctricas y puesta a tierra

Se protegerá de forma externa mediante las siguientes protecciones colocadas en el Cuadro C\_Grupo:

- Protección magnetotérmica tripolar.
- Protección diferencial.

El equipo incluye instalación preparada para puesta a tierra. Para ello, se conectará cable de toma de tierra (desde la puesta a tierra de protección del C.T.) en la caja de conexiones de la batería de condensadores.

### **e. Disposiciones especiales para los locales clasificados**

Se dan por válidas las disposiciones descritas en el apartado "e. Disposiciones especiales para los locales clasificados".

### **f. Alumbrado interior ordinario y de emergencia**

La instalación de alumbrado interior, ordinario y de emergencia, se ha descrito en el apartado "D. f. Alumbrado interior ordinario y de emergencia".

## F. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

### a. Método de cálculo de intensidades admisibles y caídas de tensión

#### 1. Intensidades admisibles

Las fórmulas para calcular la intensidad máxima (I) consumida por una carga son las siguientes:

- Para cargas trifásicas: 
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$
- Para cargas monofásicas: 
$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$$

Donde      P = Potencia activa consumida (W)  
              U = Tensión entre fases = 400 V  
              Cos  $\varphi$  = Factor de potencia del receptor

#### EXCEPCIONES:

- Para el caso de las lámparas de descarga (monofásicas), la intensidad se calculará, por obligación del REBT, de la siguiente manera:

$$I = \frac{S}{U}$$

Donde      S = Potencia aparente consumida (VA) = 1.8 · P  
              U = Tensión entre fases = 400 V

- Para el caso de los motores de ventilación, extracción y barreras (todos trifásicos), la intensidad se calculará, por obligación del REBT; multiplicando el valor que se obtendría por 1.5:

$$I = 1.5 \cdot \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

Las cargas estarán formadas por receptores o conjuntos de receptores. Cada carga se alimentará a través de un cable de una sección determinada. En función de sus características (material, sección, aislamiento), el cable soportará una intensidad máxima determinada.

Teniendo en cuenta las indicaciones del REBT para locales de pública concurrencia, las características de los cables que se utilizarán son las siguientes:

- MATERIAL: Cobre flexible Clase 5
- AISLAMIENTO: XLPE
- TENSIÓN ASIGNADA: 450/750 V
- CANALIZACIÓN: Bandeja perforada o canaleta cerrada.
- REFERENCIA TÉCNICA:
  - Para Servicios Generales: RZ1-K (AS)
  - Para Servicios de Emergencia: SZ1-K (AS+)

Se utilizará el cable SZ1-K (AS+) para todos los circuitos que conectan con los cuadros C\_SAI y C\_Grupo. Para el resto se utilizará el cable RZ1-K (AS).

Con estas características, según las indicaciones de la "Tabla 1. Intensidades admisibles (A) al aire 40°C. N° de conductores con carga y naturaleza de aislamiento" de la Guía-BT-19 y aplicando la corrección de la "Tabla A. Factores de reducción para agrupamiento de varios circuitos" incluida en la misma guía, se ha completado la siguiente tabla de intensidades máximas soportadas por los conductores:

Sección (mm <sup>2</sup> )	I <sub>máx</sub> (A)
1.5	14.7
2.5	20.3
4	26.6
6	34.3
10	47.6
16	63.7
25	81.2
35	100.8
50	122.5
70	156.8
95	189.7
120	219.8
150	254.1
185	290.5
240	343.0
300	395.5

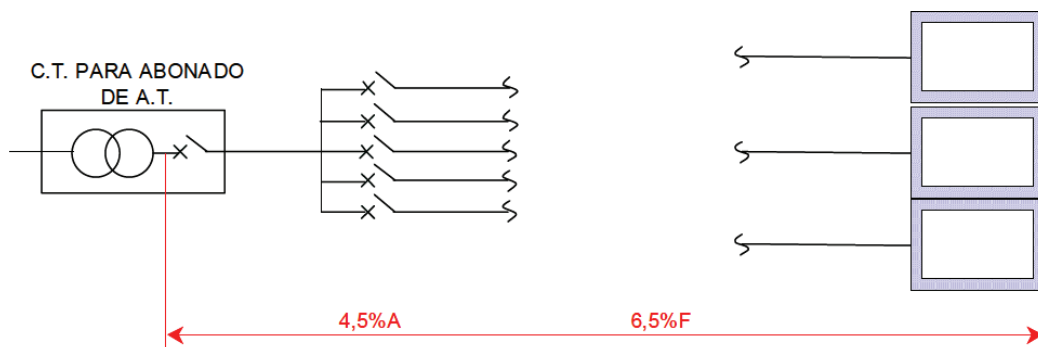
Se utilizará esta tabla para el cableado para cargas cuyas intensidades superen los 40 A. Sin embargo, para intensidades inferiores, se utilizará la siguiente tabla, recomendada por el fabricante de interruptores magnetotérmicos, que, al ser más restrictiva, no hay problema alguno porque se estará más del lado de la seguridad:

I <sub>máx</sub>	Sección (mm <sup>2</sup> )
10	1.5
16	2.5

20	4
25	6
32	10
40	16

## 2. Caídas de Tensión.

Para instalaciones industriales que se alimentan directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considera que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador, y las caídas de tensión máximas admisibles son del 4,5 % para alumbrado y del 6,5 % para los demás usos.



Las fórmulas para calcular la caída de tensión relativa (en tanto por ciento respecto de la tensión de origen) de cada conductor son las siguientes:

- Para cargas trifásicas equilibradas:

$$\Delta V(\%) = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I}{K \cdot s} \cdot \frac{1}{U} \cdot 100\%$$

- Para cargas monofásicas:

$$\Delta V(\%) = \frac{2 \cdot L \cdot I}{K \cdot s} \cdot \frac{1}{V} \cdot 100\%$$

Donde

L = Longitud del conductor (m).

I = Intensidad máxima determinada por el calibre de la protección (A).

K = 56 para cobre, 35 para aluminio.

s = sección del cable (mm<sup>2</sup>).

U = tensión entre fases = 400 V.

V = Tensión entre fase y neutro = 230 V.

### 3. Cálculo de secciones

El cálculo de secciones se realiza siguiendo estos pasos:

1. Se calcula una intensidad máxima, según las fórmulas que se han expuesto.
2. Se elige una sección de las tablas que se han mostrado, a partir de la intensidad calculada.
3. Se verifica que la caída de tensión no supera los valores máximos. En caso contrario, se volverá al paso 2, eligiendo la sección inmediatamente superior.

#### **b. Resultados obtenidos**

Para este cálculo se ha utilizado una hoja de cálculo, cuyo resultado final (tras aplicar las variaciones de sección correspondientes para que se cumplan las indicaciones del R.E.B.T.) se muestra en el apartado VII. Anejo de Cálculos, apartado B. Cálculo de secciones.

**G. CONCLUSIÓN Y FIRMA**

Se concluye este anejo, asumiendo el proyectista toda la responsabilidad sobre el mismo. Y para que conste a los efectos oportunos, así lo firma:

Fdo.: Jesús Gómez García

En Béjar, a 4 de septiembre de 2015

# IV. ANEJO DE VENTILACIÓN Y CONTROL DE INCENDIOS





## **ÍNDICE**

A. Introducción y objeto.....	1
B. Normativa aplicada .....	1
C. Ventilación para dilución de CO y NOx .....	2
a. Ventilación longitudinal: caudales .....	2
b. Selección y ubicación de ventiladores .....	3
D. Extracción de humos y control del calor .....	8
a. Ubicación y caudales de los pozos de extracción .....	8
b. Selección de ventiladores .....	9
E. Alimentación y control de ventilación y extracción .....	12
a. Componentes del sistema de detección .....	12
1. Detectores: tipos y ubicación .....	12
2. Centralita: características principales .....	14
b. Características generales de la instalación .....	16
1. Cableado de alimentación .....	16
2. Cableado de control y detección .....	16
F. Conclusión y firma .....	17

## **A. INTRODUCCIÓN Y OBJETO**

Se ha redactado el presente anejo con el fin de describir, al máximo nivel de detalle y de acuerdo a las condiciones impuestas por la normativa vigente, todas las instalaciones de baja tensión. Entre estas instalaciones se encuentran los armarios y equipos situados en los recintos interiores (recinto de protección y control, y recinto de grupo electrógeno y SAI) y todo el sistema de cableado que recorre la totalidad del túnel para suministrar energía a todos los receptores.

## **B. NORMATIVA APLICADA**

Para la elaboración de este anejo, la normativa que se ha seguido ha sido la siguiente:

- REAL DECRETO 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.
- REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01a BT 51.

## **C. VENTILACIÓN PARA DILUCIÓN DE CO Y NO<sub>x</sub>**

### **a. Ventilación longitudinal: caudales**

Se exige: Ventilación normal para dilución de contaminantes, mediante circulación longitudinal forzada y reversible de al menos 95 m<sup>3</sup>/(s·km·carril) para flujo de tráfico normal y denso. Una pareja de ventiladores cada tramo de 150 m.

#### **TÚNEL NORTE (Dos carriles)**

El caudal de ventilación necesario para el Túnel Norte (Q<sub>N</sub>) se calcula de la siguiente manera:

$$Q_N = 95 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{km} \cdot \text{carril} * 2 \text{ carriles} * 0.6 \text{ km} * 3600 \text{ s/h} = 410\,400 \text{ m}^3/\text{h}$$

Este valor deberá igualarse o superarse con un total de 8 ventiladores (2 ventiladores \* cuatro tramos de 150 m = 8 ventiladores).

El caudal mínimo de cada ventilador será:

$$Q_{N(1 \text{ vent.})} = 410400 \text{ m}^3/\text{h} / 8 = 51300 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### **TÚNEL SUR (Tres carriles)**

El caudal de ventilación necesario para el Túnel Sur (Q<sub>S</sub>) se calcula de la siguiente manera:

$$Q_S = 95 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{km} \cdot \text{carril} * 3 \text{ carriles} * 0.6 \text{ km} * 3600 \text{ s/h} = 615600 \text{ m}^3/\text{h}$$

Igual que para el caso anterior, este valor deberá igualarse o superarse con un total de 8 ventiladores.

El caudal mínimo de cada ventilador será:

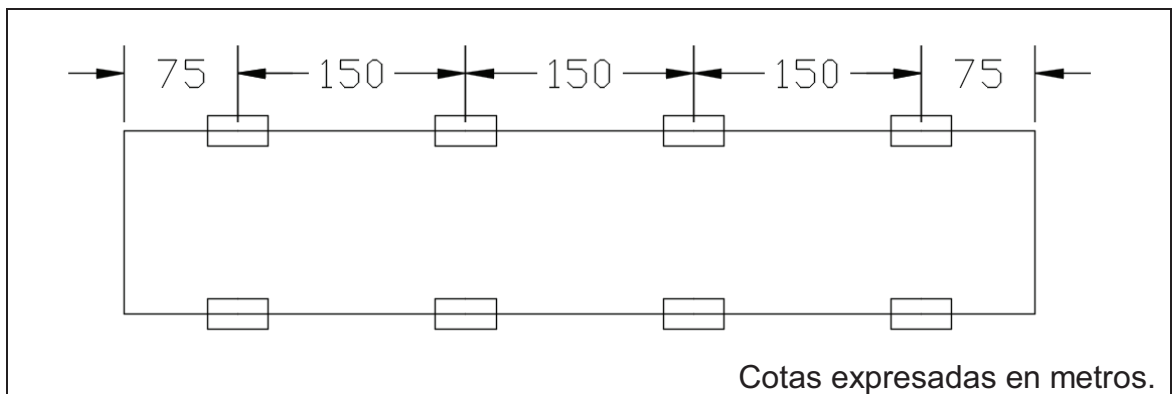
$$Q_{S(1 \text{ vent.})} = 615600 \text{ m}^3/\text{h} / 8 = 76950 \text{ m}^3/\text{h}$$

**b. Selección y ubicación de ventiladores**

Los ventiladores se instalarán, de forma predeterminada, de modo que el sentido de ventilación coincida con el sentido de circulación de los vehículos. Al tratarse de ventiladores bidireccionales, se podrá cambiar esta configuración, si por otros factores (como el viento) fuese necesario.

**TÚNEL NORTE (Dos carriles)**

La ubicación de los ventiladores se muestra en el siguiente esquema.



(Véase con mayor detalle en los planos).

VENTILADOR ELEGIDO: marca SODECA®, modelo Jet Fan VST-900-4T, de 56466 m<sup>3</sup>/h y 30 kW de P<sub>máx</sub>.

Por ocho ventiladores, hace un total de 451728 m<sup>3</sup>/h =  
= 104.6 m<sup>3</sup>/s·km·carril > 95

**TÚNEL SUR (Tres carriles)**

Los ventiladores se colocarán de forma idéntica a la del Túnel Norte.

VENTILADOR ELEGIDO:

marca SODECA®, Jet Fan VST-900-2T, de 86754 m<sup>3</sup>/h y 37 kW de P<sub>máx</sub>

Por ocho ventiladores, hace un total de 694032 m<sup>3</sup>/h =  
= 107.1 m<sup>3</sup>/s·km·carril > 95

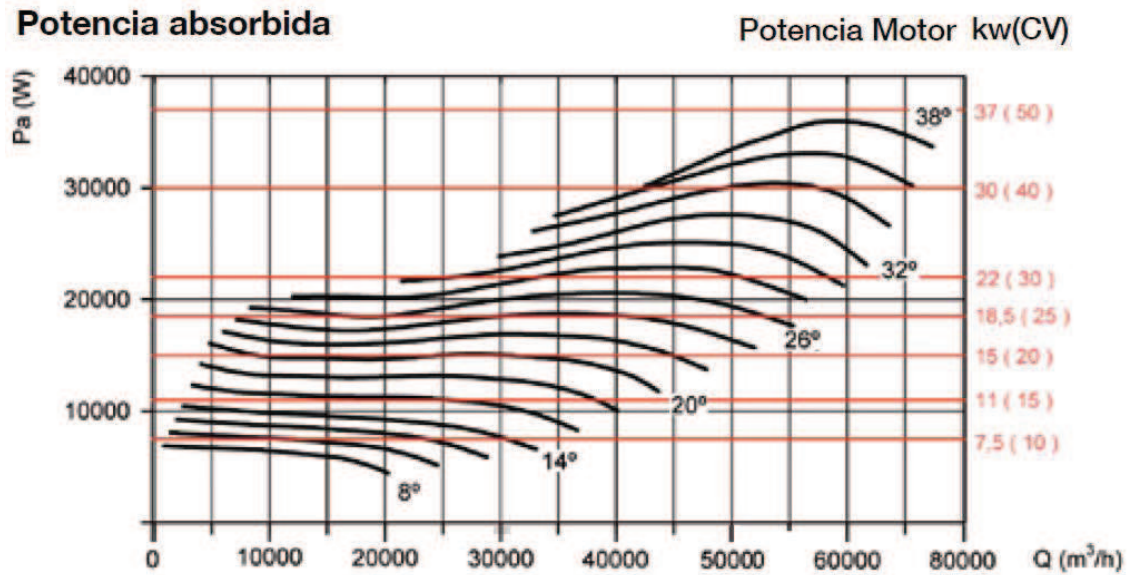
Características de los ventiladores Sodeca Jet Fan - VST:

Jet fan reversible 95% en ambos sentidos de giro, gran robustez y construcción de la hélice en acero inoxidable para obtener altas prestaciones de empuje. Certificados 400°C/2h

Motores clase H, uso continuo S1 y uso emergencia S2 con rodamientos a bolas, protección IP-55. Trifásicos 400/690V.-50Hz.

MODELO:	VST-900-4T	900-2T
NÚMERO DE POLOS:	4	2
VELOCIDAD (rpm):	1450	2950
DIÁMETRO DE HÉLICE (cm):	90	90
ÁNGULO DE PALAS (°):	30	32
CAUDAL (m <sup>3</sup> /h):	56466	86754
POTENCIA INSTALADA MÁXIMA (kW):	30	37
INTENSIDAD MÁXIMA A 400 V (A):	105	129
NIVEL DE PRESIÓN SONORA (dB):	88	95
PESO APROXIMADO (kg):	650	770

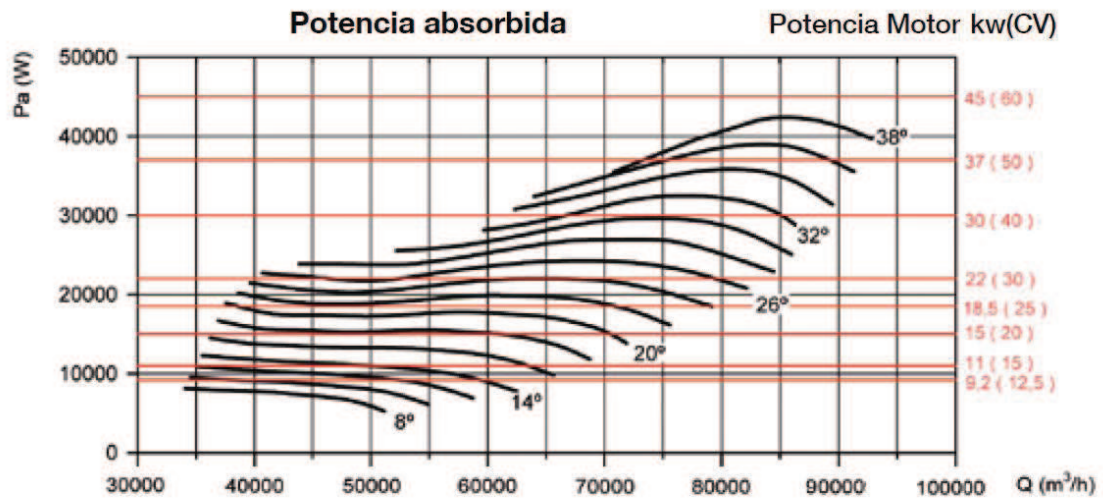
## GRÁFICA DE POTENCIA DEL MODELO VST-900-4T :



## INTERPRETACIÓN DE LA GRÁFICA DE POTENCIA:

- 1. Se observa que, para un ángulo de pala de 30°, el rango de caudales de funcionamiento es muy amplio: desde unos 13000 m<sup>3</sup>/h hasta los 56466 m<sup>3</sup>/h (caudal máximo según tabla).
- 2. En el eje de la izquierda aparece la potencia absorbida. Alcanza los valores mínimos (20 kW) cuando el caudal es máximo o mínimo, pero en ningún momento supera el valor de 30 kW.
- 3. En el eje de la derecha aparece la potencia instalada del motor, siguiendo la recta roja inmediatamente superior a la curva de trabajo. Como ya se ha dicho, la potencia instalada es de 30 kW.

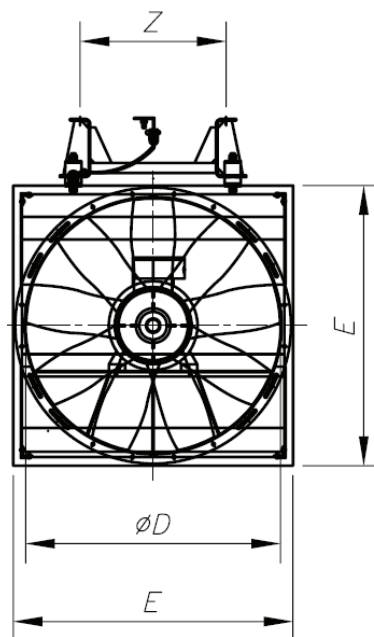
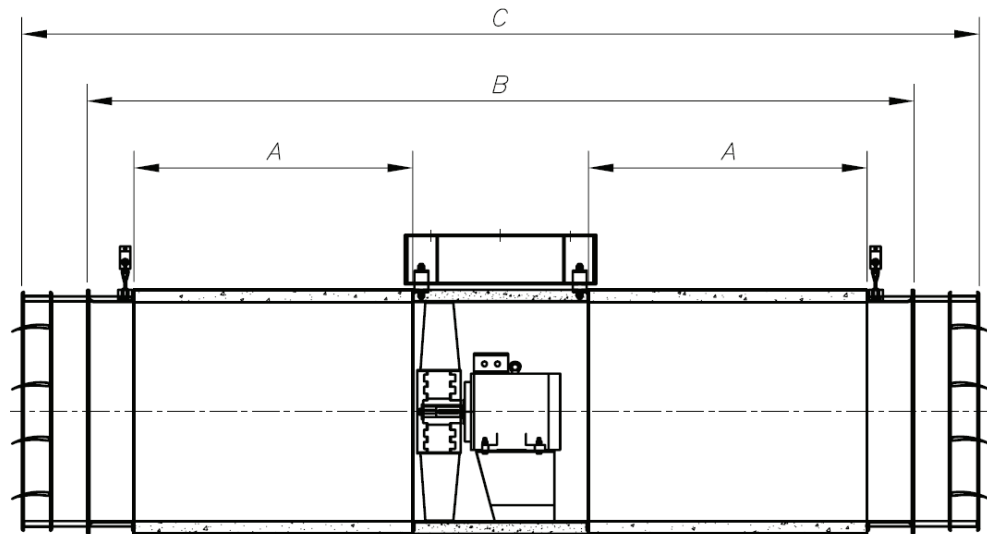
## GRÁFICA DE POTENCIA DEL MODELO VST-900-2T :



## INTERPRETACIÓN DE LA GRÁFICA DE POTENCIA:

- 1. Se observa que, para un ángulo de pala de 32°, los caudales de funcionamiento pueden ser desde algo menos de 60000 m³/h hasta unos 86000 m³/h (86754 m³/h, caudal máximo según tabla).
- 2. En el eje de la izquierda aparece la potencia absorbida. Alcanza los valores mínimos (28 kW) cuando el caudal es máximo o mínimo, pero en ningún momento supera el valor de 37 kW.
- 3. En el eje de la derecha aparece la potencia instalada del motor, siguiendo la recta roja inmediatamente superior a la curva de trabajo. Como ya se ha dicho, la potencia instalada es de 37 kW.

DIMENSIONES:



Dimensiones (en mm)

MODELO	A	B	C	ØD	E	Z
Jet Fan VST-900-4T	1450	4000	4400	904	1104	660
Jet Fan VST-900-2T	1950	5000	5400	904	1104	660



## **D. EXTRACCIÓN DE HUMOS Y CONTROL DE CALOR**

### **a. Ubicación y caudales de los pozos de extracción**

Se exige: Extracción forzada en caso de incendio, para control de calor y evacuación de humos, mediante un pozo vertical por sentido para 175 m<sup>3</sup>/s cada uno.

### **TÚNEL NORTE y TÚNEL SUR**

Al no depender del número de carriles, se construirán dos pozos de extracción iguales, uno en cada túnel. Los pozos de extracción se ubicarán en el centro de cada túnel, empotrados en la zona más alta del túnel. El caudal de los ventiladores se canaliza a través de una tobera hacia las chimeneas de extracción.

$$Q_N = Q_S = 175 \text{ m}^3/\text{s} * 3600 \text{ s/h} = 630000 \text{ m}^3/\text{h}$$

Debido al gran caudal necesario, la solución por la que se ha optado es la de cuatro extractores, distribuidos en forma cuadrangular, y cuyos caudales se unen en la misma chimenea. Por lo tanto, el caudal de cada ventilador deberá ser igual o superior a:

$$Q = 630000 \text{ m}^3/\text{h} / 4 = 157500 \text{ m}^3/\text{h}$$

**b. Selección de ventiladores**

Los ventiladores serán cuatro extractores idénticos para cada túnel, marca SODECA®, modelo THT - 160 - 6T / 6 - 50 de 170700 m<sup>3</sup>/h de caudal máximo y 37 kW de P<sub>máx.</sub>

Esto hace un total de 682800 m<sup>3</sup>/h = 189.7 m<sup>3</sup>/s > 175 m<sup>3</sup>/s

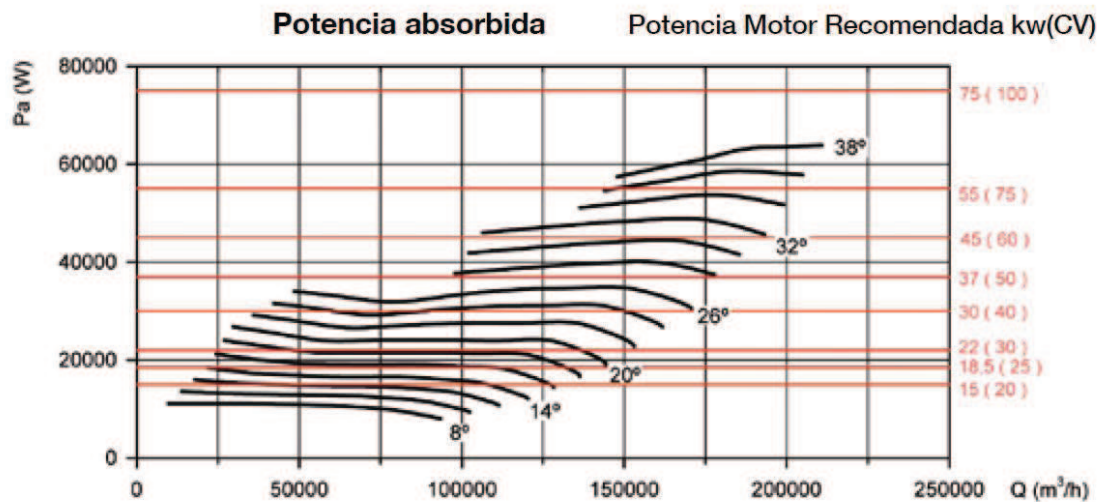
**Extractor Sodeca THT**

Extractores helicoidales tubulares con carcasa corta, para trabajar inmersos en zonas de riesgo de incendios 400°C/2h. THT/ATEX: con certificación ATEX categoría 3 Ex II3G. De acuerdo R.E.B.T. Itc 29 ATEX para aparcamientos clasificados Zona 2.

Motores clase H, uso continuo S1 y uso emergencia S2, con rodamientos a bolas, protección IP55, de 1 ó 2 velocidades según modelo Trifásicos 30/400V.-50Hz.(hasta 4CV.) y 400/690V.-50Hz.(potencias superiores a 4CV.)

MODELO: THT - 160 - 6T / 6 - 50	
NÚMERO DE POLOS:	6
VELOCIDAD (rpm):	980
DIÁMETRO DE HÉLICE (cm):	160
NÚMERO DE PALAS:	6
ÁNGULO DE PALAS (º):	26
CAUDAL (m <sup>3</sup> /h):	170700
POTENCIA INSTALADA MÁXIMA (kW):	37
INTENSIDAD MÁXIMA A 400 V (A):	66,4
INTENSIDAD MÁXIMA A 690 V (A):	38,3
NIVEL DE PRESIÓN SONORA (dB):	91
PESO APROXIMADO (kg):	650

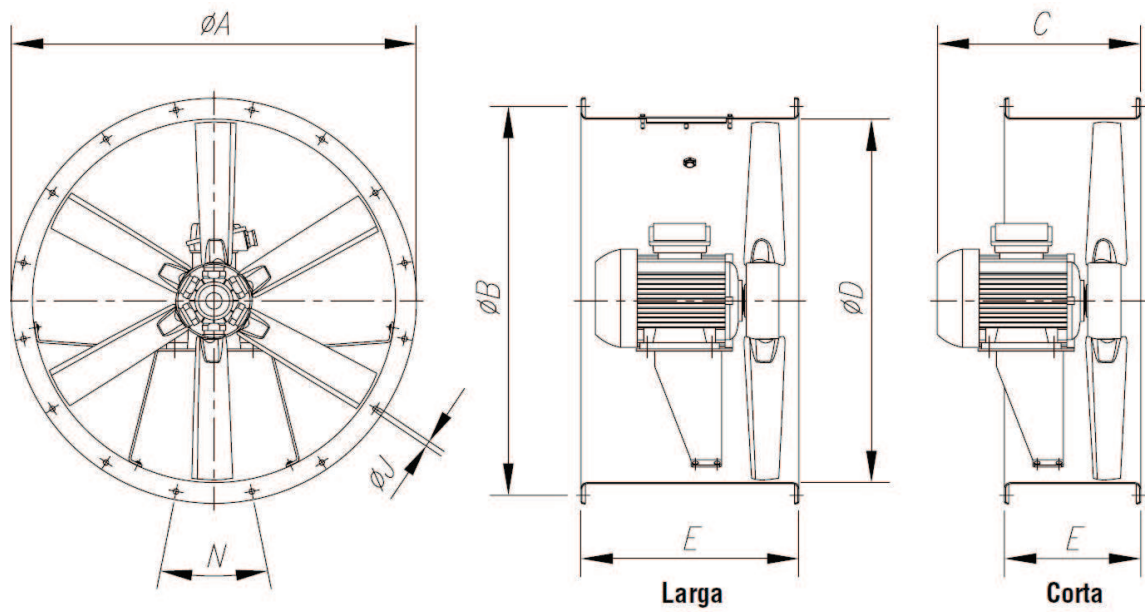
## GRÁFICA DE POTENCIA:



## INTERPRETACIÓN DE LA GRÁFICA DE POTENCIA:

- 1. Se observa que, para un ángulo de pala de 26°, los caudales de funcionamiento pueden ser desde algo menos de 50000 m³/h hasta algo menos de 175000 m³/h (170700 m³/h, caudal máximo según tabla).
- 2. En el eje de la izquierda aparece la potencia absorbida. Alcanza su mínimo (30 kW) cuando el caudal es máximo, pero en ningún momento supera el valor de 37 kW.
- 3. En el eje de la derecha aparece la potencia instalada del motor, siguiendo la recta roja inmediatamente superior a la curva de trabajo. Como ya se ha dicho, la potencia instalada es de 37 kW.

## DIMENSIONES:



Dimensiones (en mm)

MODELO	ØA	ØB	C	ØD	E larga	E corta	ØJ	N
THT - 160	1735	1680	985	1600	1000	600	19	24x15'

**E. ALIMENTACIÓN Y CONTROL DE VENTILACIÓN Y EXTRACCIÓN****a. Componentes del sistema de detección****1. Detectores: tipos y ubicación**

El sistema de detección estará formado por sensores de humo, de temperatura (termovelocimétricos), y de gases contaminantes (CO - NOx). Para alimentar estos detectores, se utilizará una fuente de alimentación de corriente continua, con salida a 20 V, cuyas principales características se muestran a continuación:

**FUENTE DE ALIMENTACIÓN:**

Fabricante:	Corsair ®
Modelo:	CX750M
Alimentación:	100 - 240 V AC
Consumo máximo:	830 W
Tensión Salida:	20-40 V DC (Regulable)
Potencia máx Salida:	750 W
IP:	20
Indicador LED:	Sí

Las características de los detectores son las siguientes:

**DETECTORES DE HUMO:**

Fabricante:	Cofem ®
Modelo:	A30XHS
Alimentación	12 - 30 V DC
Señal	5 V DC
Consumo máximo	40 mA
Sistema de detección	Óptico
IP	20
Indicador LED	Sí

**DETECTORES TERMOVELOCIMÉTRICOS:**

Fabricante:	Cofem ®
Modelo:	A30XV
Alimentación	12 - 30 V DC
Señal	5 V DC
Consumo máximo	30 mA
Sistema de detección	Termovelocimétrico
IP	20
Indicador LED	Sí



## DETECTORES DE CO - NOx:

Fabricante:	LLENARI
Modelo:	CN20-IX
Alimentación	20 V DC
Señal	5 V DC
Consumo máximo	51 mA
Sistema de detección	Quimiluminiscencia
IP	30
Indicador LED	Doble LED



El cálculo para determinar la posición de los detectores se muestra en el apartado VII. ANEJO DE CÁLCULOS, punto C. Cálculo del número y distribución de detectores de calor, humo y gases contaminantes.

Los detectores se colocarán en la parte alta del túnel. Las posición y las distancias entre sensores se resumen en la siguiente tabla:

	Túnel NORTE (12 m de ancho)		Túnel SUR (14 m de ancho)	
Detector TÉRMICO (cada 40 m <sup>2</sup> )	Detector cada:	3.3	Detector cada:	2.85
	Nº DETECTORES:	182	Nº DETECTORES:	211
	Primer Detector a :	1.4	Primer Detector a :	0.75
Detector HUMO (cada 120 m <sup>2</sup> )	Detector cada:	9.9	Detector cada:	8.55
	Nº DETECTORES:	61	Nº DETECTORES:	71
	Primer Detector a :	4.7	Primer Detector a :	2.85
Detector CO - NOx (cada 200 m <sup>2</sup> )	Detector cada:	13.2	Detector cada:	14.25
	Nº DETECTORES:	46	Nº DETECTORES:	43
	Primer Detector a :	4.7	Primer Detector a :	2.85

(Véase gráficamente detallado en los planos).

## 2. Centralita: características principales

El sistema de detección está programado para dos casos de funcionamiento:

- Funcionamiento caso Normal: arrancarán los ventiladores para la dilución longitudinal de gases emitidos por los vehículos (CO y NOx) cuando se detecte la presencia de alguno de estos gases o de forma programada.
- Funcionamiento caso Emergencia: si los sensores para la detección de incendios detectan un posible accidente, se activará el estado de "Emergencia" del túnel correspondiente. Esto significa que se tomarán las medidas necesarias para la seguridad de los usuarios, no solo en el ámbito de anti incendios que se está tratando, sino también en otros apartados. Para este, la activación del estado de Emergencia supondrá el arranque de los extractores para la eliminación de humo y control del calor.

La programación del sistema de ventilación y control de incendios se ha diseñado dando prioridad a la extracción en caso de incendios respecto a la ventilación para la dilución de contaminantes. El mecanismo encargado de controlar estos modos de funcionamiento será el autómatas LOGO!, cuya programación se explica a continuación:

### DETECCIÓN DE GASES CONTAMINANTES Y VENTILACIÓN DE GASES CONTAMINANTES

Se han dividido los detectores de cada túnel en dos circuitos, para que un fallo (por ejemplo, un cortocircuito), no deje sin detección a todo el túnel. La división se ha realizado, asignando un número a cada detector en orden de instalación, separando números pares e impares.

Los detectores de CO-NOx activan las entradas I1, I2 (túnel Norte) e I3, I4 (túnel Sur) cuando detectan gases contaminantes.

La activación de una de estas entradas provoca el arranque de los motores de la ventilación del túnel correspondiente, siempre que no esté en funcionamiento la ventilación del otro túnel, ni los extractores de ninguno de los dos túneles. En ese caso, el sensor mantendría la entrada activada hasta que el otro túnel se terminase de ventilar, y se pueda iniciar la ventilación del primer túnel.

La razón de este funcionamiento No Simultáneo es que se ha diseñado para no sobrepasar la potencia admisible por el sistema eléctrico instalado.

A la ventilación se le estima un tiempo de 10 minutos, pero se mantiene 5 minutos más después de desactivarse la entrada del detector.

Existe un modo de ventilación, programada para los fines de semana, donde se prevé un mayor tráfico.

Se ha programado para "organizar" la ventilación, consiguiendo que sea más constante, y haciendo menor la dependencia del circuito de detección.

Los horarios de ventilación que se han previsto son los siguientes:

Túnel NORTE:

- Viernes, desde las 14:00 hasta las 23:00, quince minutos cada hora.
- Sábado, desde las 09:00 hasta las 23:00, quince minutos cada hora.
- Domingo, desde las 14:00 hasta las 23:00, quince minutos cada hora.

Túnel SUR:

- Viernes, desde las 14:30 hasta las 23:00, quince minutos cada hora.
- Sábado, desde las 09:30 hasta las 23:00, quince minutos cada hora.
- Domingo, desde las 14:30 hasta las 23:00, quince minutos cada hora.

De nuevo, si se activa una entrada por la detección en uno de los túneles y en ese momento están en marcha los motores del otro túnel, los del primero no se arrancarán hasta que no acaben los del segundo.

## DETECCIÓN DE INCENDIOS Y EXTRACCIÓN

Igual que para el caso anterior, los circuitos de detección (en este caso, detectores de humo y de calor) se ha dividido en dos para cada túnel (8 circuitos en total).

El arranque de los motores de un pozo de extracción se produce con la activación de cualquiera de los sensores de humo o de calor de ese mismo túnel. Si en ese momento se encuentran funcionando alguno de los ventiladores de gases contaminantes, éstos se detendrán para que puedan funcionar los extractores.

Existe también un funcionamiento semanal programado, en este caso por motivos de mantenimiento y conservación de los motores.

Los horarios de arranque de los extractores programados son:

- Túnel Norte: miércoles, de 23:00 a 23:20.
- Túnel Sur: miércoles, de 23:30 a 23:50.

La activación de uno de los sensores provoca la activación de la marca de "EMERGENCIA NORTE" o "EMERGENCIA SUR", que podrá ser usada para los sistemas de seguridad: semáforos, barreras, etc.



## **b. Características generales de la instalación**

### **1. Cableado de alimentación**

La instalación de cada sistema de detección se repartirá en dos circuitos (dos para detección de humo, dos para temperatura y otros dos para gases).

Las características del cableado de alimentación se han descrito en apartado III. Anejo de baja tensión.

### **2. Cableado de control y detección**

Los circuitos de detección se llevarán hasta el cuadro de control. Se conectarán en paralelo mediante puentes, que se conectarán cada uno a un relé (desde k10 a k21), para la posterior conexión al autómata.

Las características de los conductores utilizados son las siguientes:

- MATERIAL:	Cobre flexible Clase 5
- TENSIÓN ASIGNADA:	450/750 V
- REFERENCIA TÉCNICA:	SZ1-K (AS+)
- Nº DE CABLES:	2 x 6mm <sup>2</sup> + 1 x 1,5 mm <sup>2</sup>

**F. CONCLUSIÓN Y FIRMA**

Se concluye este anejo, asumiendo el proyectista toda la responsabilidad sobre el mismo. Y para que conste a los efectos oportunos, así lo firma:

Fdo.: Jesús Gómez García

En Béjar, a 4 de septiembre de 2015

# V. ANEJO DE ALUMBRADO INTERIOR



## ÍNDICE

A. Introducción y objeto.....	1
B. Normativa aplicada.....	1
C. Diseño luminotécnico .....	2
a. Niveles de iluminación requeridos .....	2
b. Distribución del alumbrado según niveles requeridos.....	3
c. Lámparas y equipos auxiliares.....	8
1. Luminarias de iluminación de la carretera .....	8
2. Luminarias del alumbrado de seguridad .....	13
3. Luminarias del alumbrado de los recintos interiores .....	16
d. Distribución y posición de las luminarias de carretera .....	17
e. Sistemas de encendido y apagado.....	18
D. Criterios de eficiencia energética para el diseño, explotación y mantenimiento de las instalaciones de alumbrado .....	19
a. Criterios de eficiencia en el diseño del nuevo alumbrado .....	19
1. Factor de utilización .....	19
2. Factor de mantenimiento y flujo .....	19
3. Eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares .....	19
4. Eficiencia de las luminarias .....	19
5. Deslumbramientos .....	20
6. Niveles de iluminación alcanzados.....	20
b. Calificación energética de la instalación .....	89
1. Eficiencia energética de la instalación.....	89
2. Índice de eficiencia energética .....	90
3. Índice de consumo energético.....	90
4. Categoría energética asignada .....	90
c. Valoración del consumo eléctrico esperado.....	91

E. Cálculos luminotécnicos .....	92
a. Nivel de alumbrado diurno .....	94
b. Nivel de alumbrado para día nublado .....	105
c. Nivel de alumbrado nocturno .....	110
d. Alumbrado de seguridad.....	111
F. Instalación eléctrica .....	112
a. Canalizaciones .....	112
b. Conductores activos y de puesta a tierra.....	112
G. Conclusión y firma.....	125

## **A. INTRODUCCIÓN Y OBJETO**

Se ha redactado el presente anejo con el fin de describir, al máximo nivel de detalle y de acuerdo a las condiciones impuestas por la normativa vigente, todas las instalaciones de baja tensión. Entre estas instalaciones se encuentran los armarios y equipos situados en los recintos interiores (recinto de protección y control, y recinto de grupo electrógeno y SAI) y todo el sistema de cableado que recorre la totalidad del túnel para suministrar energía a todos los receptores.

## **B. NORMATIVA APLICADA**

Para la elaboración de este anejo, la normativa que se ha seguido ha sido la siguiente:

- REAL DECRETO 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.
- REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01 a BT 51.
- REAL DECRETO 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.
- Publicación CIE 88:2004 "Guide for the lighting of road tunnels and underpasses".
- Publicación CIE 88:2004 "Road lighting calculations".

Para la mejor interpretación de la publicación CIE 88:2004, que se encuentra solamente redactada en inglés, se ha utilizado el capítulo 13 del manual de Indalux, redactado en español, pero siempre dando prevalencia a la publicación CIE.

## **C. DISEÑO LUMINOTÉCNICO**

### **a. Niveles de iluminación requeridos.**

Se requieren diferentes niveles de iluminación, en función de la luminosidad exterior:

- NIVEL SOLEADO: a partir de la salida del sol, para aquellas horas en las que la luminosidad sea abundante.
- NIVEL NUBLADO: a partir de la salida del sol, para aquellas horas en las que la luminosidad sea escasa.
- NIVEL NOCHE: tras la puesta de sol, para aquellas horas en las que la luminosidad exterior es prácticamente nula.
- NIVEL EMERGENCIA: se activará este nivel si se produce una falta de suministro de energía en las dos líneas de alimentación.

El cambio de niveles entre diurnos y nocturnos se realizará mediante un reloj astronómico integrado en el propio sistema de control.

El cambio entre el nivel Nublado y el Soleado se llevará a cabo mediante un sensor de luz. Dicho sensor se tarará de forma que a partir de 20000 lux, el nivel de luz activo será el Soleado, quedando el nivel Nublado para valores inferiores a esta cifra.

La detección de falta de suministro se realiza mediante relés de vigilancia de red, como ya se describió en el apartado anterior "III. Anejo de baja tensión".

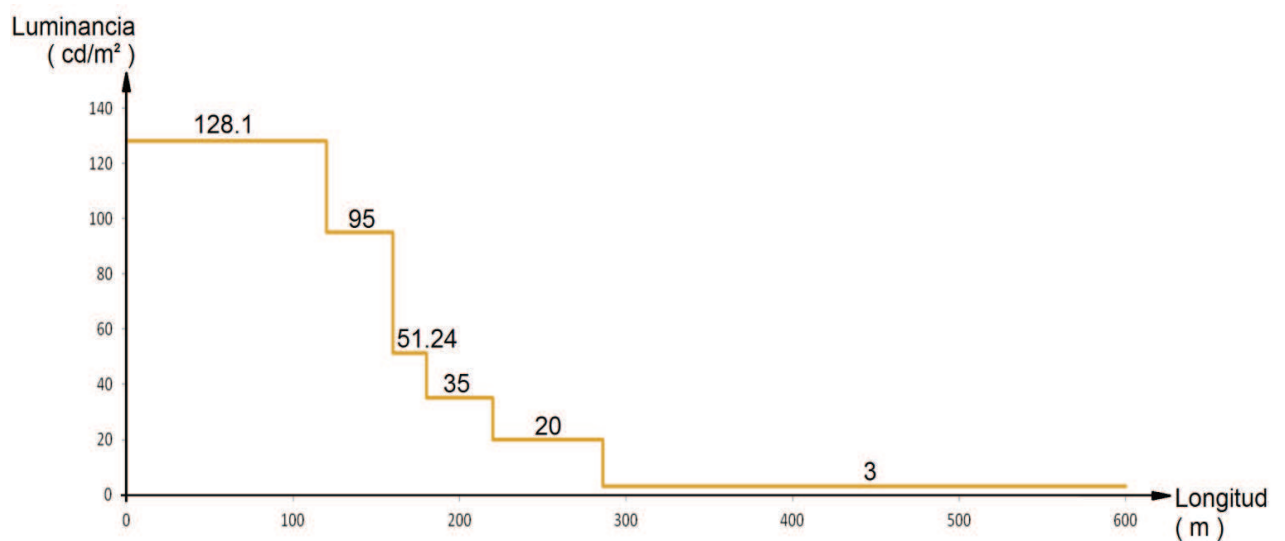


**b. Distribución del alumbrado según niveles requeridos**

Tras los cálculos realizados (que se muestran en el apartado "E. Cálculos Luminotécnicos" de este mismo anejo), la distribución del alumbrado según niveles requeridos, para cada túnel, será la siguiente:

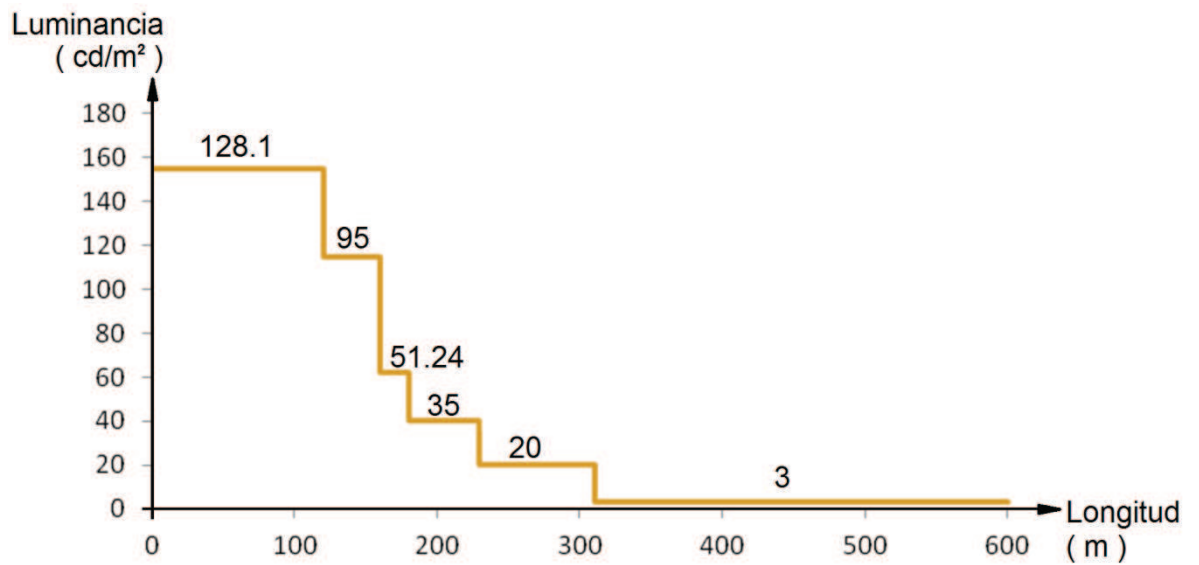
Nivel SOLEADO Túnel NORTE:

ZONA	ESCALONES	LONGITUD (m)	LUMINANCIA (cd/m <sup>2</sup> )
Primera mitad ZONA UMBRAL		80	128.1
Segunda mitad ZONA UMBRAL	Primer escalón	40	128.1
	Segundo escalón	40	95
ZONA DE TRANSICIÓN	Primer escalón	20	51.24
	Segundo escalón	40	35
	Tercer escalón	66	20
ZONA INTERIOR		154	3
ZONA DE SALIDA		160	3



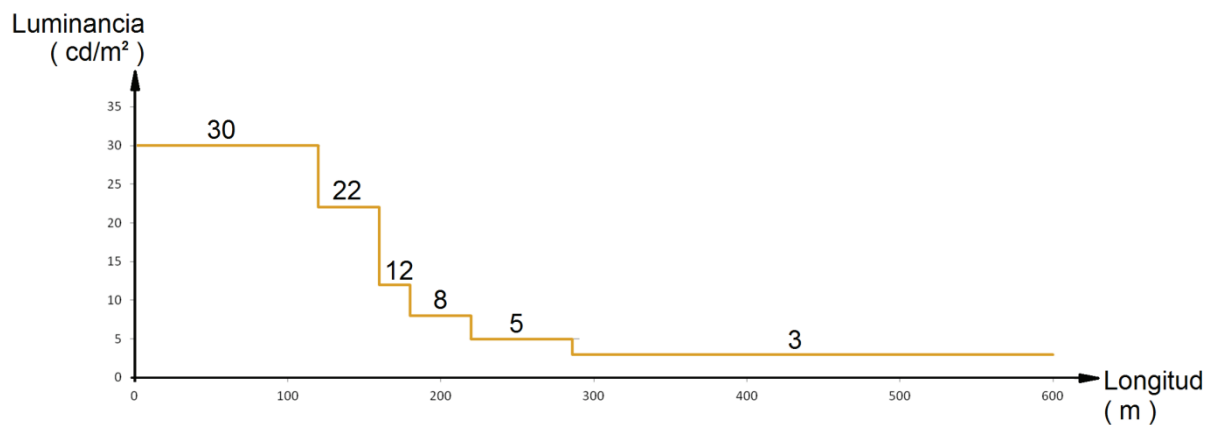
Nivel SOLEADO Túnel SUR:

ZONA	ESCALONES	LONGITUD (m)	LUMINANCIA (cd/m <sup>2</sup> )
Primera mitad ZONA UMBRAL		80	154.7
Segunda mitad ZONA UMBRAL	Primer escalón	40	154.7
	Segundo escalón	40	115
ZONA DE TRANSICIÓN	Primer escalón	20	61.88
	Segundo escalón	50	40
	Tercer escalón	81	20
ZONA INTERIOR		129	3
ZONA DE SALIDA		160	3



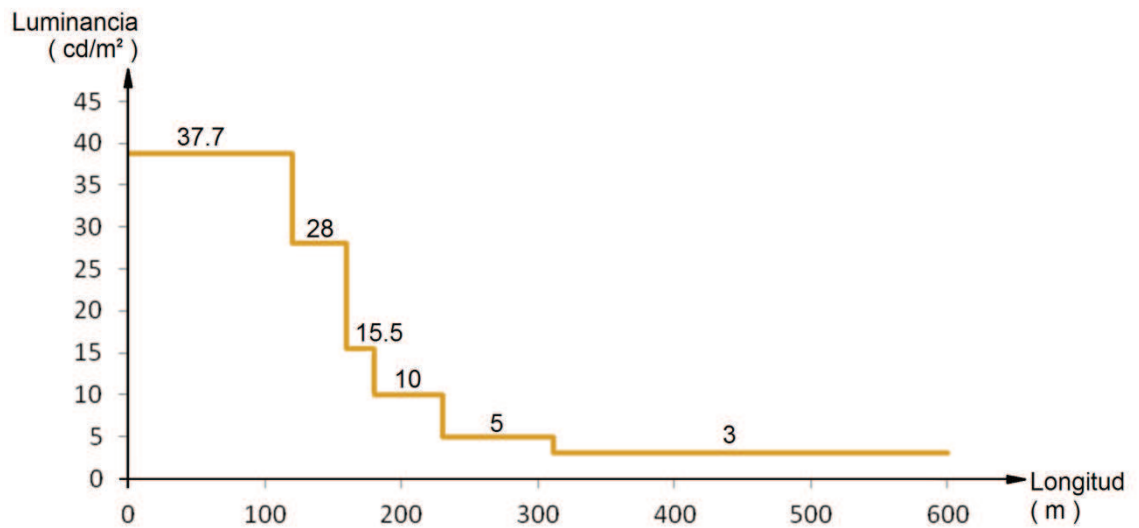
Nivel NUBLADO Túnel NORTE:

ZONA	ESCALONES	LONGITUD (m)	LUMINANCIA (cd/m <sup>2</sup> )
Primera mitad ZONA UMBRAL		80	30.0
Segunda mitad ZONA UMBRAL	Primer escalón	40	30.0
	Segundo escalón	40	22
ZONA DE TRANSICIÓN	Primer escalón	20	12
	Segundo escalón	40	8
	Tercer escalón	66	5
ZONA INTERIOR		154	3
ZONA DE SALIDA		160	3



Nivel NUBLADO Túnel SUR:

ZONA	ESCALONES	LONGITUD (m)	LUMINANCIA (cd/m <sup>2</sup> )
Primera mitad ZONA UMBRAL		80	37.7
Segunda mitad ZONA UMBRAL	Primer escalón	40	37.7
	Segundo escalón	40	28
ZONA DE TRANSICIÓN	Primer escalón	20	15.5
	Segundo escalón	50	10
	Tercer escalón	81	5
ZONA INTERIOR		129	3
ZONA DE SALIDA		160	3



**Nivel NOCHE:**

Para los dos túneles, Norte y Sur, en el nivel Noche la luminancia será la misma para todos los escalones:

$$L_{\text{NOCHE}} = 3 \text{ cd/m}^2$$

**Nivel EMERGENCIA:**

Para los dos túneles, Norte y Sur, en el nivel Emergencia la luminancia será la misma para todos los escalones:

$$L_{\text{EMERGENCIA}} = 0.3 \text{ cd/m}^2$$

**c. Lámparas y equipos auxiliares.****1. Luminarias de iluminación de la carretera**

El tipo de luminarias que se utilizarán en cada nivel se resume en la siguiente tabla:

ZONA		NORTE	SUR
Primera mitad ZONA UMBRAL		SRX509	SRX509
Segunda mitad ZONA UMBRAL	Primer escalón	SRX509	SRX509
	Segundo escalón	BVP506	SRX509
ZONA DE TRANSICIÓN	Primer escalón	BCP560-ECO99	BVP506
	Segundo escalón	BCP560-ECO99	BCP560-ECO99
	Tercer escalón	BCP560-GRN59	BCP560-GRN59
ZONA INTERIOR		BCP560-GRN59	BCP560-ECO99
ZONA DE SALIDA		BCP560-GRN59	BCP560-ECO99

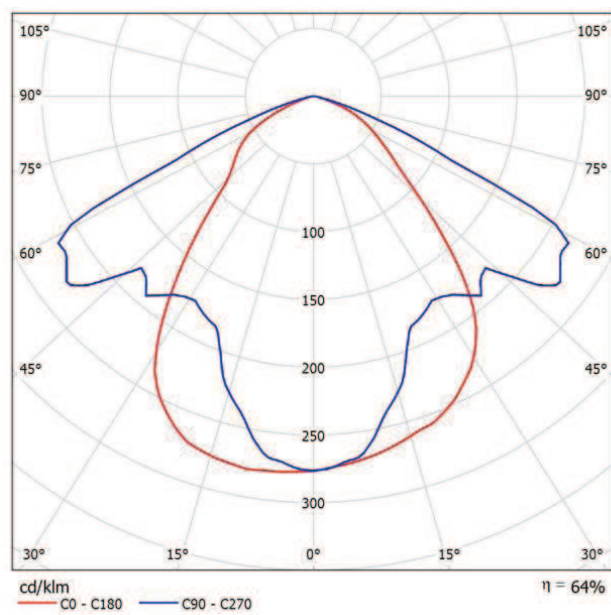
A continuación se explican, uno a uno, las características de cada modelo.

*Philips SRX509*

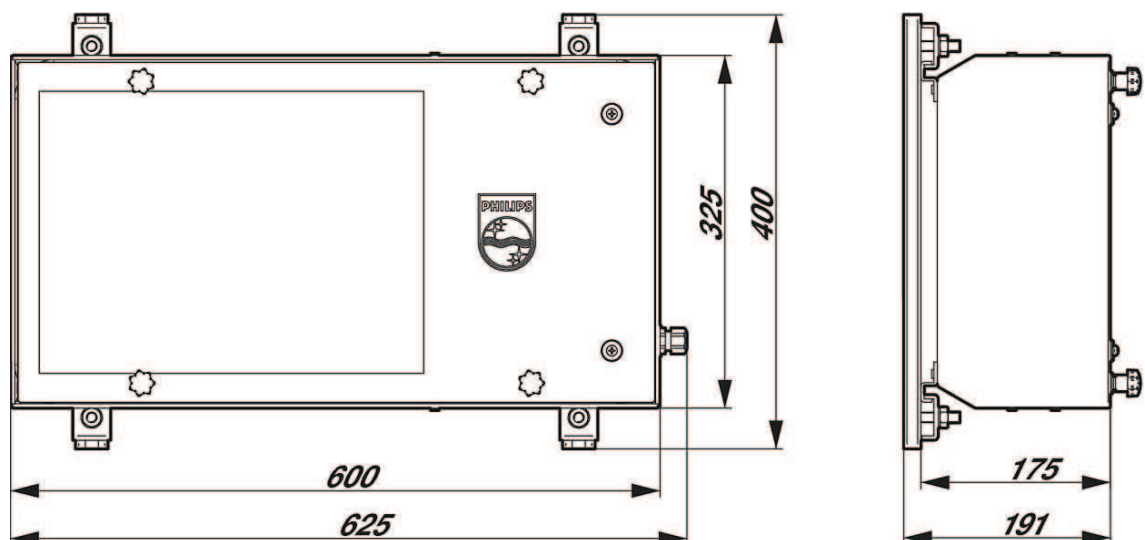
Flujo luminoso (Luminaria): 35595 lm  
 Flujo luminoso (Lámpara): 56500 lm  
 Potencia de la luminaria: 433.0 W  
 Clasificación luminarias según CIE: 100  
 Código CIE Flux: 51 82 98 100 63  
 Lámpara: 1 x SON-TPP400W/220 (Factor de corrección 1.000).



Emisión de luz:



Dimensiones:

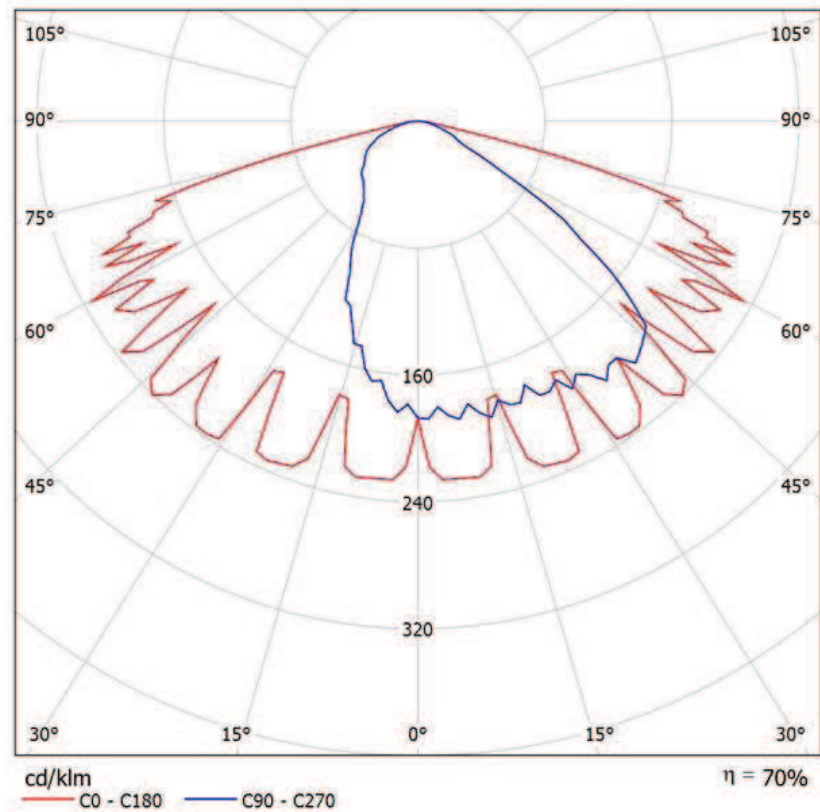


*Philips BVP506*

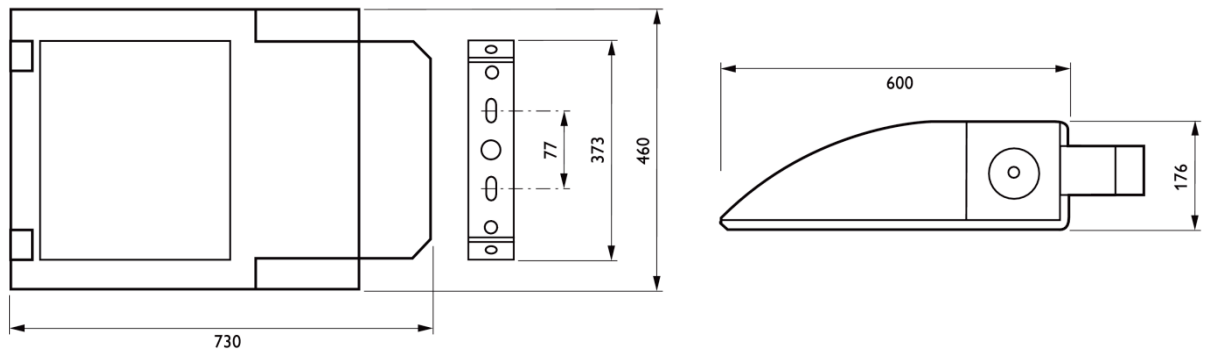
Flujo luminoso (Lámpara): 18108 lm  
 Potencia de la luminaria: 166.0 W  
 Clasificación luminarias según CIE: 100  
 Código CIE Flux: 41 76 97 100 70  
 Lámpara: 1xECO181-2S/657 DW (Factor de corrección 1.000).



Emisión de luz:



Dimensiones:



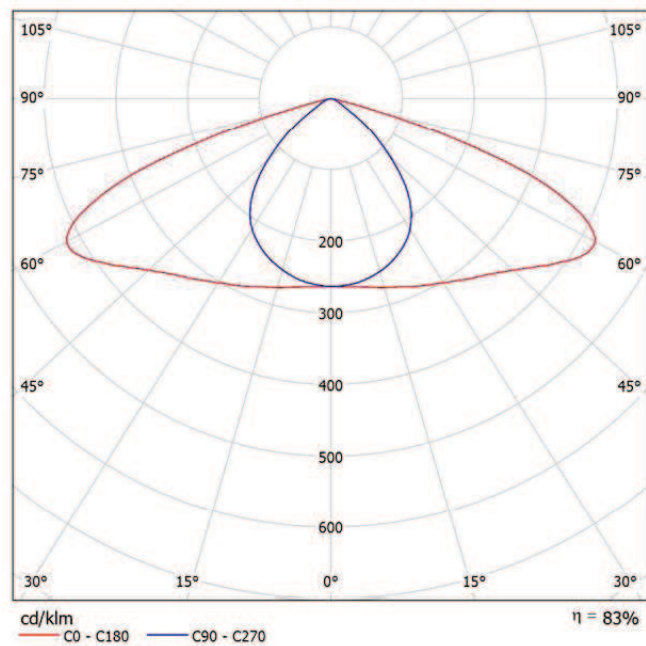


*Philips TunLite LED BCP560 ECO99-2S/740*

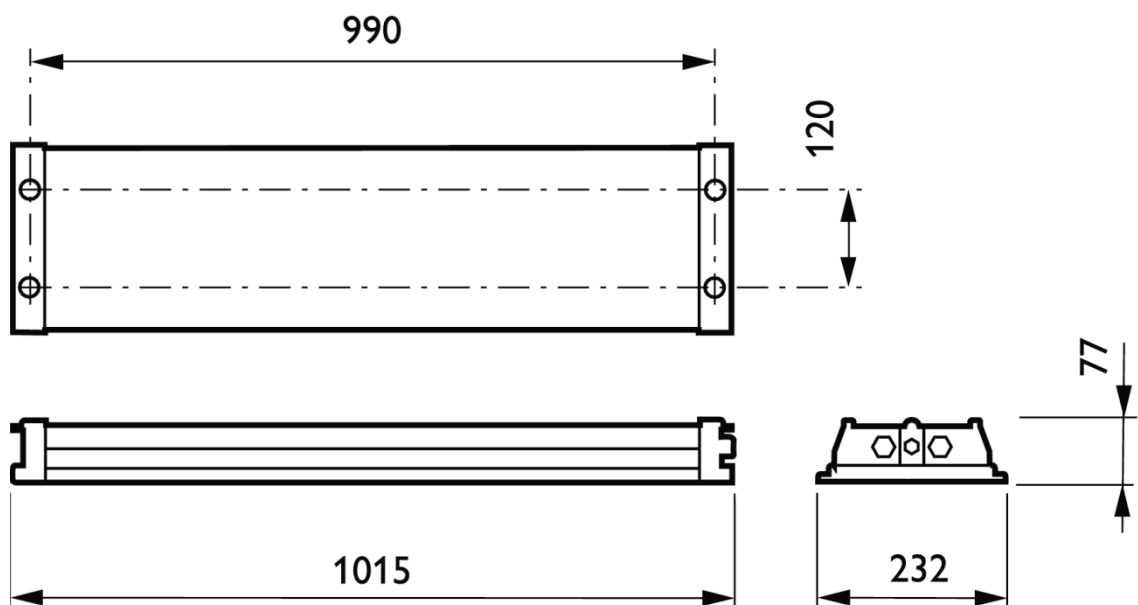
Flujo luminoso (Lámparas): 9913 lm  
 Potencia de la luminaria: 92.0 W  
 Clasificación luminarias según CIE: 100  
 Código CIE Flux: 71 82 28 130 62  
 Lámpara: 1 x ECO99-2S/740 (Factor de corrección 1.000).



Emisión de luz:



Dimensiones:

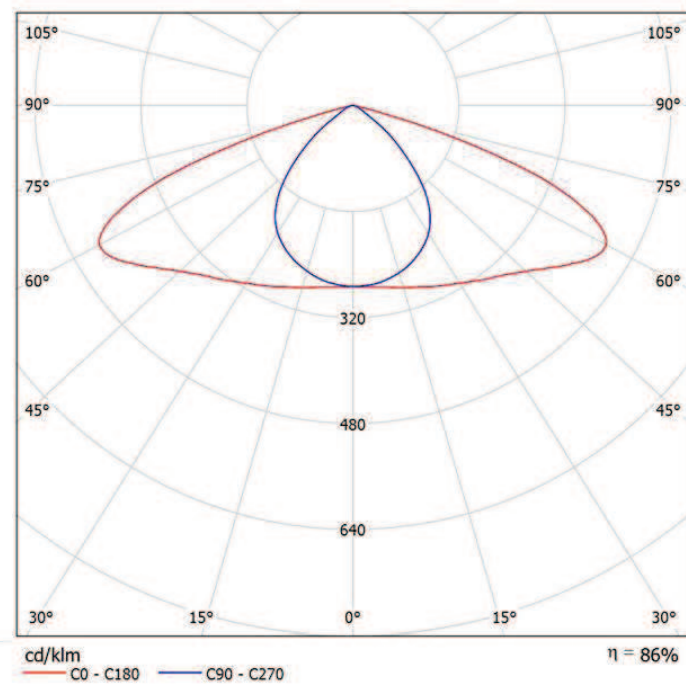


*Philips TunLite LED BCP560 GRN59-2S/740*

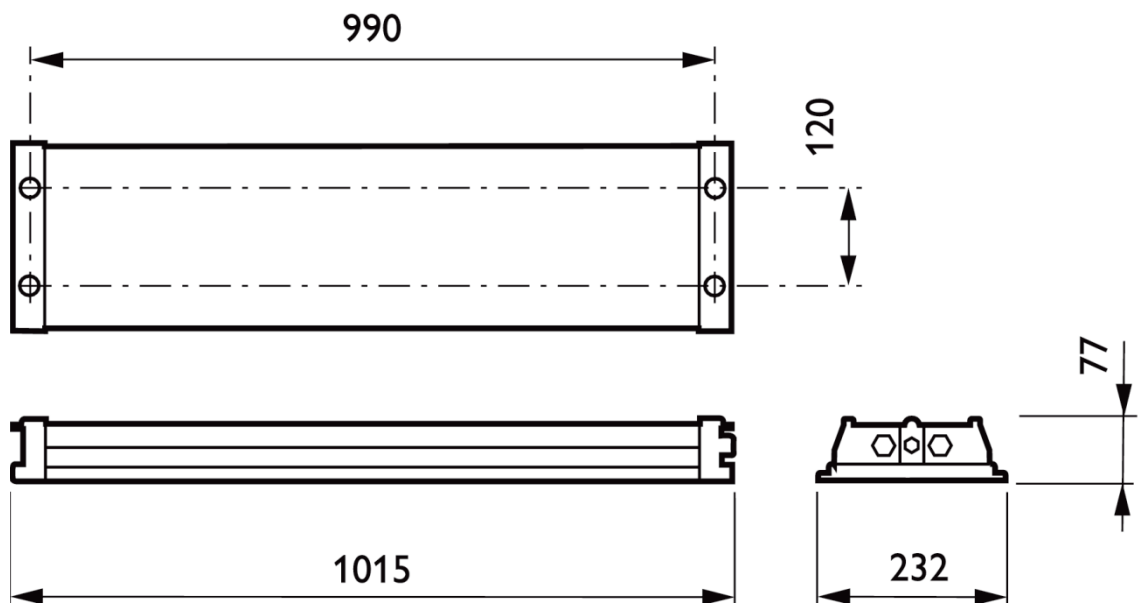
Flujo luminoso (Lámpara): 5856 lm  
 Potencia de la luminaria: 52.0 W  
 Clasificación luminarias según CIE: 100  
 Código CIE Flux: 51 82 98 100 63  
 Lámpara: 1 x GRN59-2S/740 (Factor de corrección 1.000).



Emisión de luz:



Dimensiones:



## 2. Luminarias del alumbrado de seguridad

Para el nivel de emergencia se empleará el modelo: *Philips BCS419*

Para la señalización de emergencia se empleará el modelo: *Legrand URA21LED*

### *Philips MX Powercore BCS419*

Flujo luminoso (Lámpara): 2700 lm

Potencia de la luminaria: 45.0 W

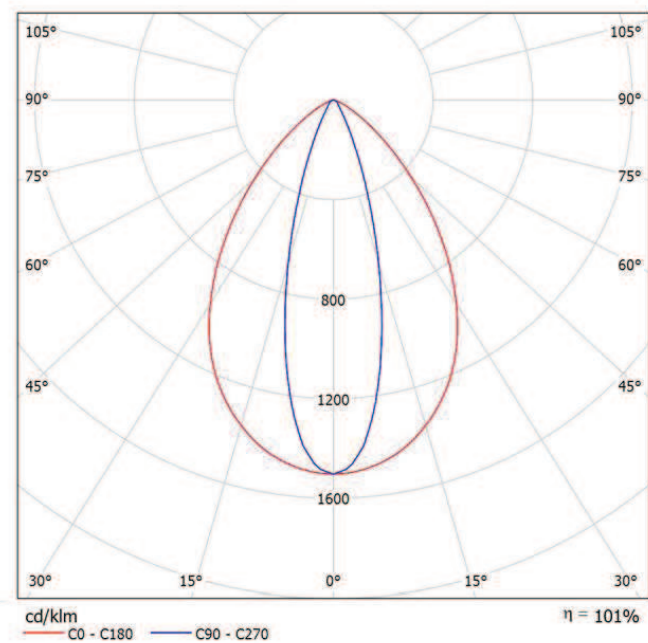
Clasificación luminarias según CIE: 100

Código CIE Flux: 71 80 98 120 94

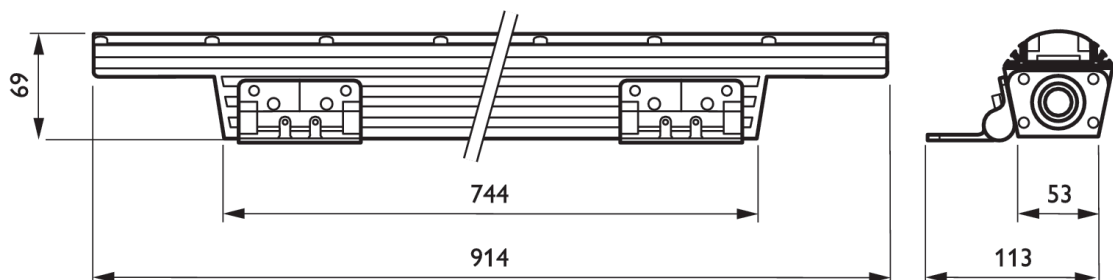
Lámpara: 1 x LED-HB-30x60--2700 (Factor de corrección 1.000).



Emisión de luz:

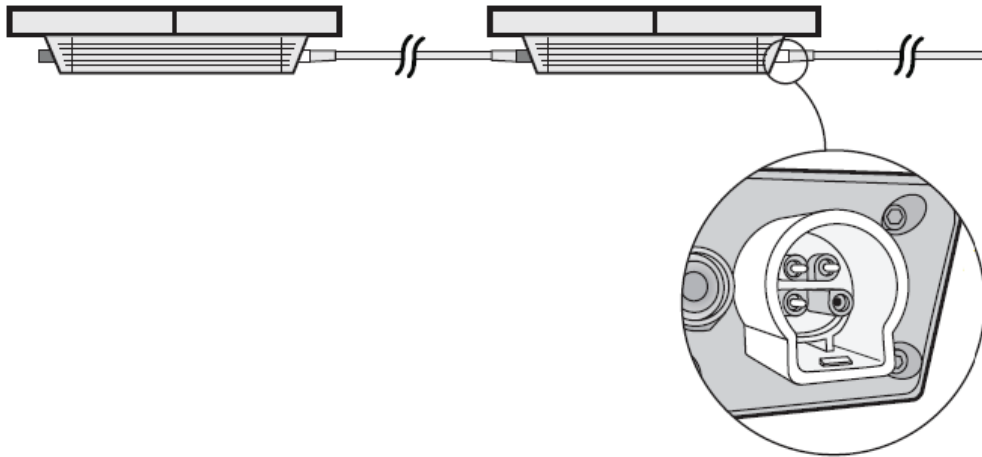


Dimensiones:



**Montaje:**

Este tipo de luminaria viene preparada para un montaje en serie. La línea de alimentación se llevará hasta la primera luminaria, y a partir de esa se conectarán el resto, como se muestra en la imagen.

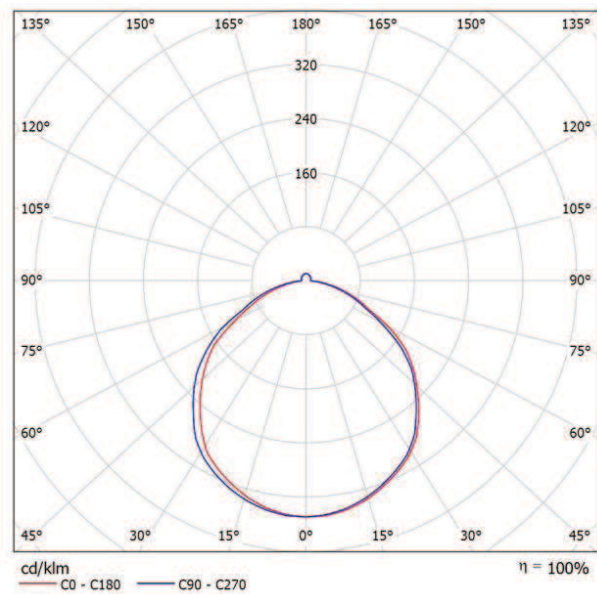


*Legrand URA21LED*

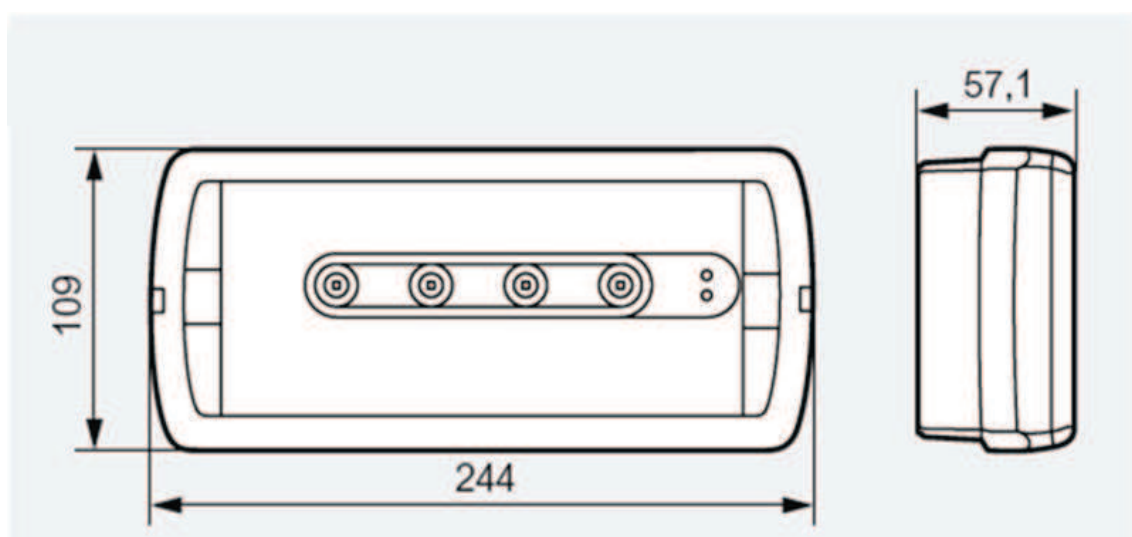
Flujo luminoso: 200 lm  
Potencia de la lámpara: 3.0 W  
Consumo máximo: 9.0 W  
Lámpara: 4 LED  
Autonomía: 1h  
Modo de funcionamiento: Permanente



## Emisión de luz:



## Dimensiones:



### 3. Luminarias del alumbrado de los recintos interiores

#### Philips TCW060

Flujo luminoso (Lámpara): 3350 lm

Potencia de la luminaria: 36.0 W

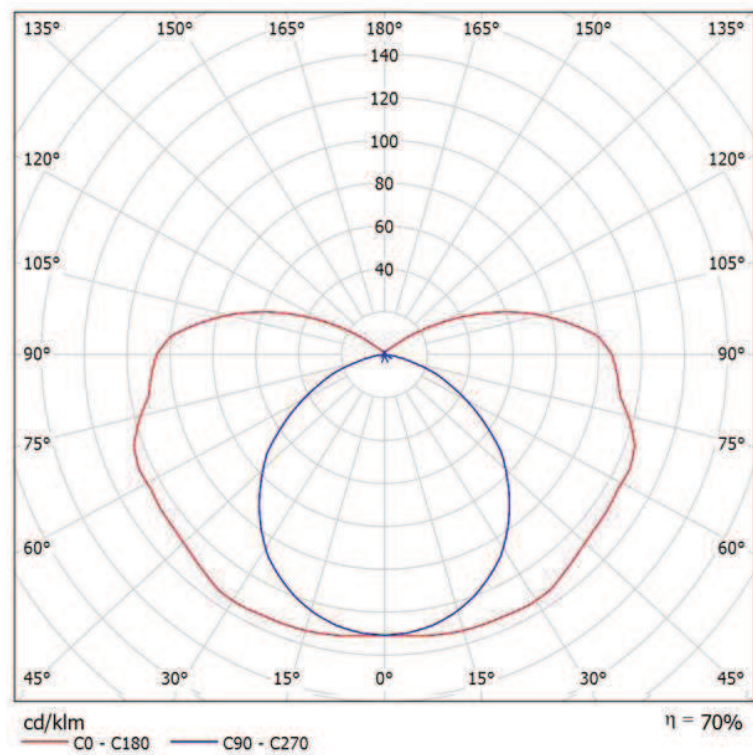
Clasificación luminarias según CIE: 100

Código CIE Flux: 71 80 98 120 94

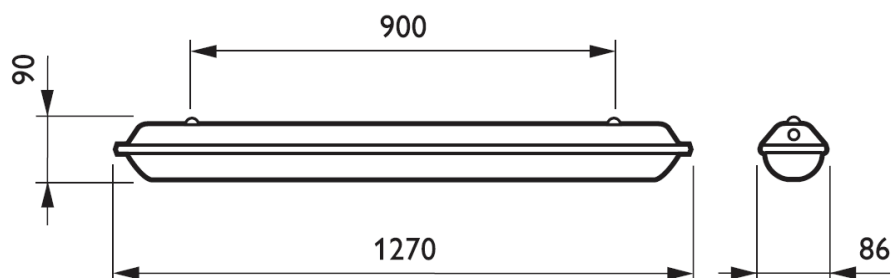
Lámpara: 1 x LED-HB-30x60--2700 (Factor de corrección 1.000).



Emisión de luz:



Dimensiones:



**d. Distribución y posición de las luminarias de carretera**

La posición que ocuparán las luminarias de cada escalón se resume en las siguientes tablas:

COLOCACIÓN LUMINARIAS TUNEL NORTE					
Escalones	Longitud (m)	INICIO - 1ª luminaria (m)	nº luminarias	Distancia entre luminarias (m)	Última luminaria - FINAL (m)
1º	120	0,7	86	1,4	0,3
2º	40	0,7	36	1,1	0,8
3º	20	0,6	17	1,2	0,2
4º	40	1,3	23	1,7	1,3
5º	66	0,9	37	1,8	0,3
6º	314	7	26	12	7
EMERG.	600	2,5	239	2,5	2,5

COLOCACIÓN LUMINARIAS TUNEL SUR					
Escalones	Longitud (m)	INICIO - 1ª luminaria (m)	nº luminarias	Distancia entre luminarias (m)	Última luminaria - FINAL (m)
1º	120	0,53	114	1,05	0,82
2º	40	0,68	30	1,35	0,17
3º	20	0,7	14	1,4	1,1
4º	50	0,65	38	1,3	1,25
5º	81	0,8	51	1,6	0,2
6º	289	8,5	17	17	8,5
EMERG.	600	2,5	171	3,5	2,5

Estos valores son para solo uno de los raíles de la estructura soporte de cada túnel. Se repetirá la instalación para el segundo raíl, de forma idéntica.

A modo de ejemplo, en los planos se muestra detallado el montaje de las luminarias en uno de los raíles del túnel Norte. Las luminarias del túnel Sur se instalarán de forma análoga, cambiando las distancias y el tipo de luminaria según corresponda.

### **e. Sistemas de encendido y apagado**

El sistema de encendido y apagado de luminarias, para conseguir un nivel u otro, se realizará mediante el autómata "LOGO!". El funcionamiento que se ha programado es el siguiente:

- Nivel SOLEADO: se activará cuando el reloj astronómico indique la salida del sol, y el luxómetro no detecte una iluminancia inferior a 20000 lux. Se activará también cuando se accione el interruptor manual.
- Nivel NUBLADO: se activará cuando el reloj astronómico indique la salida del sol, y el luxómetro detecte una iluminancia inferior a 20000 lux durante un tiempo superior a 10 minutos.
- Nivel NOCHE: se activará cuando el reloj astronómico indique la puesta del sol.
- Nivel EMERGENCIA: cuando se detecte falta de tensión, se encenderán las luminarias de este nivel, alimentadas por SAI. Se mantendrán encendidas las luminarias de este nivel durante 4 minutos después de recuperarse el servicio. Como forma de mantenimiento preventivo, también se encenderán una vez a la semana durante media hora (martes de 00:30 a 01:00).

Con cada nivel se activará una salida (Q5, Q6, Q7 o Q8), y cada salida energizará la bobina de un relé (k1, k2, k3 o k4, respectivamente), que activará el contactor correspondiente.



## **D. CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EL DISEÑO, EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO**

### **a. Criterios de eficiencia en el diseño del nuevo alumbrado**

#### 1. Factor de utilización

En DIALux está integrado el “método del factor de utilización” del CIE para determinar aproximadamente la cantidad correcta de piezas para todas las disposiciones de luminarias.

Como el diseño luminotécnico se ha realizado con el programa DIALux, se dan por asumidas las indicaciones de dicho método.

#### 2. Factor de mantenimiento y flujo

Para todos los niveles de iluminación, el Factor de Mantenimiento será, como mínimo, de 0.7.

$$FM \geq 0.7$$

#### 3. Eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares

Por falta de información por parte del fabricante, no se ha podido calcular por separado la eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares, pero sí la del conjunto de toda la luminaria (siguiente apartado).

#### 4. Eficiencia de las luminarias

Se ha calculado la CLASE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA de las luminarias, según Reglamento 874/2012 de la comisión.

Luminaria	CLASE
<i>Philips SRX509</i>	A++
<i>Philips BVP506</i>	A+
<i>BCP560 ECO99-2S/740</i>	A+
<i>BCP560 GRN59-2S/740</i>	A+
<i>BCS419</i>	A
<i>TCW060</i>	A+
<i>URA21LED</i>	A+

## 5. Deslumbramientos

Se han evitado los deslumbramientos gracias a la decisión de colocar las luminarias de modo simétrico. De esta forma, en lugar de conseguir una mayor luminancia inclinando la luminaria o con luminarias con emisión de luz asimétrica, se ha conseguido aumentando la iluminancia de la vía, pero colocando las luminarias de forma totalmente horizontal y utilizando luminarias con flujo de luz uniforme (Véanse Planos "detalles de montaje").

De este modo se ha logrado una mayor seguridad para los usuarios.

## 6. Niveles de iluminación alcanzados

Los niveles de iluminación alcanzados se han calculado con el programa DIALux. El proceso que se ha seguido es el siguiente:

1. Elección de una configuración preliminar: posición y tipo de las luminarias.
2. Cálculo luminotécnico con DIALux.
3. Se elige una separación entre luminarias que proporcione una luminancia ligeramente superior a la calculada como mínima necesaria para el Nivel Soleado.
4. Se repetirá el cálculo para los niveles Nublado y Noche, para lo cual se tomarán separaciones entre luminarias que sean múltiplos de las calculadas para el nivel Soleado, simulando así los encendidos de solo algunas luminarias.
5. Para el nivel de emergencia el procedimiento es idéntico, pero realizando cálculo solamente una vez (solo un escalón).

A continuación se muestran, para cada escalón de cada nivel, los datos de planificación y el sumario de resultados luminotécnicos según el programa DIALux.

NIVEL SOLEADO: PRIMER ESCALÓN TÚNEL NORTE

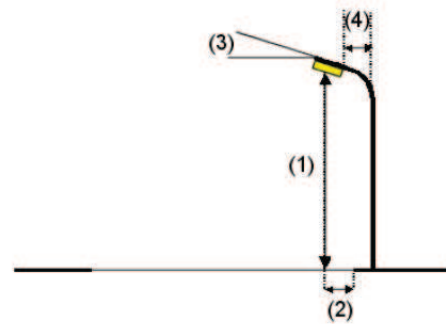
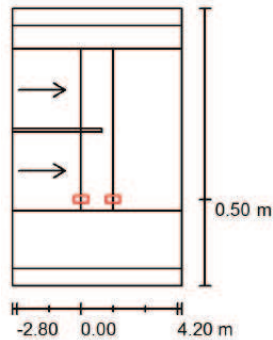
**NORTE\_1º Soleado / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

Factor mantenimiento: 0.70

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips SRX509 1xSON-TPP400W SGR A
Flujo luminoso (Luminaria):	35595 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	56500 lm
Potencia de las luminarias:	433.0 W
Organización:	unilateral abajo
Distancia entre mástiles:	1.400 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.380 m
Saliente sobre la calzada (2):	0.500 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

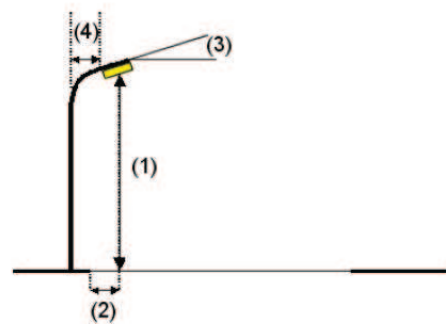
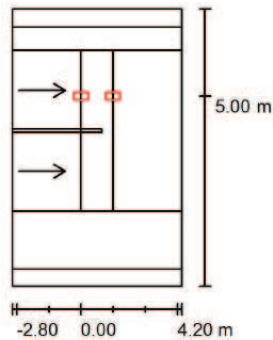
Valores máximos de la intensidad luminica	
con 70°:	238 cd/klm
con 80°:	22 cd/klm
con 90°:	0.00 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

Ninguna intensidad luminica por encima de 90°.  
La disposición cumple con la clase de intensidad luminica G6.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips SRX509 1xSON-TPP400W SGR A
Flujo luminoso (Luminaria):	35595 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	56500 lm
Potencia de las luminarias:	433.0 W
Organización:	unilateral arriba
Distancia entre mástiles:	1.400 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.380 m
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

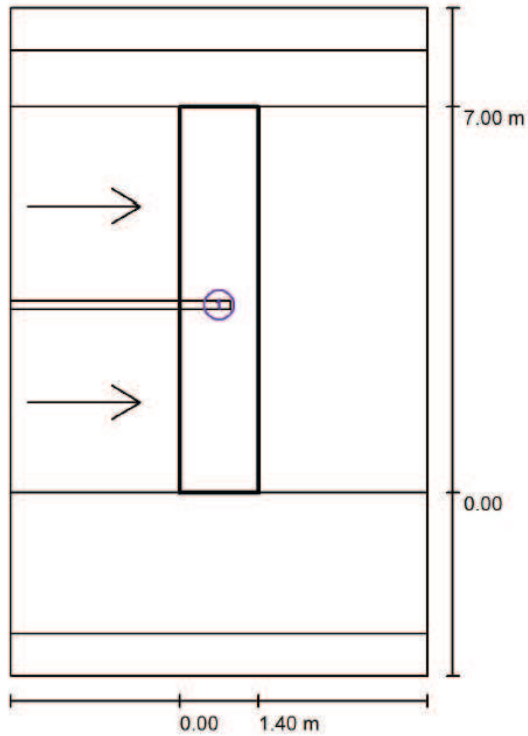
Valores máximos de la intensidad luminica	
con 70°:	238 cd/klm
con 80°:	22 cd/klm
con 90°:	0.00 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

Ninguna intensidad luminica por encima de 90°.  
La disposición cumple con la clase de intensidad luminica G6.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

**NORTE\_1º\_Soleado / Resultados luminotécnicos**



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:112

Trama: 10 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	129.81	0.66	1.00	/	0.32
Valores de consigna según clase:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	/	✗

**Observador respectivo (2 Pieza):**

Nº	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.750, 1.500)	129.81	0.66	1.00	/
2	Observador 2	(-60.000, 5.250, 1.500)	130.42	0.68	1.00	/

NIVEL SOLEADO: SEGUNDO ESCALÓN TÚNEL NORTE

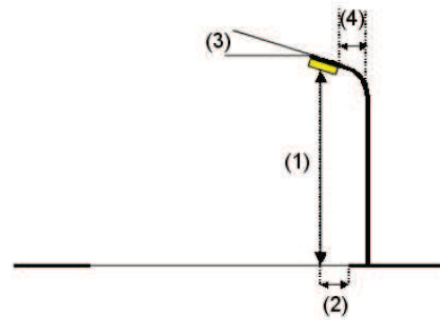
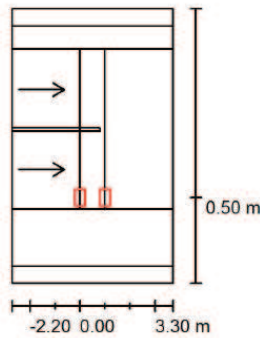
NORTE\_2º\_Soleado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

Factor mantenimiento: 0.70

Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	Philips BVP506 GC WG 1xEco181-2S/657 DW
Flujo luminoso (Luminaria):	12676 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	18108 lm
Potencia de las luminarias:	164.8 W
Organización:	unilateral abajo
Distancia entre mástiles:	1.100 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.376 m
Saliente sobre la calzada (2):	0.500 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

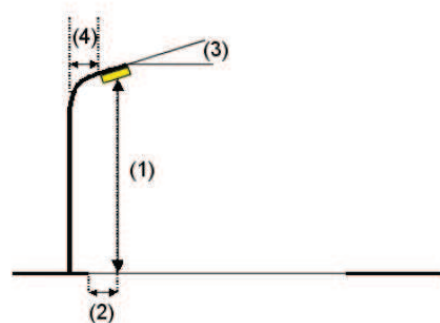
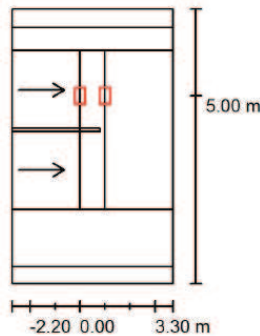
Valores máximos de la intensidad lumínica	
con 70°:	422 cd/klm
con 80°:	22 cd/klm
con 90°:	0.00 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.  
La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G4.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	Philips BVP506 GC WG 1xEco181-2S/657 DW
Flujo luminoso (Luminaria):	12676 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	18108 lm
Potencia de las luminarias:	164.8 W
Organización:	unilateral arriba
Distancia entre mástiles:	1.100 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.376 m
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

Valores máximos de la intensidad lumínica	
con 70°:	422 cd/klm
con 80°:	22 cd/klm
con 90°:	0.00 cd/klm

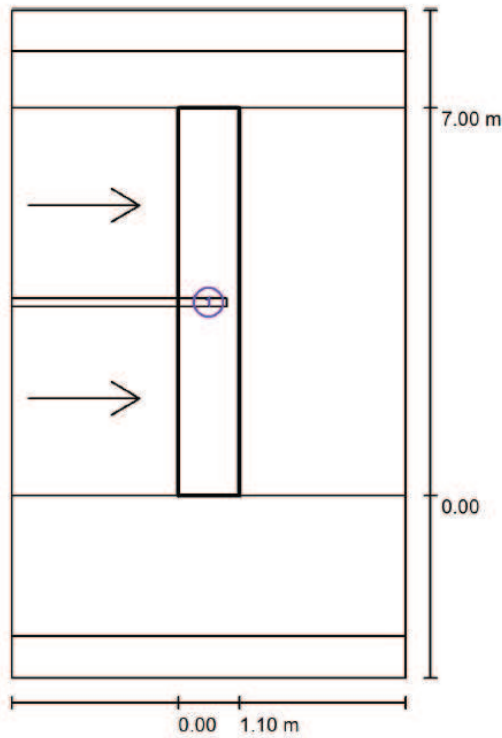
Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.  
La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G4.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.



**NORTE 2° Soleado / Resultados luminotécnicos**



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:112

Trama: 10 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
95.00	0.56	0.99	/	0.33
≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
✓	✓	✓	/	✗

**Observador respectivo (2 Pieza):**

N°	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.750, 1.500)	95.00	0.56	0.99	/
2	Observador 2	(-60.000, 5.250, 1.500)	95.97	0.61	0.99	/

NIVEL SOLEADO: TERCER ESCALÓN TÚNEL NORTE

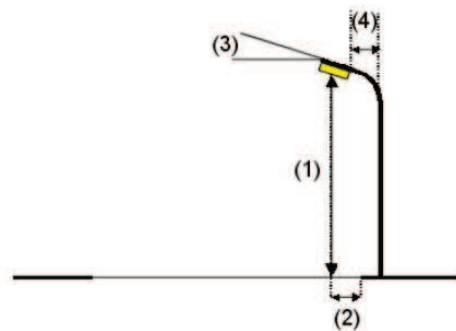
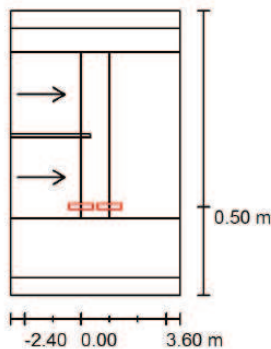
NORTE\_3º\_Soleado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

Factor mantenimiento: 0.70

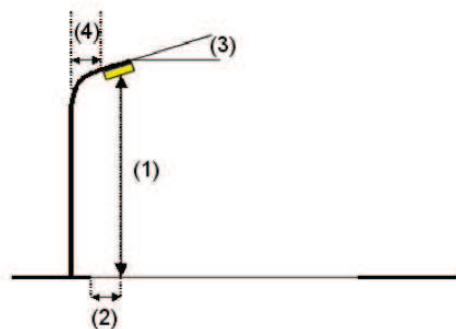
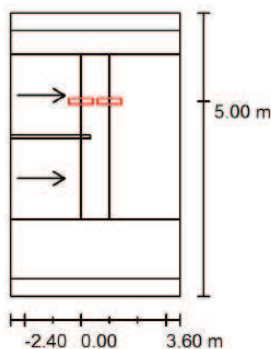
Disposiciones de las luminarias



Luminaria:  
 Flujo luminoso (Luminaria):  
 Flujo luminoso (Lámparas):  
 Potencia de las luminarias:  
 Organización:  
 Distancia entre mástiles:  
 Altura de montaje (1):  
 Altura del punto de luz:  
 Saliente sobre la calzada (2):  
 Inclinación del brazo (3):  
 Longitud del brazo (4):

Philips BCP560 1xE909-2S/740 DSN  
 Valores máximos de la intensidad lumínica  
 con 70°: 255 cd/klm  
 con 80°: 9.48 cd/klm  
 con 90°: 1.39 cd/klm  
 Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).  
 La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.  
 La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

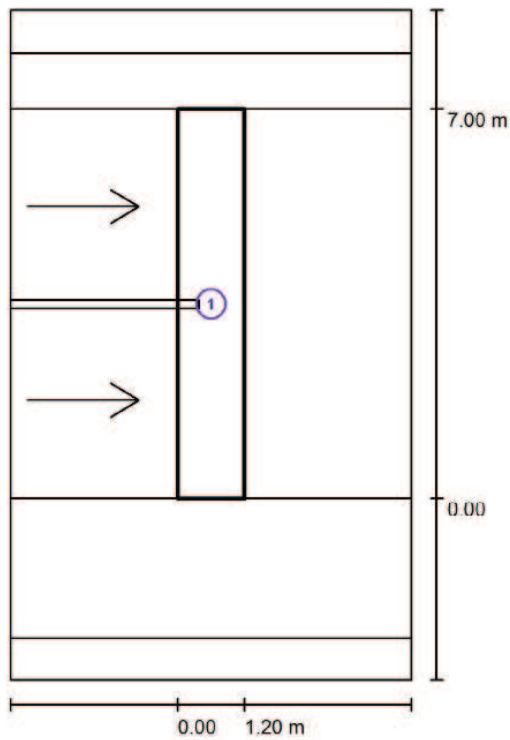
Disposiciones de las luminarias



Luminaria:  
 Flujo luminoso (Luminaria):  
 Flujo luminoso (Lámparas):  
 Potencia de las luminarias:  
 Organización:  
 Distancia entre mástiles:  
 Altura de montaje (1):  
 Altura del punto de luz:  
 Saliente sobre la calzada (2):  
 Inclinación del brazo (3):  
 Longitud del brazo (4):

Philips BCP560 1xE909-2S/740 DSN  
 Valores máximos de la intensidad lumínica  
 con 70°: 255 cd/klm  
 con 80°: 9.48 cd/klm  
 con 90°: 1.39 cd/klm  
 Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).  
 La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.  
 La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

NORTE\_3°\_Soleado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:112

Trama: 10 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	52.13	0.64	1.00	/	0.48
Valores de consigna según clase:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	/	✗

Observador respectivo (2 Pieza):

N°	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.750, 1.500)	52.13	0.64	1.00	/
2	Observador 2	(-60.000, 5.250, 1.500)	52.85	0.71	1.00	/



NIVEL SOLEADO: CUARTO ESCALÓN TÚNEL NORTE

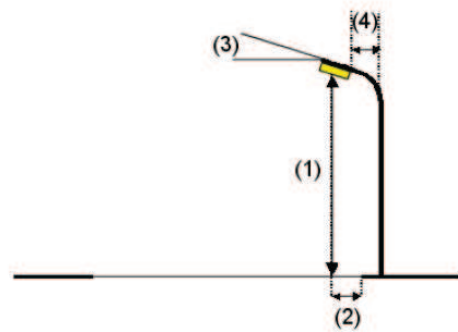
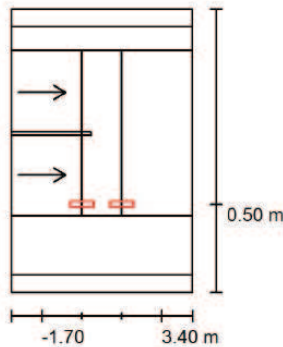
NORTE\_4º\_Soleado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

Factor mantenimiento: 0.70

Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	Philips BCP560 1xECO99-2S/740 DSN
Flujo luminoso (Luminaria):	8228 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	9913 lm
Potencia de las luminarias:	92.8 W
Organización:	unilateral abajo
Distancia entre mástiles:	1.700 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.123 m
Saliente sobre la calzada (2):	0.500 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

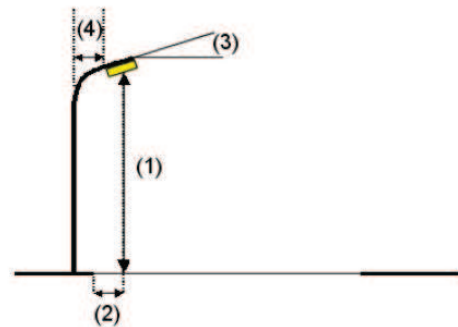
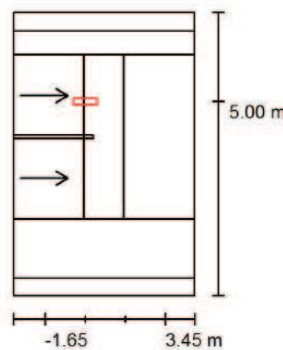
Valores máximos de la intensidad lumínica	
con 70°:	255 cd/klm
con 80°:	9.48 cd/klm
con 90°:	1.39 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	Philips BCP560 1xECO99-2S/740 DSN
Flujo luminoso (Luminaria):	8228 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	9913 lm
Potencia de las luminarias:	92.8 W
Organización:	unilateral arriba
Distancia entre mástiles:	1.700 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.123 m
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

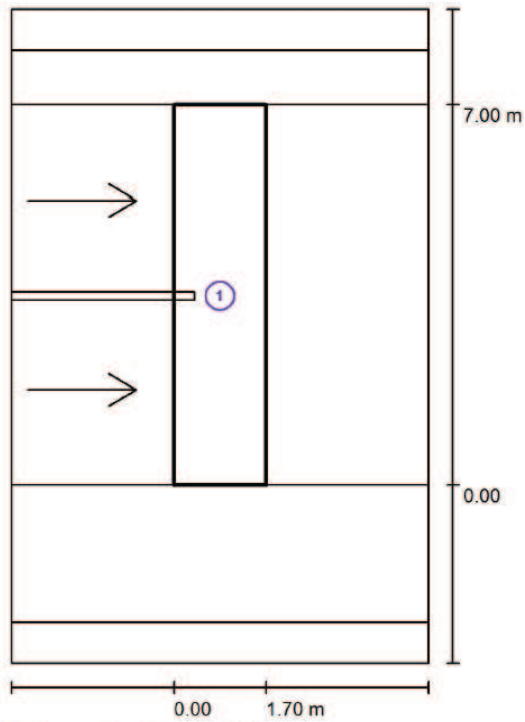
Valores máximos de la intensidad lumínica	
con 70°:	255 cd/klm
con 80°:	9.48 cd/klm
con 90°:	1.39 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

**NORTE\_4º Soleado / Resultados luminotécnicos**



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:112

Trama: 10 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
36.80	0.64	1.00	/	0.48
≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
✓	✓	✓	/	✗

Observador respectivo (2 Pieza):

Nº	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.750, 1.500)	36.80	0.64	1.00	/
2	Observador 2	(-60.000, 5.250, 1.500)	37.31	0.71	1.00	/

NIVEL SOLEADO: QUINTO ESCALÓN TÚNEL NORTE

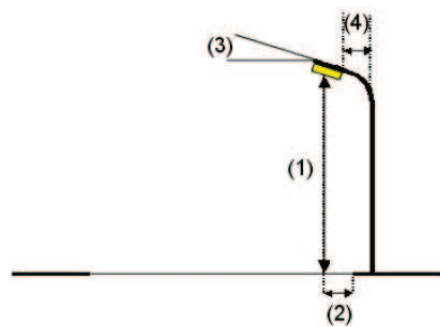
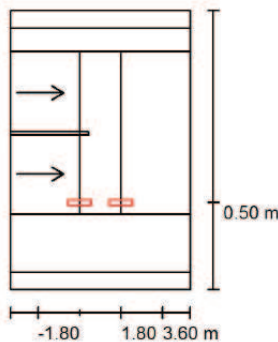
**NORTE 5° Soleado / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

Factor mantenimiento: 0.70

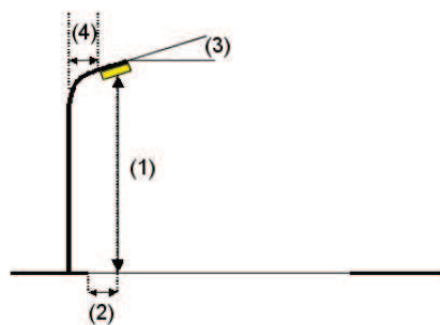
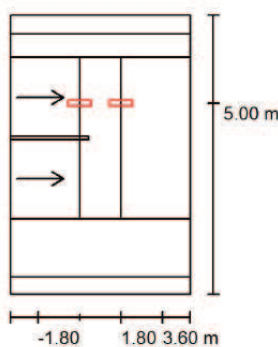
**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:  
 Flujo luminoso (Luminaria): 5036 lm  
 Flujo luminoso (Lámparas): 5856 lm  
 Potencia de las luminarias: 52.7 W  
 Organización: unilateral abajo  
 Distancia entre mástiles: 1.800 m  
 Altura de montaje (1): 5.200 m  
 Altura del punto de luz: 5.123 m  
 Saliente sobre la calzada (2): 0.500 m  
 Inclinación del brazo (3): 0.0 °  
 Longitud del brazo (4): 3.500 m

Philips BCP560 1xGRN59-2S/740 DSN  
 Valores máximos de la intensidad lumínica  
 con 70°: 265 cd/klm  
 con 80°: 9.84 cd/klm  
 con 90°: 1.44 cd/klm  
 Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).  
 La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.  
 La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

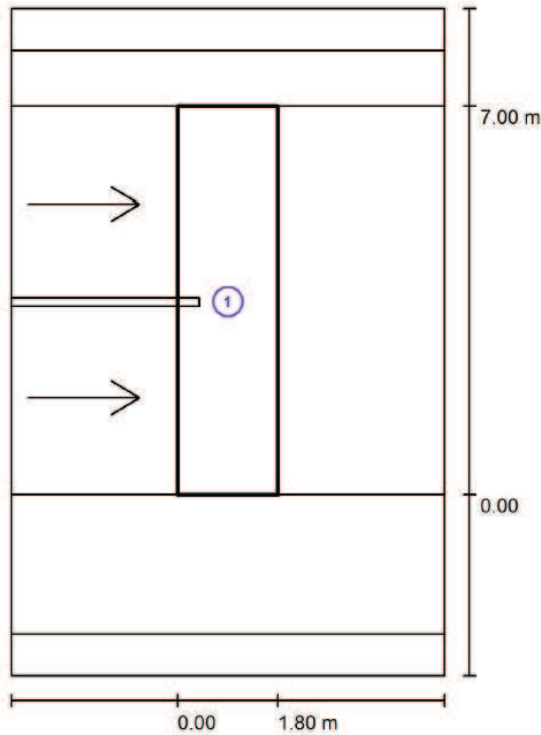
**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:  
 Flujo luminoso (Luminaria): 5036 lm  
 Flujo luminoso (Lámparas): 5856 lm  
 Potencia de las luminarias: 52.7 W  
 Organización: unilateral arriba  
 Distancia entre mástiles: 1.800 m  
 Altura de montaje (1): 5.200 m  
 Altura del punto de luz: 5.123 m  
 Saliente sobre la calzada (2): 2.000 m  
 Inclinación del brazo (3): 0.0 °  
 Longitud del brazo (4): 3.500 m

Philips BCP560 1xGRN59-2S/740 DSN  
 Valores máximos de la intensidad lumínica  
 con 70°: 265 cd/klm  
 con 80°: 9.84 cd/klm  
 con 90°: 1.44 cd/klm  
 Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).  
 La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.  
 La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

**NORTE 5° Soleado / Resultados luminotécnicos**



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:112

Trama: 10 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	21.32	0.64	1.00	/	0.48
Valores de consigna según clase:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	/	✗

Observador respectivo (2 Pieza):

N°	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.750, 1.500)	21.32	0.64	1.00	/
2	Observador 2	(-60.000, 5.250, 1.500)	21.61	0.71	1.00	/



NIVEL SOLEADO, NUBLADO Y NOCHE: SEXTO ESCALÓN TÚNEL NORTE

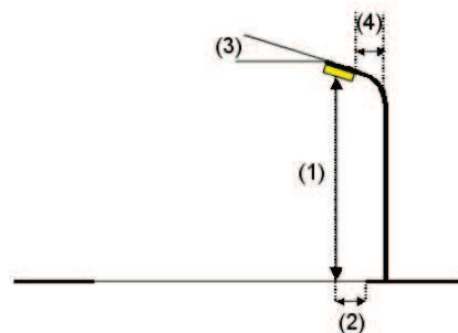
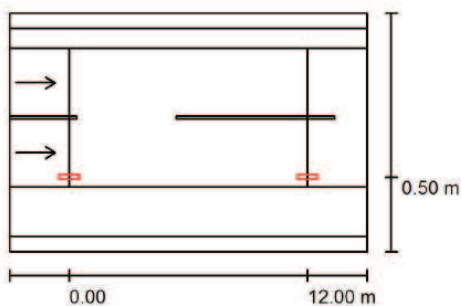
**NORTE\_6°\_Soleado, Nublado y Noche / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

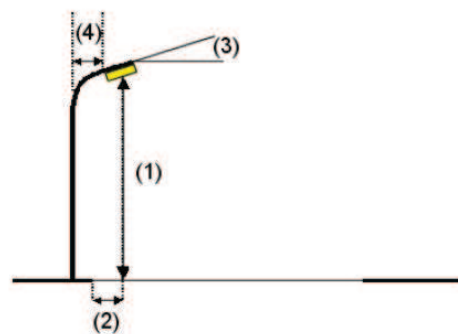
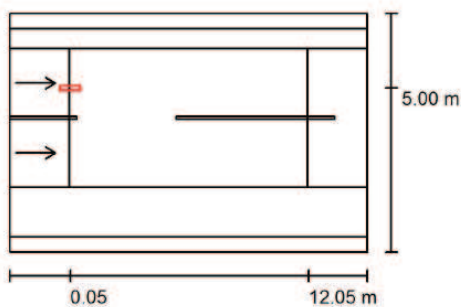
Factor mantenimiento: 0.70

**Disposiciones de las luminarias**



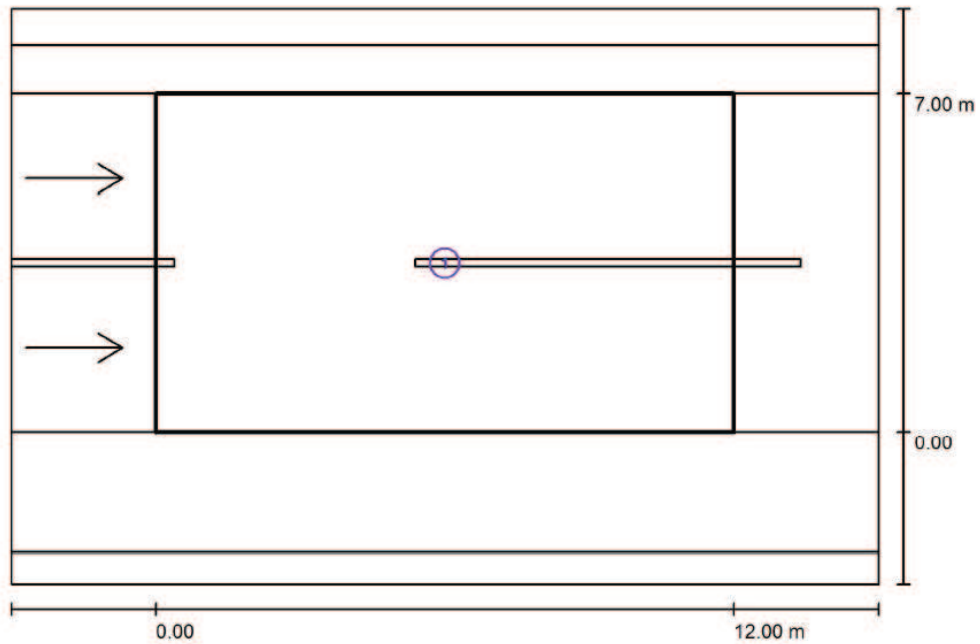
Luminaria:	Philips BCP560 1xGRN59-2S/740 DSN	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Luminaria):	5036 lm	con 70°: 265 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	5856 lm	con 80°: 9.84 cd/klm
Potencia de las luminarias:	52.7 W	con 90°: 1.44 cd/klm
Organización:	unilateral abajo	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	12.000 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.
Altura de montaje (1):	5.200 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Altura del punto de luz:	5.123 m	
Saliente sobre la calzada (2):	0.500 m	
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	3.500 m	

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips BCP560 1xGRN59-2S/740 DSN	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Luminaria):	5036 lm	con 70°: 265 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	5856 lm	con 80°: 9.84 cd/klm
Potencia de las luminarias:	52.7 W	con 90°: 1.44 cd/klm
Organización:	unilateral arriba	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	12.000 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.
Altura de montaje (1):	5.200 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Altura del punto de luz:	5.123 m	
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m	
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	3.500 m	

**NORTE\_6°\_Soleado, Nublado y Noche / Resultados luminotécnicos**



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:129

Trama: 10 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	3.20	0.62	0.87	6	0.48
Valores de consigna según clase:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓	✗

**Observador respectivo (2 Pieza):**

N°	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.750, 1.500)	3.20	0.62	0.88	6
2	Observador 2	(-60.000, 5.250, 1.500)	3.25	0.66	0.87	6

NIVEL NUBLADO: PRIMER ESCALÓN TÚNEL NORTE

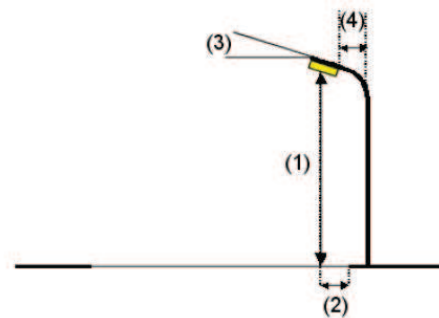
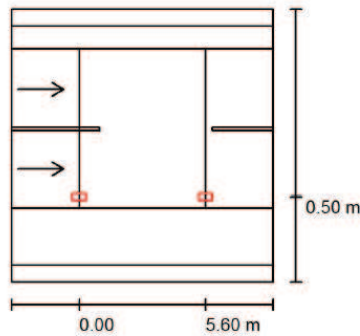
NORTE\_1º Nublado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

Factor mantenimiento: 0.70

Disposiciones de las luminarias

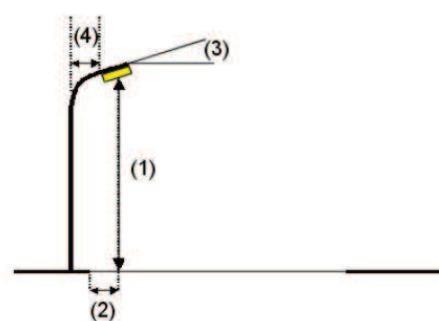
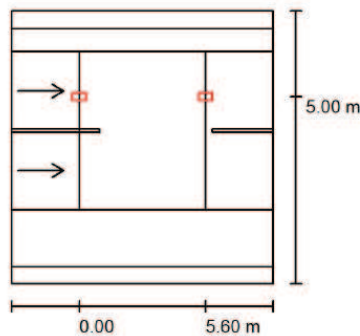


Luminaria:	Philips SRX509 1xSON-TPP400W SGR A
Flujo luminoso (Luminaria):	35595 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	56500 lm
Potencia de las luminarias:	433.0 W
Organización:	unilateral abajo
Distancia entre mástiles:	5.600 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.380 m
Saliente sobre la calzada (2):	0.500 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

Valores máximos de la intensidad lumínica  
 con 70°: 238 cd/klm  
 con 80°: 22 cd/klm  
 con 90°: 0.00 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).  
 Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.  
 La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G6.  
 La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

Disposiciones de las luminarias

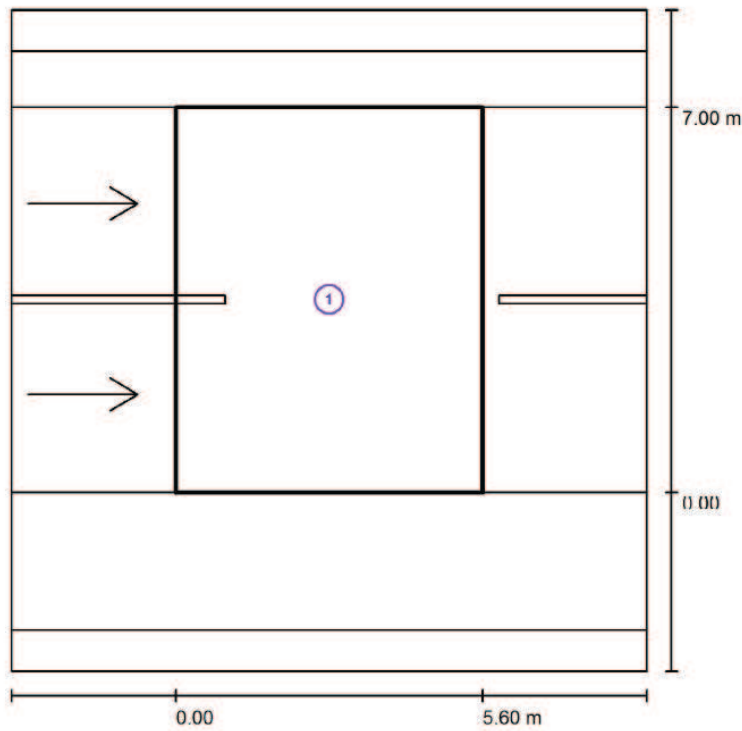


Luminaria:	Philips SRX509 1xSON-TPP400W SGR A
Flujo luminoso (Luminaria):	35595 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	56500 lm
Potencia de las luminarias:	433.0 W
Organización:	unilateral arriba
Distancia entre mástiles:	5.600 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.380 m
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

Valores máximos de la intensidad lumínica  
 con 70°: 238 cd/klm  
 con 80°: 22 cd/klm  
 con 90°: 0.00 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).  
 Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.  
 La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G6.  
 La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

NORTE\_1° Nublado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:112

Trama: 10 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	32.46	0.65	0.95	/	0.32
Valores de consigna según clase:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	/	✗

Observador respectivo (2 Pieza):

N°	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.750, 1.500)	32.46	0.65	0.95	/
2	Observador 2	(-60.000, 5.250, 1.500)	32.62	0.67	0.97	/



NIVEL NUBLADO: SEGUNDO ESCALÓN TÚNEL NORTE

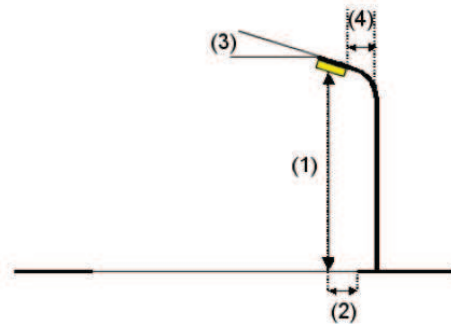
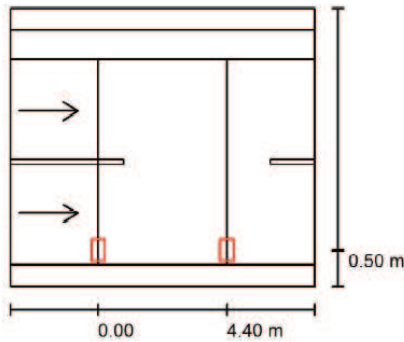
**NORTE\_2º Nublado / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

Factor mantenimiento: 0.70

**Disposiciones de las luminarias**

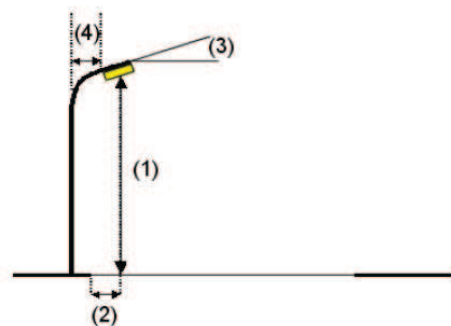
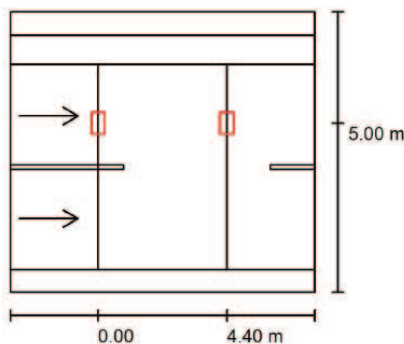


Luminaria:	Philips BVP506 GC WG 1xECO181-2S/657 DW
Flujo luminoso (Luminaria):	12676 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	18108 lm
Potencia de las luminarias:	164.8 W
Organización:	unilateral abajo
Distancia entre mástiles:	4.400 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.376 m
Saliente sobre la calzada (2):	0.500 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

Valores máximos de la intensidad lumínica  
 con 70°: 422 cd/klm  
 con 80°: 22 cd/klm  
 con 90°: 0.00 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).  
 Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.  
 La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G4.  
 La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips BVP506 GC WG 1xECO181-2S/657 DW
Flujo luminoso (Luminaria):	12676 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	18108 lm
Potencia de las luminarias:	164.8 W
Organización:	unilateral arriba
Distancia entre mástiles:	4.400 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.376 m
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

Valores máximos de la intensidad lumínica  
 con 70°: 422 cd/klm  
 con 80°: 22 cd/klm  
 con 90°: 0.00 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).  
 Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.  
 La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G4.  
 La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.



NIVEL NUBLADO: TERCER ESCALÓN TÚNEL NORTE

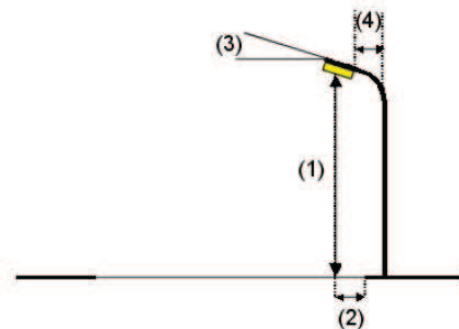
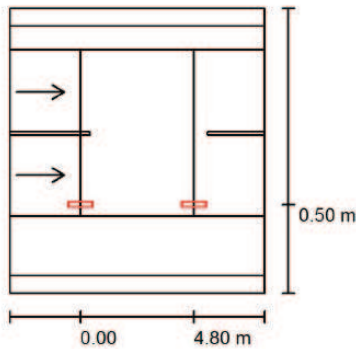
NORTE\_3º Nublado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

Factor mantenimiento: 0.70

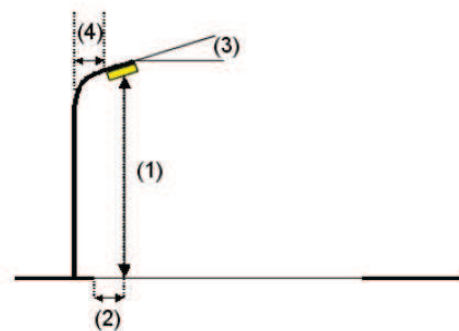
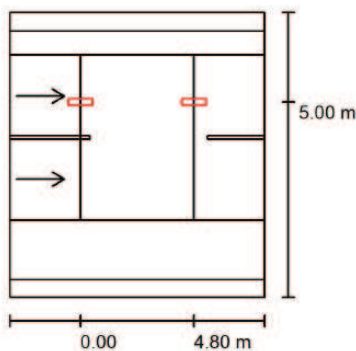
Disposiciones de las luminarias



Luminaria: Philips BCP560 1xE9099-2S/740 DSN  
 Flujo luminoso (Luminaria): 8228 lm  
 Flujo luminoso (Lámparas): 9913 lm  
 Potencia de las luminarias: 92.8 W  
 Organización: unilateral abajo  
 Distancia entre mástiles: 4.800 m  
 Altura de montaje (1): 5.200 m  
 Altura del punto de luz: 5.123 m  
 Saliente sobre la calzada (2): 0.500 m  
 Inclinación del brazo (3): 0.0 °  
 Longitud del brazo (4): 3.500 m

Valores máximos de la intensidad lumínica  
 con 70°: 255 cd/klm  
 con 80°: 9.48 cd/klm  
 con 90°: 1.39 cd/klm  
 Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).  
 La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.  
 La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6

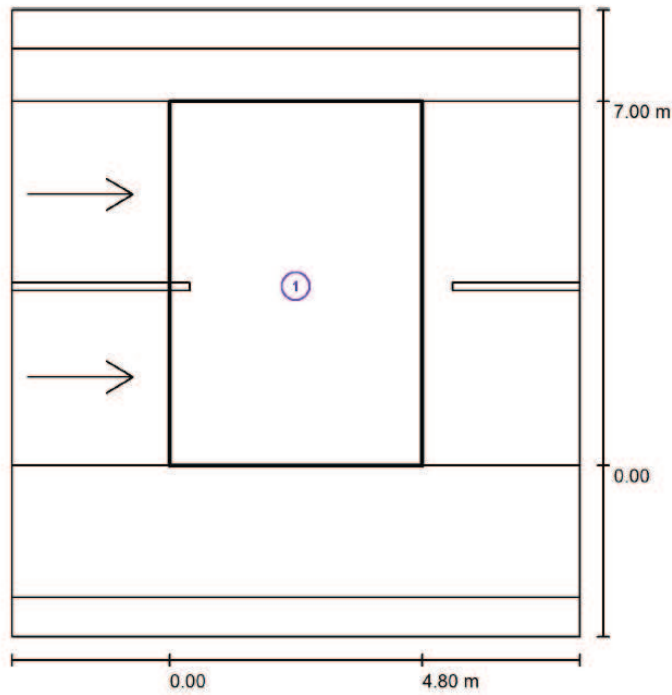
Disposiciones de las luminarias



Luminaria: Philips BCP560 1xE9099-2S/740 DSN  
 Flujo luminoso (Luminaria): 8228 lm  
 Flujo luminoso (Lámparas): 9913 lm  
 Potencia de las luminarias: 92.8 W  
 Organización: unilateral arriba  
 Distancia entre mástiles: 4.800 m  
 Altura de montaje (1): 5.200 m  
 Altura del punto de luz: 5.123 m  
 Saliente sobre la calzada (2): 2.000 m  
 Inclinación del brazo (3): 0.0 °  
 Longitud del brazo (4): 3.500 m

Valores máximos de la intensidad lumínica  
 con 70°: 255 cd/klm  
 con 80°: 9.48 cd/klm  
 con 90°: 1.39 cd/klm  
 Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).  
 La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.  
 La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

NORTE\_3º\_Nublado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:112

Trama: 10 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	13.04	0.63	0.96	/	0.48
Valores de consigna según clase:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	/	✗

Observador respectivo (2 Pieza):

Nº	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.750, 1.500)	13.04	0.63	0.96	/
2	Observador 2	(-60.000, 5.250, 1.500)	13.22	0.69	0.99	/



NIVEL NUBLADO: CUARTO ESCALÓN TÚNEL NORTE

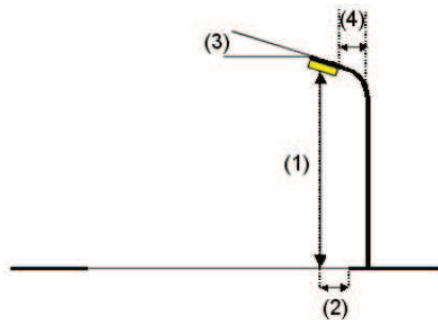
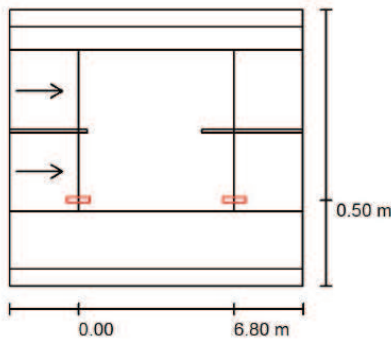
**NORTE 4º Nublado / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

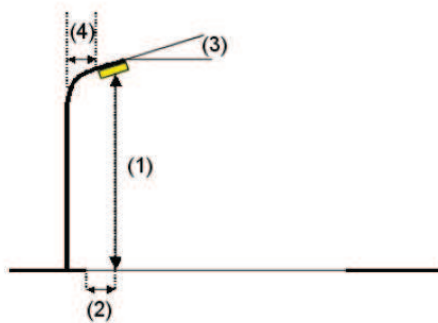
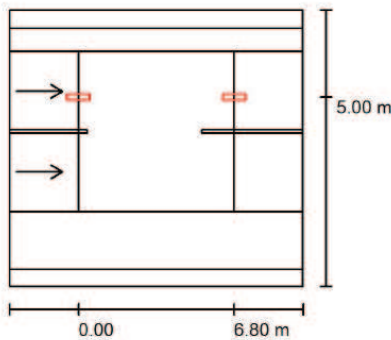
Factor mantenimiento: 0.70

**Disposiciones de las luminarias**



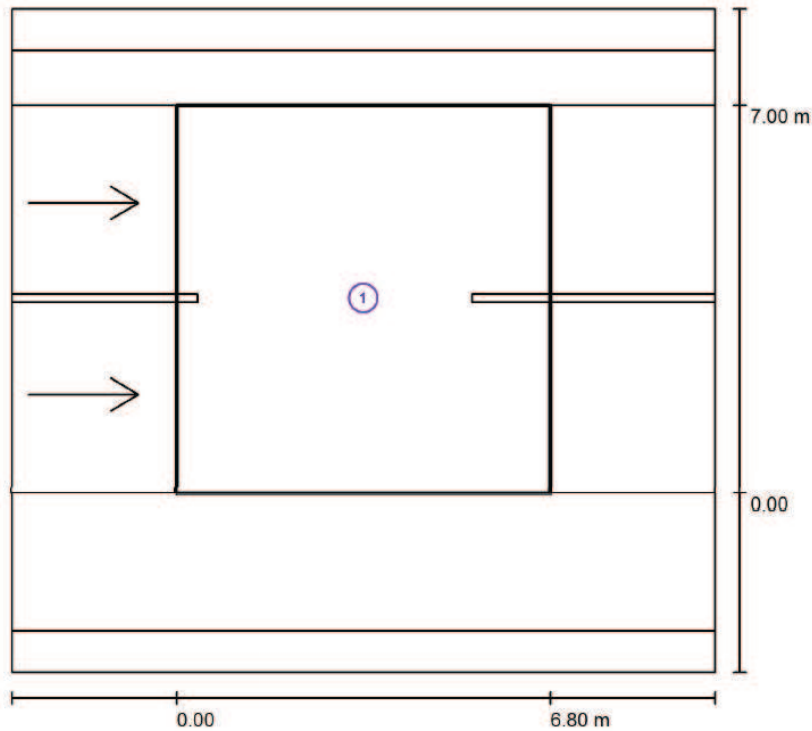
Luminaria:	Philips BCP560 1xECO99-2S/740 DSN	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Luminaria):	8228 lm	con 70°: 255 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	9913 lm	con 80°: 9.48 cd/klm
Potencia de las luminarias:	92.8 W	con 90°: 1.39 cd/klm
Organización:	unilateral abajo	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	6.800 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.
Altura de montaje (1):	5.200 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Altura del punto de luz:	5.123 m	
Saliente sobre la calzada (2):	0.500 m	
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	3.500 m	

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips BCP560 1xECO99-2S/740 DSN	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Luminaria):	8228 lm	con 70°: 255 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	9913 lm	con 80°: 9.48 cd/klm
Potencia de las luminarias:	92.8 W	con 90°: 1.39 cd/klm
Organización:	unilateral arriba	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	6.800 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.
Altura de montaje (1):	5.200 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Altura del punto de luz:	5.123 m	
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m	
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	3.500 m	

**NORTE 4º Nublado / Resultados luminotécnicos**



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:112

Trama: 10 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	9.21	0.64	0.99	/	0.48
Valores de consigna según clase:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	/	✗

**Observador respectivo (2 Pieza):**

Nº	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.750, 1.500)	9.21	0.64	0.99	/
2	Observador 2	(-60.000, 5.250, 1.500)	9.33	0.70	0.99	/

NIVEL NUBLADO: QUINTO ESCALÓN TÚNEL NORTE

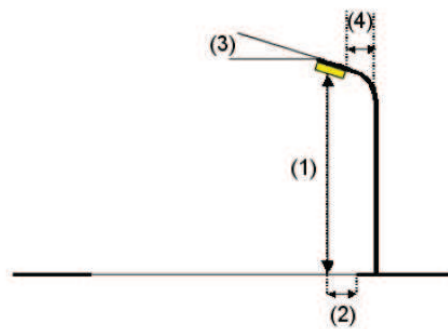
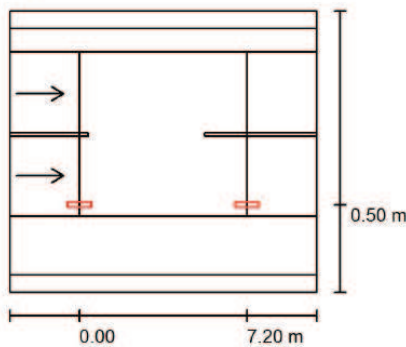
**NORTE 5° Nublado / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

Factor mantenimiento: 0.70

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips BCP560 1xGRN59-2S/740 DSN
Flujo luminoso (Luminaria):	5036 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	5856 lm
Potencia de las luminarias:	52.7 W
Organización:	unilateral abajo
Distancia entre mástiles:	7.200 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.123 m
Saliente sobre la calzada (2):	0.500 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

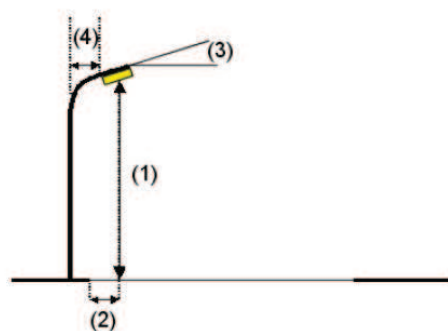
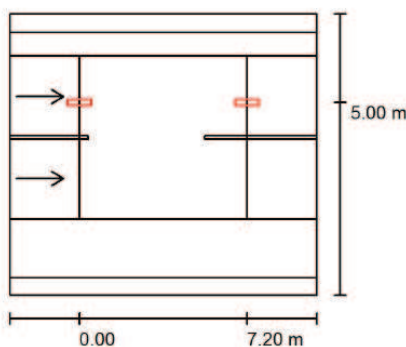
Valores máximos de la intensidad lumínica	
con 70°:	265 cd/klm
con 80°:	9.84 cd/klm
con 90°:	1.44 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips BCP560 1xGRN59-2S/740 DSN
Flujo luminoso (Luminaria):	5036 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	5856 lm
Potencia de las luminarias:	52.7 W
Organización:	unilateral arriba
Distancia entre mástiles:	7.200 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.123 m
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

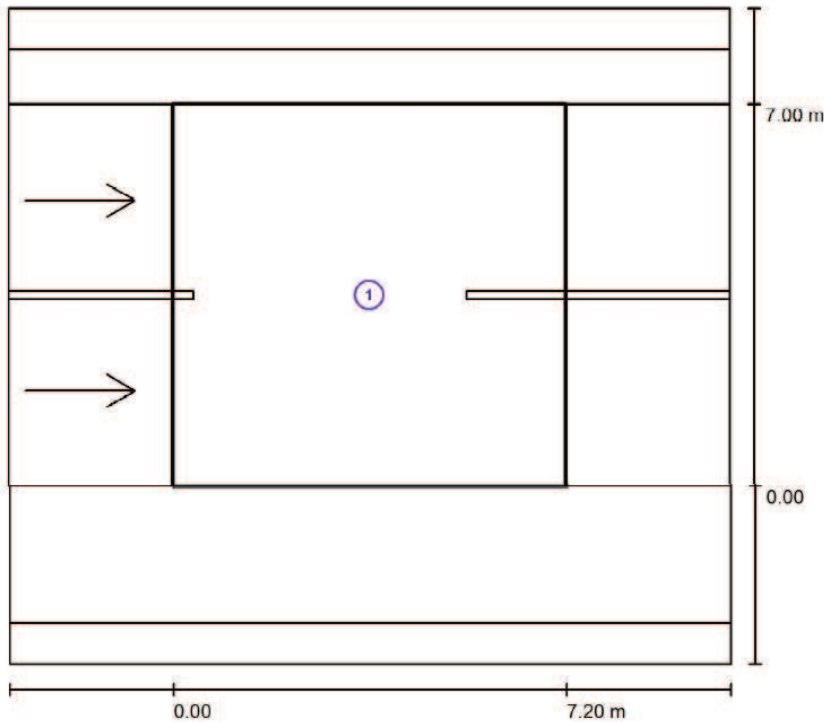
Valores máximos de la intensidad lumínica	
con 70°:	265 cd/klm
con 80°:	9.84 cd/klm
con 90°:	1.44 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

NORTE\_5°\_Nublado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:112

Trama: 10 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

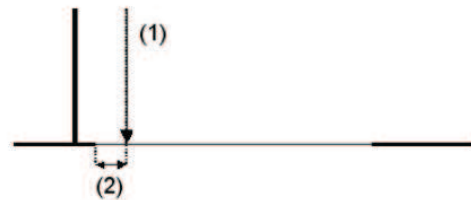
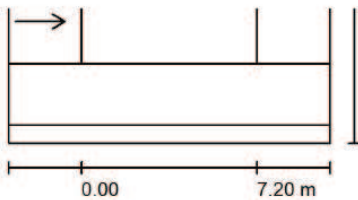
$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
5.33	0.64	0.98	/	0.48
≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
✓	✓	✓	/	✗

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

Observador respectivo (2 Pieza):

N°	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.750, 1.500)	5.33	0.64	0.98	/
2	Observador 2	(-60.000, 5.250, 1.500)	5.41	0.71	0.99	/



Luminaria: Philips BCP560 1xGRN59-2S/740 DSN  
 Flujo luminoso (Luminaria): 5036 lm  
 Flujo luminoso (Lámparas): 5856 lm  
 Potencia de las luminarias: 52.7 W  
 Organización: unilateral arriba  
 Distancia entre mástiles: 7.200 m  
 Altura de montaje (1): 5.200 m  
 Altura del punto de luz: 5.123 m  
 Saliente sobre la calzada (2): 2.000 m  
 Inclinación del brazo (3): 0.0 °  
 Longitud del brazo (4): 3.500 m

Valores máximos de la intensidad lumínica  
 con 70°: 265 cd/klm  
 con 80°: 9.84 cd/klm  
 con 90°: 1.44 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.



NIVEL NOCHE: PRIMER ESCALÓN TÚNEL NORTE

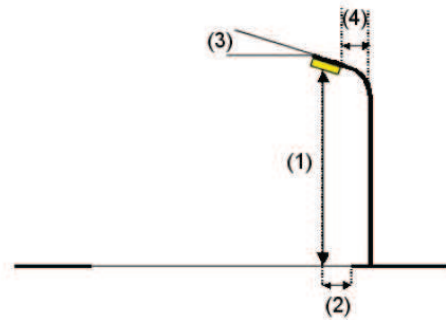
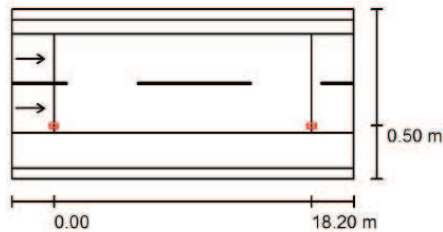
NORTE\_1º Noche / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

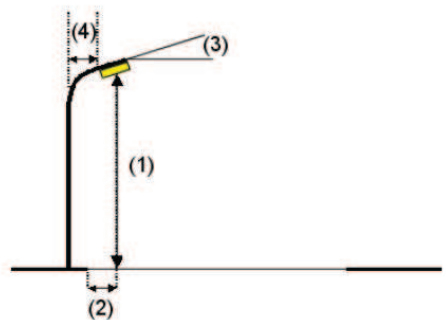
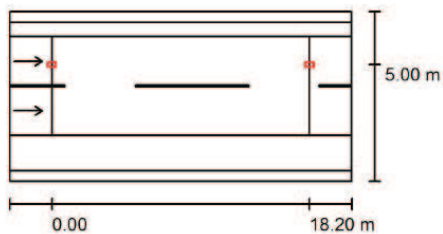
Factor mantenimiento: 0.70

Disposiciones de las luminarias



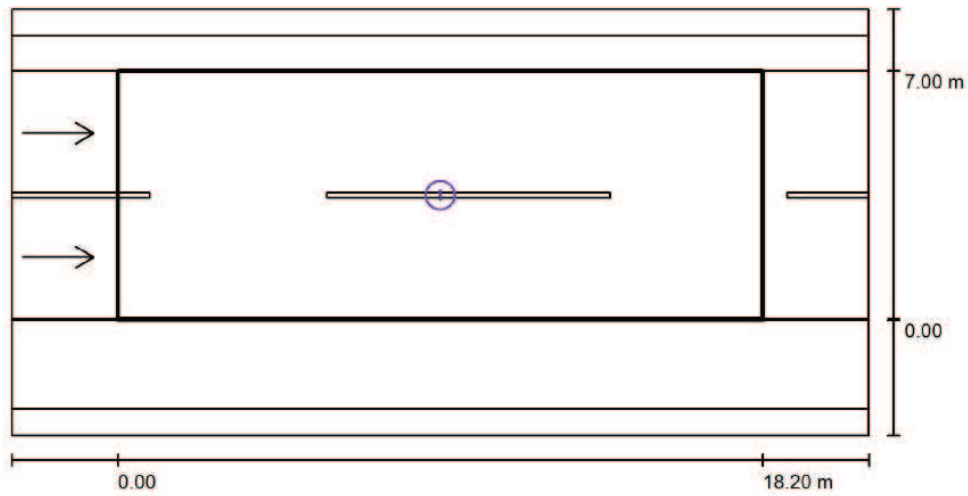
Luminaria:	Philips SRX509 1xSON-TPP400W SGR A	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Luminaria):	35595 lm	con 70°: 238 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	56500 lm	con 80°: 22 cd/klm
Potencia de las luminarias:	433.0 W	con 90°: 0.00 cd/klm
Organización:	unilateral abajo	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	18.200 m	Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.
Altura de montaje (1):	5.200 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G6.
Altura del punto de luz:	5.380 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Saliente sobre la calzada (2):	0.500 m	
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	3.500 m	

Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	Philips SRX509 1xSON-TPP400W SGR A	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Luminaria):	35595 lm	con 70°: 238 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	56500 lm	con 80°: 22 cd/klm
Potencia de las luminarias:	433.0 W	con 90°: 0.00 cd/klm
Organización:	unilateral arriba	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	18.200 m	Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.
Altura de montaje (1):	5.200 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G6.
Altura del punto de luz:	5.380 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m	
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	3.500 m	

## NORTE\_1º Noche / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:174

Trama: 10 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	9.98	0.22	0.14	/	0.32
Valores de consigna según clase:	$\geq 0.75$	$\geq 0.40$	$\geq 0.60$	$\leq 15$	$\geq 0.50$
Cumplido/No cumplido:	✓	✗	✗	/	✗

Observador respectivo (2 Pieza):

Nº	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.750, 1.500)	9.98	0.22	0.14	/
2	Observador 2	(-60.000, 5.250, 1.500)	10.02	0.24	0.17	/

NIVEL NOCHE: SEGUNDO ESCALÓN TÚNEL NORTE

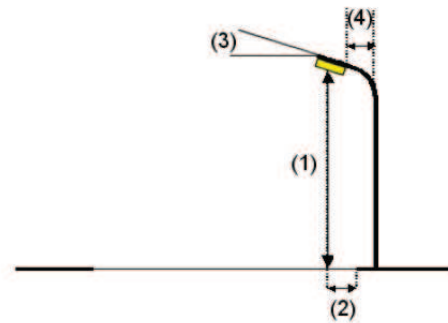
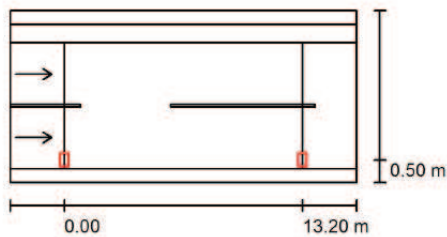
**NORTE\_2º Noche / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

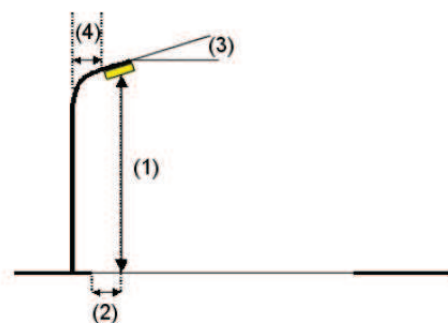
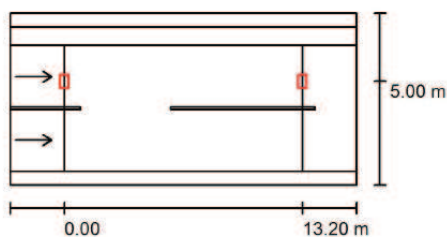
Factor mantenimiento: 0.70

**Disposiciones de las luminarias**



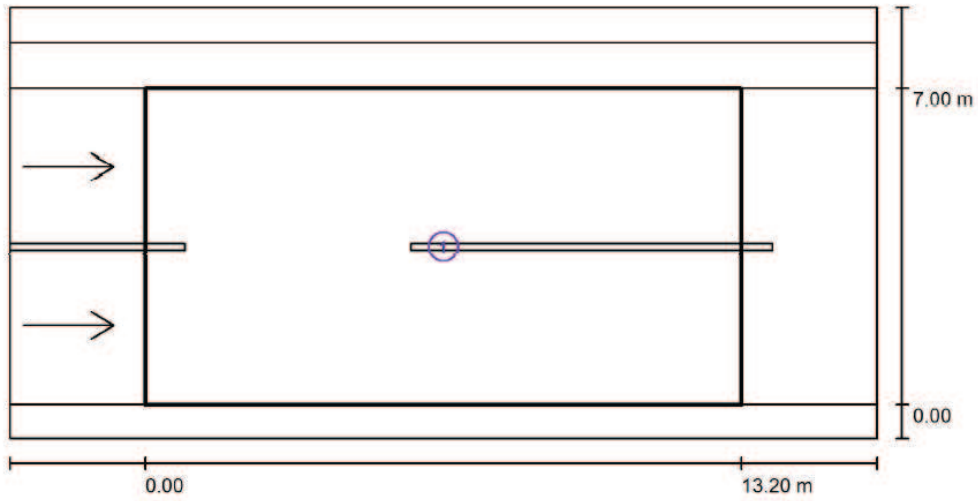
Luminaria:	Philips BVP506 GC WG 1xECO181-2S/657 DW	
Flujo luminoso (Luminaria):	12676 lm	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Lámparas):	18108 lm	con 70°: 422 cd/klm
Potencia de las luminarias:	164.8 W	con 80°: 22 cd/klm
Organización:	unilateral abajo	con 90°: 0.00 cd/klm
Distancia entre mástiles:	13.200 m	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Altura de montaje (1):	5.200 m	Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.
Altura del punto de luz:	5.376 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G4.
Saliente sobre la calzada (2):	0.500 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	3.500 m	

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips BVP506 GC WG 1xECO181-2S/657 DW	
Flujo luminoso (Luminaria):	12676 lm	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Lámparas):	18108 lm	con 70°: 422 cd/klm
Potencia de las luminarias:	164.8 W	con 80°: 22 cd/klm
Organización:	unilateral arriba	con 90°: 0.00 cd/klm
Distancia entre mástiles:	13.200 m	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Altura de montaje (1):	5.200 m	Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.
Altura del punto de luz:	5.376 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G4.
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	3.500 m	

NORTE\_2º Noche / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:138

Trama: 10 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	7.94	0.52	0.77	/	0.33
Valores de consigna según clase:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	/	✗

Observador respectivo (2 Pieza):

Nº	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.750, 1.500)	7.94	0.52	0.77	/
2	Observador 2	(-60.000, 5.250, 1.500)	8.01	0.56	0.86	/



NIVEL NOCHE: TERCER ESCALÓN TÚNEL NORTE

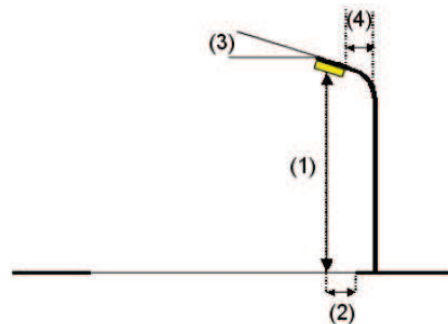
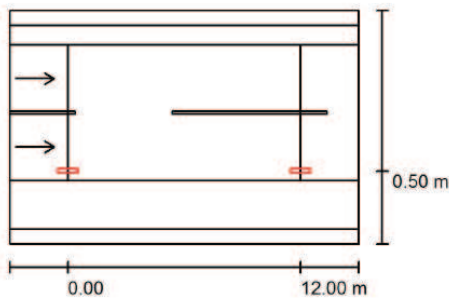
NORTE\_3º\_Noche / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

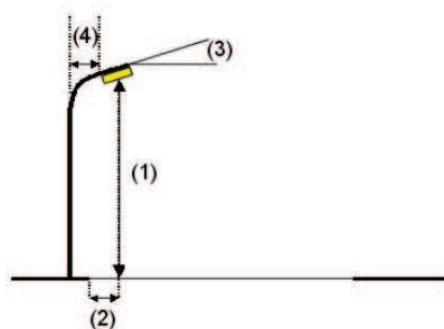
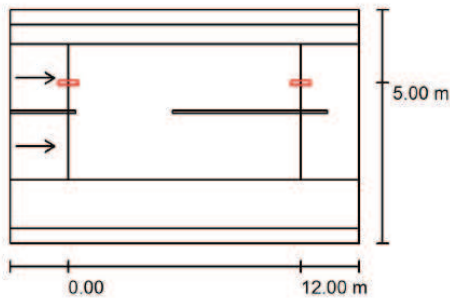
Factor mantenimiento: 0.70

Disposiciones de las luminarias



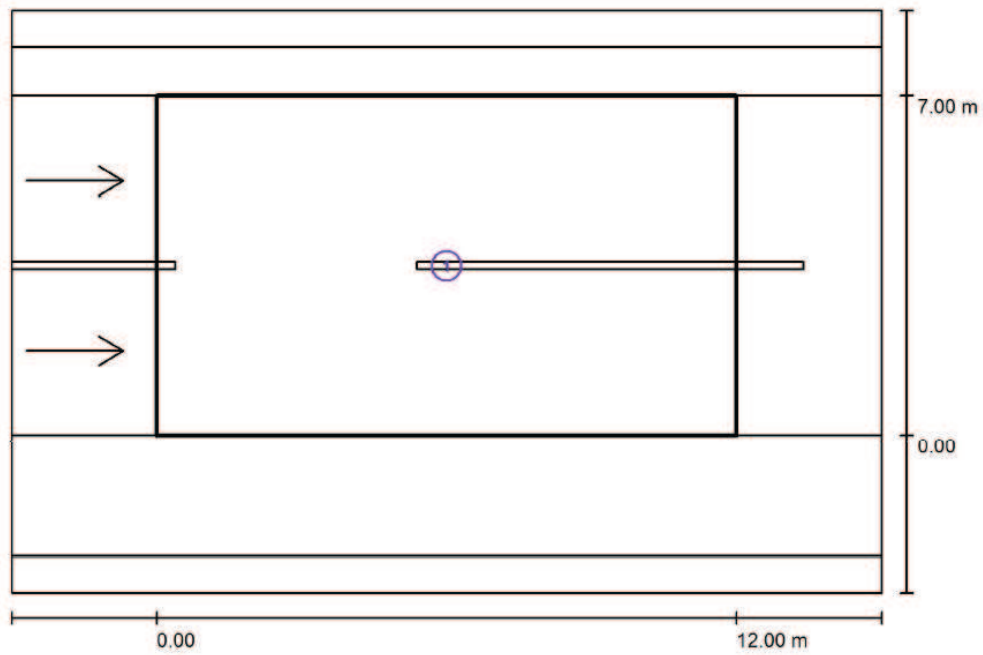
Luminaria:	Philips BCP560 1xE9099-2S/740 DSN	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Luminaria):	8228 lm	con 70°: 255 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	9913 lm	con 80°: 9.48 cd/klm
Potencia de las luminarias:	92.8 W	con 90°: 1.39 cd/klm
Organización:	unilateral abajo	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	12.000 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.
Altura de montaje (1):	5.200 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Altura del punto de luz:	5.123 m	
Saliente sobre la calzada (2):	0.500 m	
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	3.500 m	

Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	Philips BCP560 1xE9099-2S/740 DSN	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Luminaria):	8228 lm	con 70°: 255 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	9913 lm	con 80°: 9.48 cd/klm
Potencia de las luminarias:	92.8 W	con 90°: 1.39 cd/klm
Organización:	unilateral arriba	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	12.000 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.
Altura de montaje (1):	5.200 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Altura del punto de luz:	5.123 m	
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m	
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	3.500 m	

NORTE\_3º Noche / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:129

Trama: 10 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	5.22	0.62	0.88	/	0.48
Valores de consigna según clase:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	/	✗

Observador respectivo (2 Pieza):

Nº	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.750, 1.500)	5.22	0.62	0.88	/
2	Observador 2	(-60.000, 5.250, 1.500)	5.30	0.66	0.88	/

NIVEL NOCHE: CUARTO ESCALÓN TÚNEL NORTE

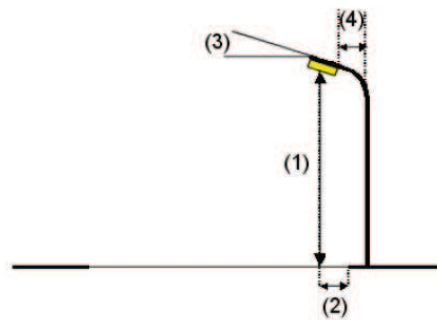
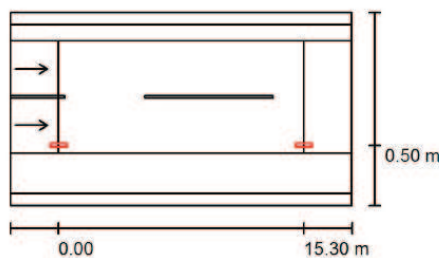
NORTE\_4° Noche / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

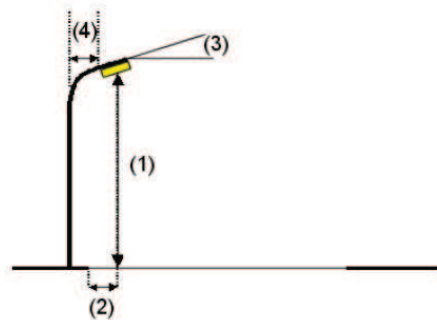
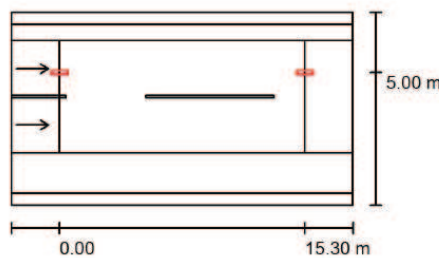
Factor mantenimiento: 0.70

Disposiciones de las luminarias



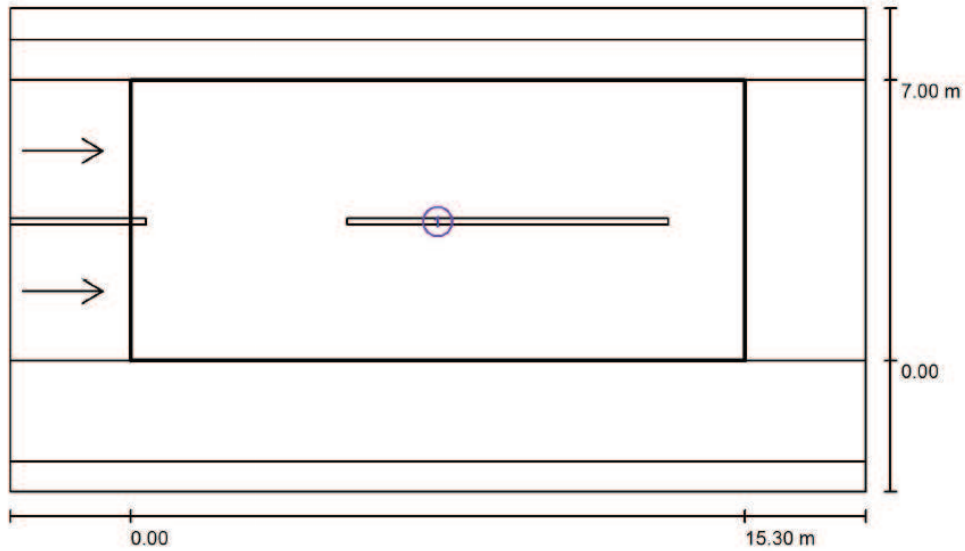
Luminaria:	Philips BCP560 1xE909-2S/740 DSN	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Luminaria):	8228 lm	con 70°: 255 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	9913 lm	con 80°: 9.48 cd/klm
Potencia de las luminarias:	92.8 W	con 90°: 1.39 cd/klm
Organización:	unilateral abajo	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	15.300 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.
Altura de montaje (1):	5.200 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Altura del punto de luz:	5.123 m	
Saliente sobre la calzada (2):	0.500 m	
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	3.500 m	

Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	Philips BCP560 1xE909-2S/740 DSN	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Luminaria):	8228 lm	con 70°: 255 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	9913 lm	con 80°: 9.48 cd/klm
Potencia de las luminarias:	92.8 W	con 90°: 1.39 cd/klm
Organización:	unilateral arriba	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	15.300 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.
Altura de montaje (1):	5.200 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Altura del punto de luz:	5.123 m	
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m	
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	3.500 m	

NORTE\_4º\_Noche / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:153

Trama: 10 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	4.10	0.60	0.75	8	0.48
Valores de consigna según clase:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓	✗

Observador respectivo (2 Pieza):

Nº	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.750, 1.500)	4.10	0.60	0.83	8
2	Observador 2	(-60.000, 5.250, 1.500)	4.15	0.64	0.75	8



NIVEL NOCHE: QUINTO ESCALÓN TÚNEL NORTE

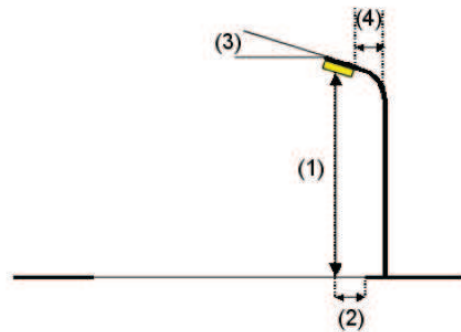
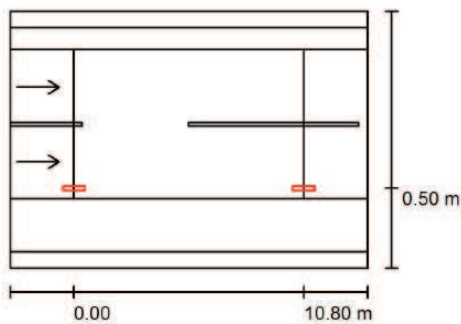
**NORTE\_5º\_Noche / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

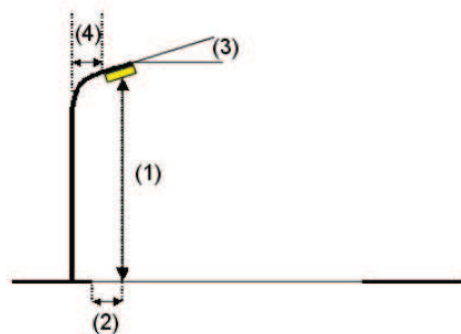
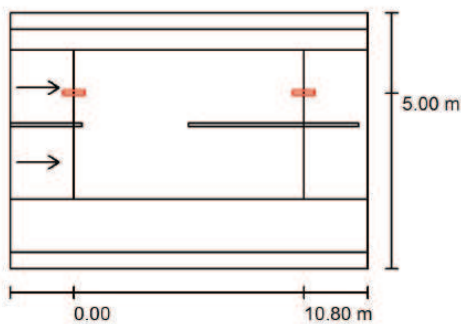
Factor mantenimiento: 0.70

**Disposiciones de las luminarias**



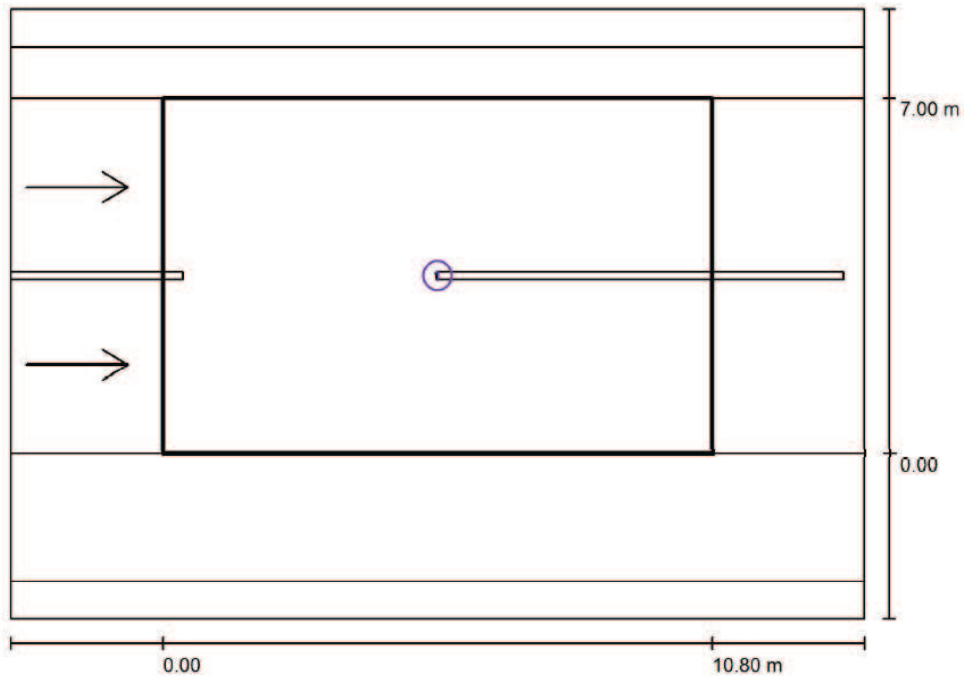
Luminaria:	Philips BCP560 1xGRN59-2S/740 DSN	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Luminaria):	5036 lm	con 70°: 265 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	5856 lm	con 80°: 9.84 cd/klm
Potencia de las luminarias:	52.7 W	con 90°: 1.44 cd/klm
Organización:	unilateral abajo	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	10.800 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.
Altura de montaje (1):	5.200 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Altura del punto de luz:	5.123 m	
Saliente sobre la calzada (2):	0.500 m	
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	3.500 m	

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips BCP560 1xGRN59-2S/740 DSN	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Luminaria):	5036 lm	con 70°: 265 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	5856 lm	con 80°: 9.84 cd/klm
Potencia de las luminarias:	52.7 W	con 90°: 1.44 cd/klm
Organización:	unilateral arriba	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	10.800 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.
Altura de montaje (1):	5.200 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Altura del punto de luz:	5.123 m	
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m	
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	3.500 m	

**NORTE\_5°\_Noche / Resultados luminotécnicos**



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:121

Trama: 10 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	3.56	0.62	0.89	6	0.48
Valores de consigna según clase:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓	✗

**Observador respectivo (2 Pieza):**

N°	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.750, 1.500)	3.56	0.62	0.89	6
2	Observador 2	(-60.000, 5.250, 1.500)	3.61	0.66	0.90	6

NIVEL EMERGENCIA: TÚNEL NORTE

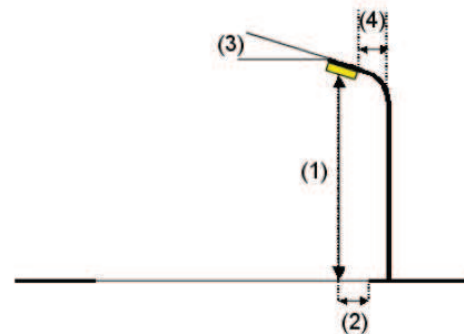
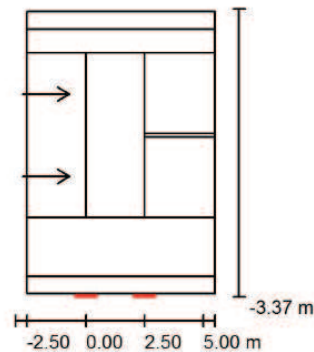
**NORTE\_7\_EMERGENCIA / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

Factor mantenimiento: 0.70

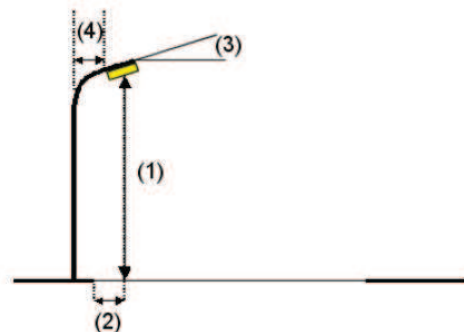
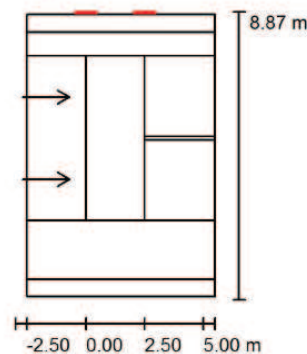
**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:  
 Flujo luminoso (Luminaria): 1863 lm  
 Flujo luminoso (Lámparas): 1845 lm  
 Potencia de las luminarias: 45.0 W  
 Organización: unilateral abajo  
 Distancia entre mástiles: 2.500 m  
 Altura de montaje (1): 0.568 m  
 Altura del punto de luz: 0.500 m  
 Saliente sobre la calzada (2): -3.368 m  
 Inclinación del brazo (3): 0.0 °  
 Longitud del brazo (4): 0.000 m

PHILIPS BCS419 L914 1xLED-HB-30x60--2700  
 Valores máximos de la intensidad lumínica  
 con 70°: 400 cd/klm  
 con 80°: 1085 cd/klm  
 con 90°: 1503 cd/klm  
 Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).  
 La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.2.

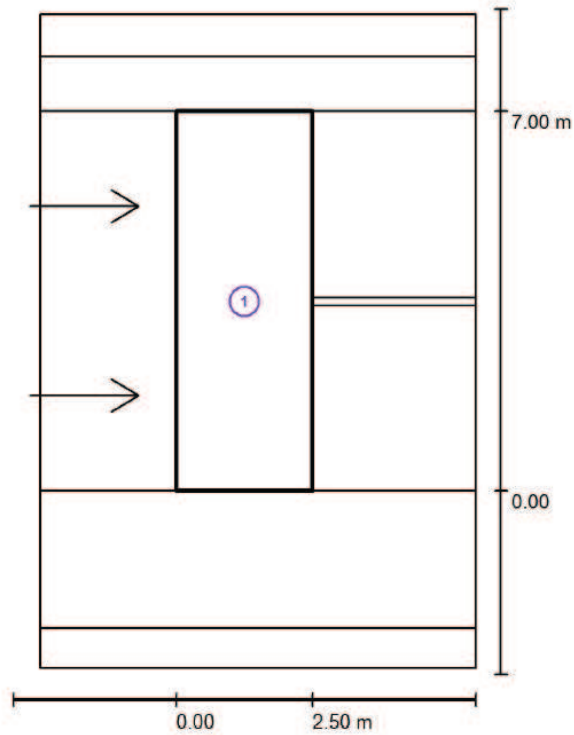
**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:  
 Flujo luminoso (Luminaria): 1863 lm  
 Flujo luminoso (Lámparas): 1845 lm  
 Potencia de las luminarias: 45.0 W  
 Organización: unilateral arriba  
 Distancia entre mástiles: 2.500 m  
 Altura de montaje (1): 0.568 m  
 Altura del punto de luz: 0.500 m  
 Saliente sobre la calzada (2): -1.868 m  
 Inclinación del brazo (3): 0.0 °  
 Longitud del brazo (4): 0.000 m

PHILIPS BCS419 L914 1xLED-HB-30x60--2700  
 Valores máximos de la intensidad lumínica  
 con 70°: 400 cd/klm  
 con 80°: 1085 cd/klm  
 con 90°: 1503 cd/klm  
 Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).  
 Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.  
 La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.2.

**NORTE 7 EMERGENCIA / Resultados luminotécnicos**



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:114

Trama: 10 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
0.33	0.00	/	29	0.94
≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
X	X	/	X	✓

**Observador respectivo (2 Pieza):**

N°	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.750, 1.500)	0.33	0.00	/	26
2	Observador 2	(-60.000, 5.250, 1.500)	0.33	0.00	/	29



NIVEL SOLEADO: PRIMER ESCALÓN TÚNEL SUR

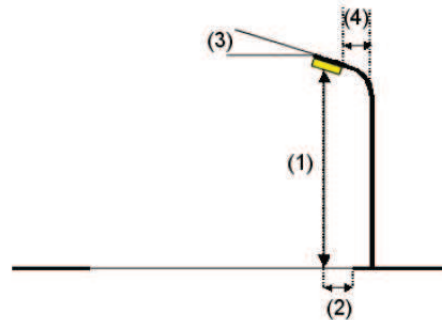
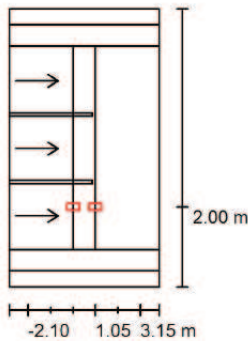
**SUR\_1º Soleado / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 9.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 1.000 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

Factor mantenimiento: 0.70

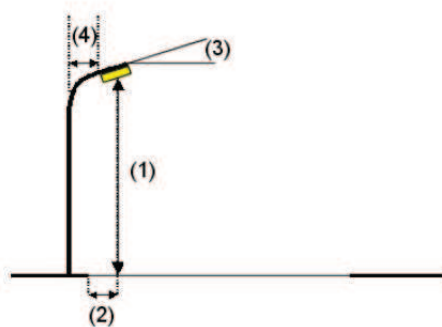
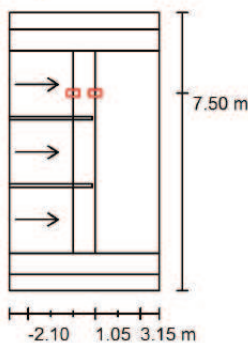
**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria: Philips SRX509 1xSON-TPP400W SGR A  
 Flujo luminoso (Luminaria): 35595 lm  
 Flujo luminoso (Lámparas): 56500 lm  
 Potencia de las luminarias: 433.0 W  
 Organización: unilateral abajo  
 Distancia entre mástiles: 1.050 m  
 Altura de montaje (1): 5.200 m  
 Altura del punto de luz: 5.380 m  
 Saliente sobre la calzada (2): 2.000 m  
 Inclinación del brazo (3): 0.0 °  
 Longitud del brazo (4): 3.500 m

Valores máximos de la intensidad lumínica  
 con 70°: 238 cd/klm  
 con 80°: 22 cd/klm  
 con 90°: 0.00 cd/klm  
 Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).  
 Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.  
 La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G6.  
 La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

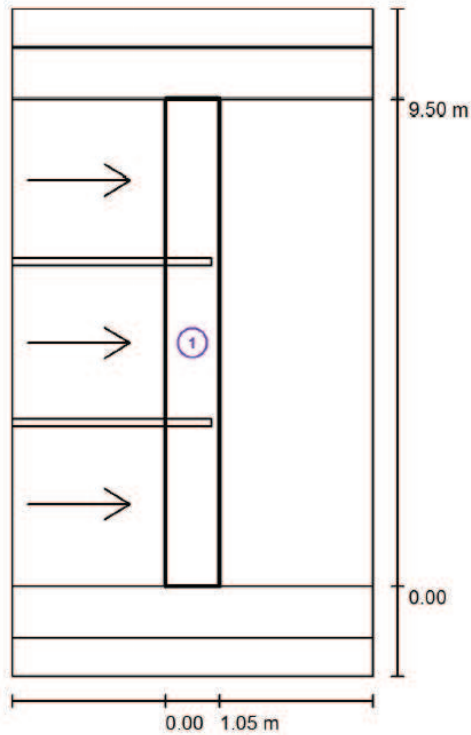
**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria: Philips SRX509 1xSON-TPP400W SGR A  
 Flujo luminoso (Luminaria): 35595 lm  
 Flujo luminoso (Lámparas): 56500 lm  
 Potencia de las luminarias: 433.0 W  
 Organización: unilateral arriba  
 Distancia entre mástiles: 1.050 m  
 Altura de montaje (1): 5.200 m  
 Altura del punto de luz: 5.380 m  
 Saliente sobre la calzada (2): 2.000 m  
 Inclinación del brazo (3): 0.0 °  
 Longitud del brazo (4): 3.500 m

Valores máximos de la intensidad lumínica  
 con 70°: 238 cd/klm  
 con 80°: 22 cd/klm  
 con 90°: 0.00 cd/klm  
 Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).  
 Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.  
 La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G6.  
 La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

**SUR 1º Soleado / Resultados luminotécnicos**



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:121

Trama: 10 x 9 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
155.28	0.66	1.00	/	0.17
≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
✓	✓	✓	/	✗

**Observador respectivo (3 Pieza):**

Nº	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.583, 1.500)	155.28	0.66	1.00	/
2	Observador 2	(-60.000, 4.750, 1.500)	155.30	0.68	1.00	/
3	Observador 3	(-60.000, 7.917, 1.500)	155.28	0.66	1.00	/

NIVEL SOLEADO: SEGUNDO ESCALÓN TÚNEL SUR

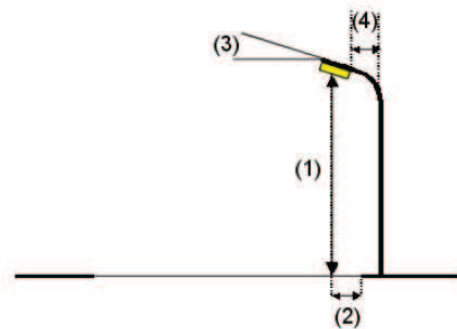
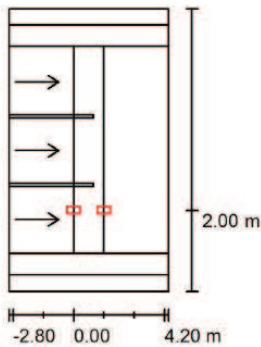
**SUR\_2º\_Soleado / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 9.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 1.000 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

Factor mantenimiento: 0.70

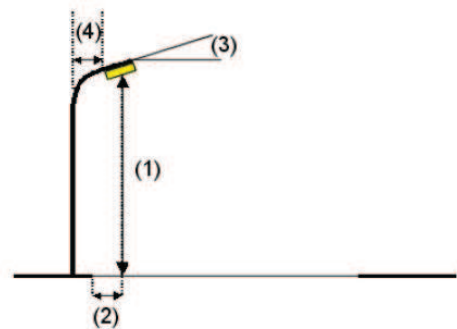
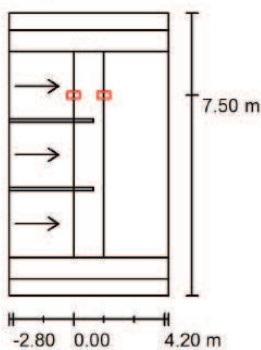
**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips SRX509 1xSON-TPP400W SGR A
Flujo luminoso (Luminaria):	35595 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	56500 lm
Potencia de las luminarias:	433.0 W
Organización:	unilateral abajo
Distancia entre mástiles:	1.400 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.380 m
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

Valores máximos de la intensidad lumínica  
 con 70°: 238 cd/klm  
 con 80°: 22 cd/klm  
 con 90°: 0.00 cd/klm  
 Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).  
 Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.  
 La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G6.  
 La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips SRX509 1xSON-TPP400W SGR A
Flujo luminoso (Luminaria):	35595 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	56500 lm
Potencia de las luminarias:	433.0 W
Organización:	unilateral arriba
Distancia entre mástiles:	1.400 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.380 m
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

Valores máximos de la intensidad lumínica  
 con 70°: 238 cd/klm  
 con 80°: 22 cd/klm  
 con 90°: 0.00 cd/klm  
 Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).  
 Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.  
 La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G6.  
 La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.





NIVEL SOLEADO: TERCER ESCALÓN TÚNEL SUR

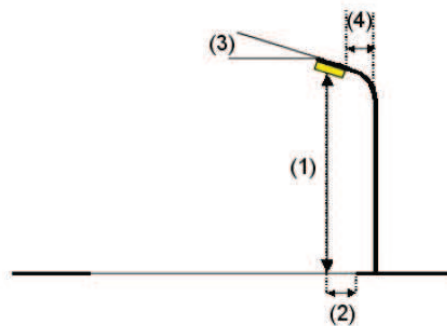
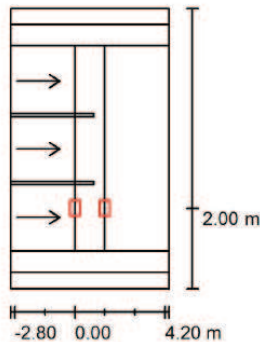
**SUR 3º Soleado / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 9.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 1.000 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

Factor mantenimiento: 0.70

**Disposiciones de las luminarias**

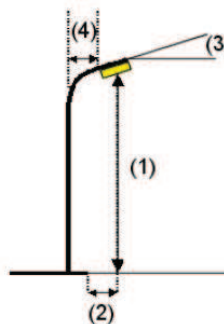
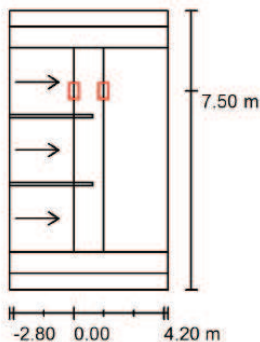


Luminaria:	Philips BVP506 GC WG 1xECO181-2S/657 DW
Flujo luminoso (Luminaria):	12676 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	18108 lm
Potencia de las luminarias:	164.8 W
Organización:	unilateral abajo
Distancia entre mástiles:	1.400 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.376 m
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

Valores máximos de la intensidad lumínica  
 con 70°: 422 cd/klm  
 con 80°: 22 cd/klm  
 con 90°: 0.00 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).  
 Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.  
 La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G4.  
 La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

**Disposiciones de las luminarias**

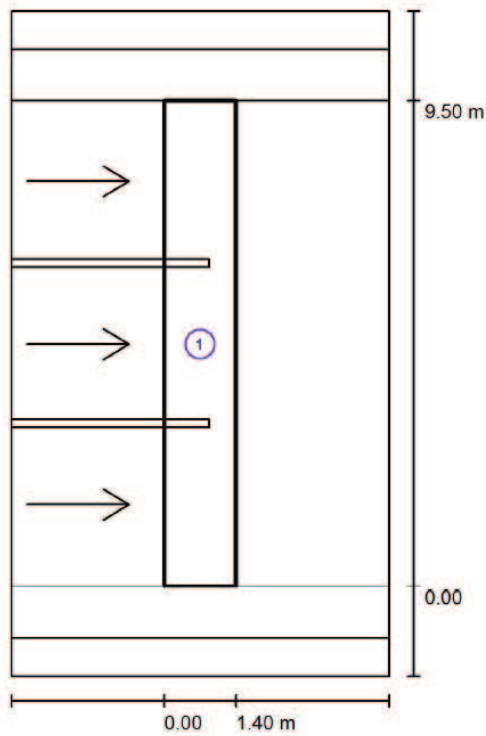


Luminaria:	Philips BVP506 GC WG 1xECO181-2S/657 DW
Flujo luminoso (Luminaria):	12676 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	18108 lm
Potencia de las luminarias:	164.8 W
Organización:	unilateral arriba
Distancia entre mástiles:	1.400 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.376 m
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

Valores máximos de la intensidad lumínica  
 con 70°: 422 cd/klm  
 con 80°: 22 cd/klm  
 con 90°: 0.00 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).  
 Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.  
 La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G4.  
 La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

**SUR\_3º Soleado / Resultados luminotécnicos**



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:121

Trama: 10 x 9 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
65.20	0.45	0.85	/	0.14
≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
✓	✓	✓	/	✗

Observador respectivo (3 Pieza):

Nº	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.583, 1.500)	65.20	0.45	0.85	/
2	Observador 2	(-60.000, 4.750, 1.500)	65.29	0.47	0.85	/
3	Observador 3	(-60.000, 7.917, 1.500)	65.20	0.45	0.85	/

NIVEL SOLEADO: CUARTO ESCALÓN TÚNEL SUR

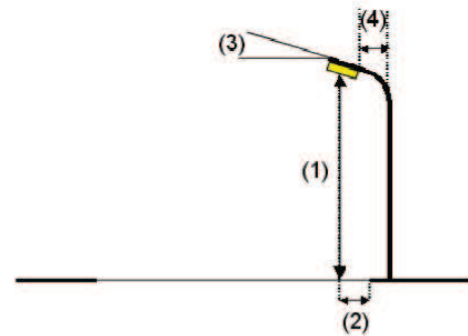
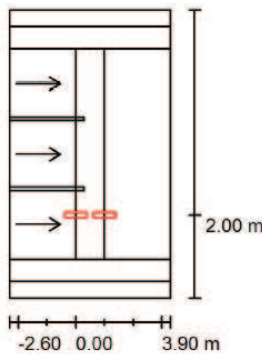
**SUR\_4º\_Soleado / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 9.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 1.000 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

Factor mantenimiento: 0.70

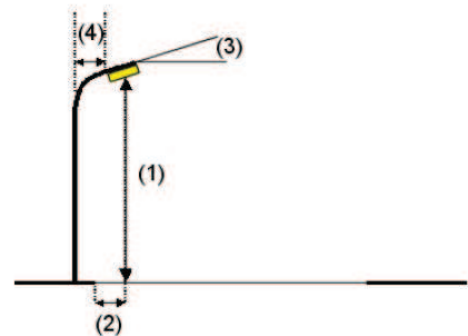
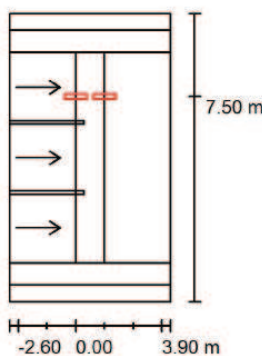
**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips BCP560 1xE9099-2S/740 DSN
Flujo luminoso (Luminaria):	8228 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	9913 lm
Potencia de las luminarias:	92.8 W
Organización:	unilateral abajo
Distancia entre mástiles:	1.300 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.123 m
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

Valores máximos de la intensidad luminica	
con 70°:	255 cd/klm
con 80°:	9.48 cd/klm
con 90°:	1.39 cd/klm
Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).	
La disposición cumple con la clase de intensidad luminica G3.	
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.	

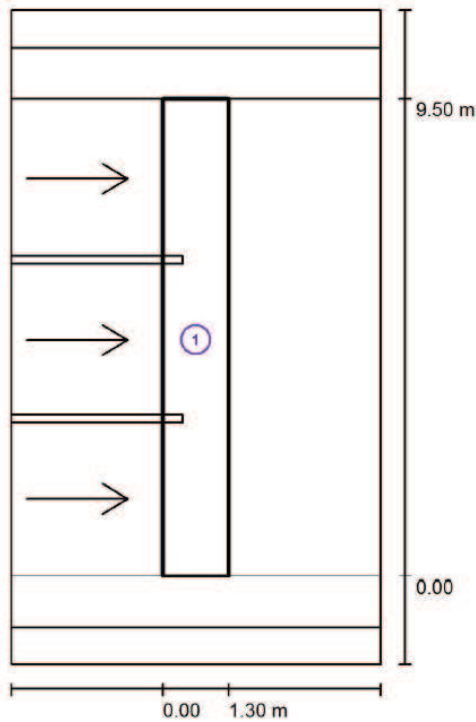
**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips BCP560 1xE9099-2S/740 DSN
Flujo luminoso (Luminaria):	8228 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	9913 lm
Potencia de las luminarias:	92.8 W
Organización:	unilateral arriba
Distancia entre mástiles:	1.300 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.123 m
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

Valores máximos de la intensidad luminica	
con 70°:	255 cd/klm
con 80°:	9.48 cd/klm
con 90°:	1.39 cd/klm
Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).	
La disposición cumple con la clase de intensidad luminica G3.	
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.	

**SUR\_4°\_Soleado / Resultados luminotécnicos**



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:121

Trama: 10 x 9 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
41.22	0.66	1.00	/	0.32
≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
✓	✓	✓	/	✗

Observador respectivo (3 Pieza):

N°	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.583, 1.500)	41.22	0.66	1.00	/
2	Observador 2	(-60.000, 4.750, 1.500)	41.36	0.71	1.00	/
3	Observador 3	(-60.000, 7.917, 1.500)	41.22	0.66	1.00	/



NIVEL SOLEADO: QUINTO ESCALÓN TÚNEL SUR

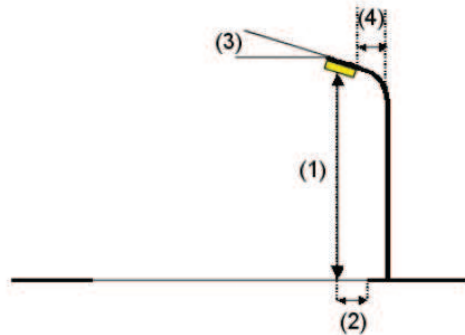
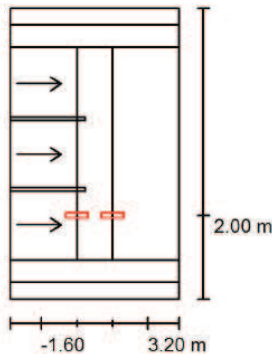
**SUR\_5º\_Soleado / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 9.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 1.000 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

Factor mantenimiento: 0.70

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips BCP560 1xGRN59-2S/740 DSN
Flujo luminoso (Luminaria):	5036 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	5856 lm
Potencia de las luminarias:	52.7 W
Organización:	unilateral abajo
Distancia entre mástiles:	1.600 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.123 m
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

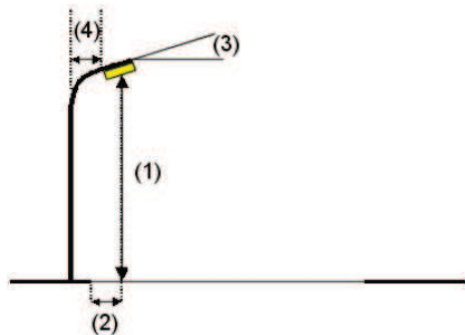
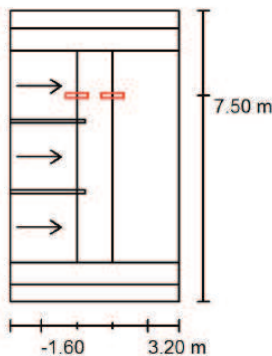
Valores máximos de la intensidad lumínica	
con 70°:	265 cd/klm
con 80°:	9.84 cd/klm
con 90°:	1.44 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips BCP560 1xGRN59-2S/740 DSN
Flujo luminoso (Luminaria):	5036 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	5856 lm
Potencia de las luminarias:	52.7 W
Organización:	unilateral arriba
Distancia entre mástiles:	1.600 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.123 m
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

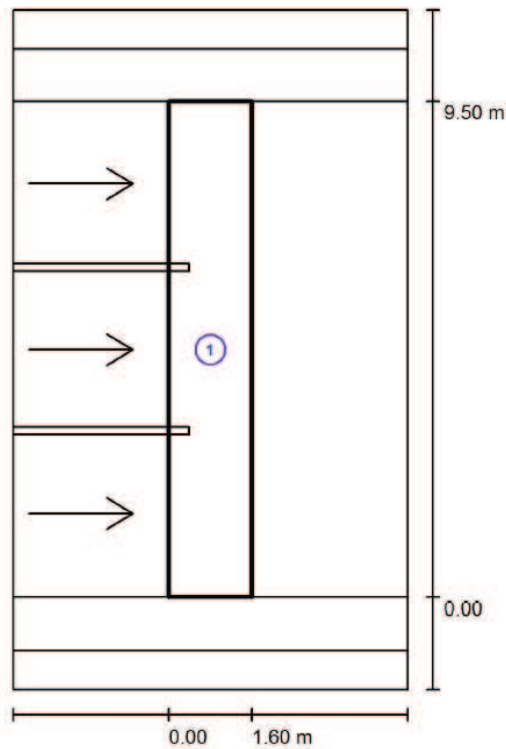
Valores máximos de la intensidad lumínica	
con 70°:	265 cd/klm
con 80°:	9.84 cd/klm
con 90°:	1.44 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

**SUR\_5°\_Soleado / Resultados luminotécnicos**



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:121

Trama: 10 x 9 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
20.54	0.66	1.00	/	0.32
≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
✓	✓	✓	/	✗

NIVEL SOLEADO, NUBLADO Y NOCHE: SEXTO ESCALÓN TÚNEL SUR

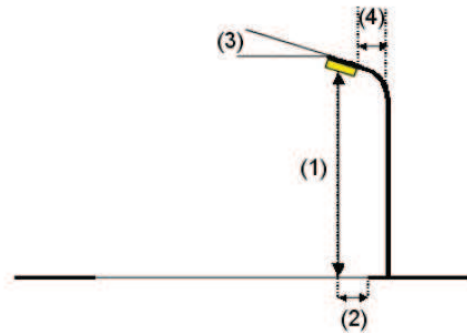
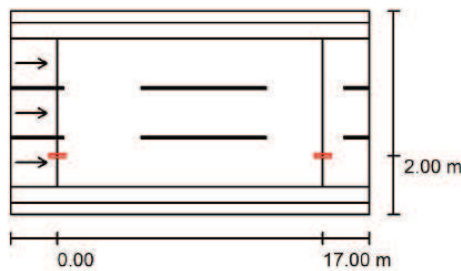
**SUR\_6° Soleado, Nublado y Noche / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 9.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 1.000 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

Factor mantenimiento: 0.70

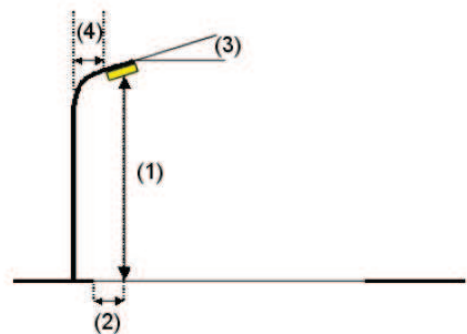
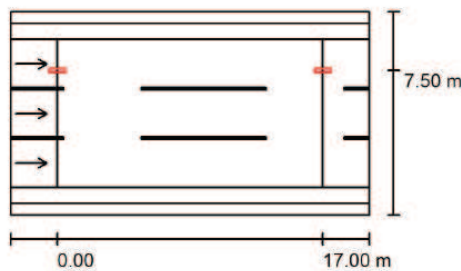
**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips BCP560 1xECO99-2S/740 DSN
Flujo luminoso (Luminaria):	8228 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	9913 lm
Potencia de las luminarias:	92.8 W
Organización:	unilateral abajo
Distancia entre mástiles:	17.000 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.123 m
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

Valores máximos de la intensidad lumínica	
con 70°:	255 cd/klm
con 80°:	9.48 cd/klm
con 90°:	1.39 cd/klm
Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).	
La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.	
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.	

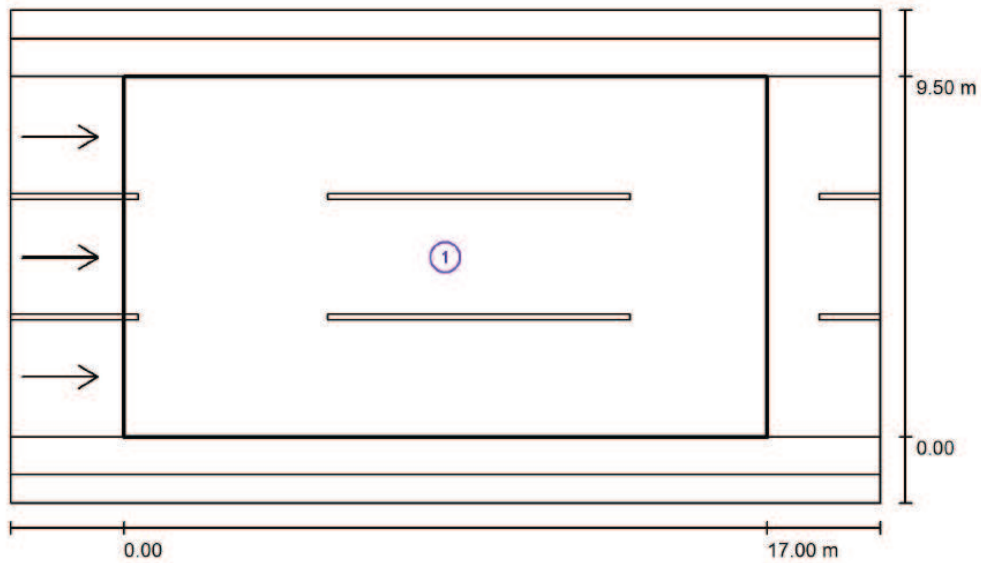
**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips BCP560 1xECO99-2S/740 DSN
Flujo luminoso (Luminaria):	8228 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	9913 lm
Potencia de las luminarias:	92.8 W
Organización:	unilateral arriba
Distancia entre mástiles:	17.000 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.123 m
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

Valores máximos de la intensidad lumínica	
con 70°:	255 cd/klm
con 80°:	9.48 cd/klm
con 90°:	1.39 cd/klm
Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).	
La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.	
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.	

**SUR\_6°\_Soleado, Nublado y Noche / Resultados luminotécnicos**



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:165

Trama: 10 x 9 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	3.17	0.57	0.64	9	0.32
Valores de consigna según clase:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓	✗

**Observador respectivo (3 Pieza):**

N°	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.583, 1.500)	3.17	0.57	0.64	9
2	Observador 2	(-60.000, 4.750, 1.500)	3.17	0.63	0.81	7
3	Observador 3	(-60.000, 7.917, 1.500)	3.17	0.57	0.64	9



NIVEL NUBLADO: PRIMER ESCALÓN TÚNEL SUR

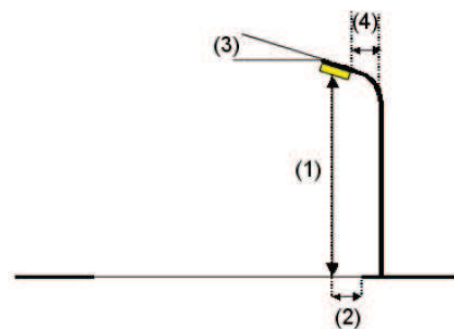
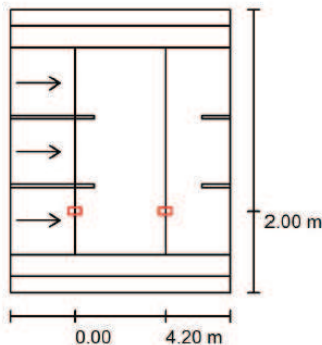
**SUR\_1º Nublado / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 9.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 1.000 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

Factor mantenimiento: 0.70

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips SRX509 1xSON-TPP400W SGR A
Flujo luminoso (Luminaria):	35595 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	56500 lm
Potencia de las luminarias:	433.0 W
Organización:	unilateral abajo
Distancia entre mástiles:	4.200 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.380 m
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

Valores máximos de la intensidad luminica	
con 70°:	238 cd/klm
con 80°:	22 cd/klm
con 90°:	0.00 cd/klm

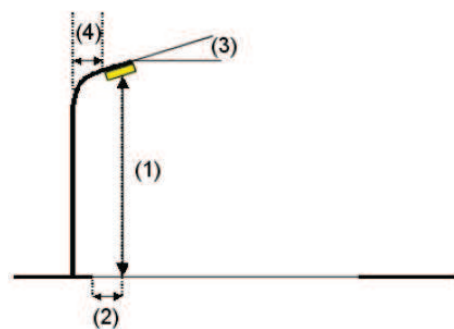
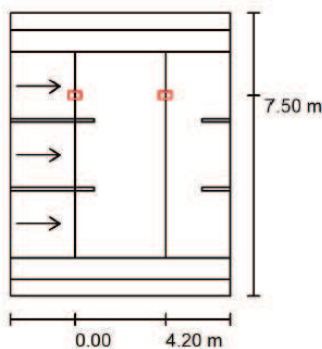
Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

Ninguna intensidad luminica por encima de 90°.

La disposición cumple con la clase de intensidad luminica G6.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips SRX509 1xSON-TPP400W SGR A
Flujo luminoso (Luminaria):	35595 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	56500 lm
Potencia de las luminarias:	433.0 W
Organización:	unilateral arriba
Distancia entre mástiles:	4.200 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.380 m
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

Valores máximos de la intensidad luminica	
con 70°:	238 cd/klm
con 80°:	22 cd/klm
con 90°:	0.00 cd/klm

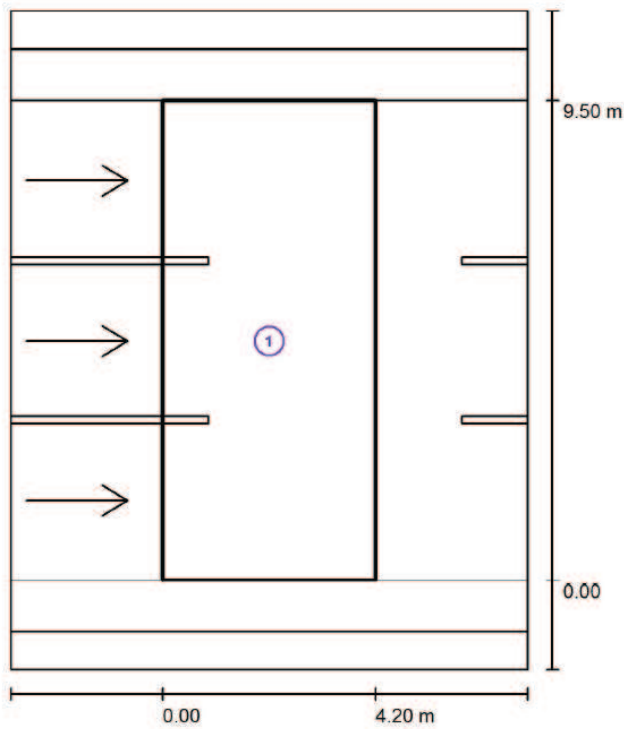
Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

Ninguna intensidad luminica por encima de 90°.

La disposición cumple con la clase de intensidad luminica G6.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

**SUR 1º Nublado / Resultados luminotécnicos**



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:121

Trama: 10 x 9 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	38.83	0.65	0.97	/	0.17
Valores de consigna según clase:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	/	✗

Observador respectivo (3 Pieza):

Nº	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.583, 1.500)	38.83	0.65	0.98	/
2	Observador 2	(-60.000, 4.750, 1.500)	38.84	0.67	0.97	/
3	Observador 3	(-60.000, 7.917, 1.500)	38.83	0.65	0.98	/

NIVEL NUBLADO: SEGUNDO ESCALÓN TÚNEL SUR

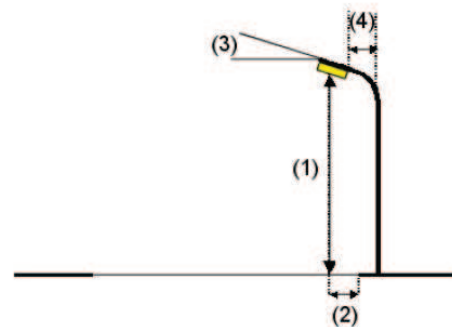
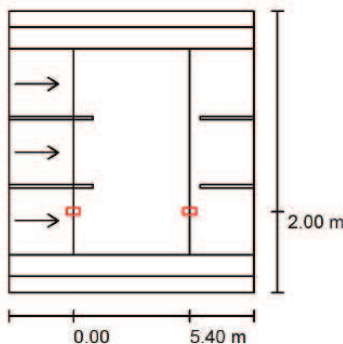
**SUR\_2º Nublado / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 9.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 1.000 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

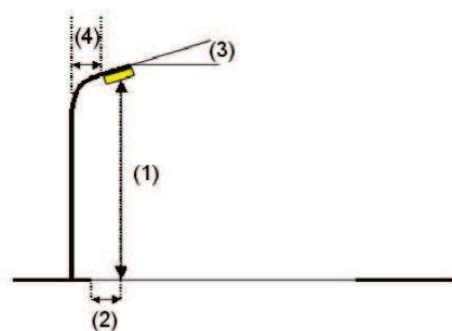
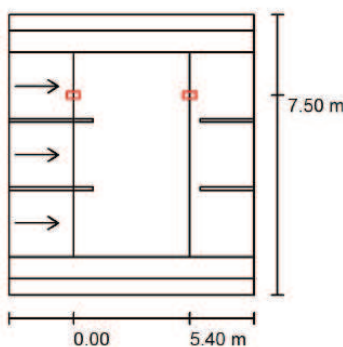
Factor mantenimiento: 0.70

**Disposiciones de las luminarias**



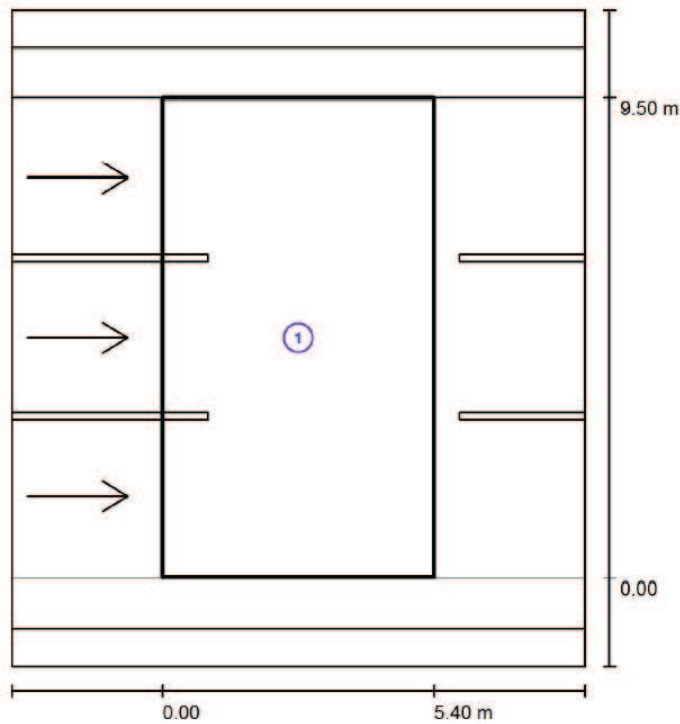
Luminaria:	Philips SRX509 1xSON-TPP400W SGR A	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Luminaria):	35595 lm	con 70°: 238 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	56500 lm	con 80°: 22 cd/klm
Potencia de las luminarias:	433.0 W	con 90°: 0.00 cd/klm
Organización:	unilateral abajo	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	5.400 m	Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.
Altura de montaje (1):	5.200 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G6.
Altura del punto de luz:	5.380 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m	
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	3.500 m	

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips SRX509 1xSON-TPP400W SGR A	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Luminaria):	35595 lm	con 70°: 238 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	56500 lm	con 80°: 22 cd/klm
Potencia de las luminarias:	433.0 W	con 90°: 0.00 cd/klm
Organización:	unilateral arriba	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	5.400 m	Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.
Altura de montaje (1):	5.200 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G6.
Altura del punto de luz:	5.380 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m	
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	3.500 m	

**SUR 2º Nublado / Resultados luminotécnicos**



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:121

Trama: 10 x 9 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
30.21	0.65	0.96	/	0.17
≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
✓	✓	✓	/	✗

Observador respectivo (3 Pieza):

Nº	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.583, 1.500)	30.21	0.65	0.97	/
2	Observador 2	(-60.000, 4.750, 1.500)	30.22	0.66	0.96	/
3	Observador 3	(-60.000, 7.917, 1.500)	30.21	0.65	0.97	/



NIVEL NUBLADO: TERCER ESCALÓN TÚNEL SUR

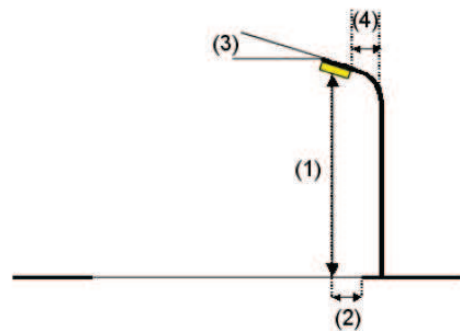
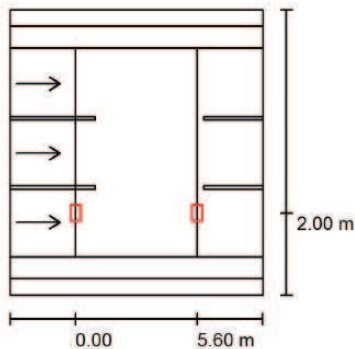
**SUR\_3º Nublado / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 9.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 1.000 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

Factor mantenimiento: 0.70

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips BVP506 GC WG 1xECO181-2S/657 DW
Flujo luminoso (Luminaria):	12676 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	18108 lm
Potencia de las luminarias:	164.8 W
Organización:	unilateral abajo
Distancia entre mástiles:	5.600 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.376 m
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

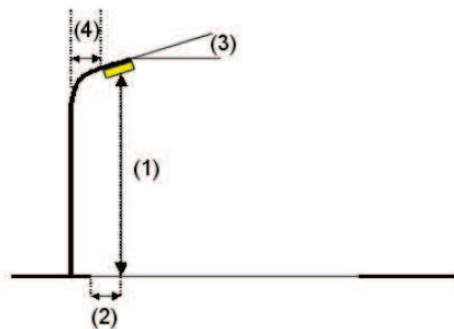
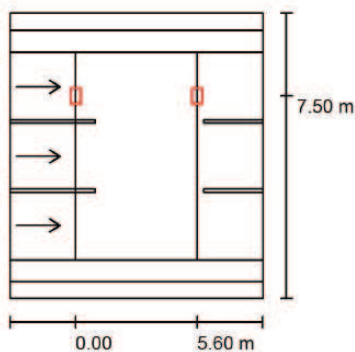
Valores máximos de la intensidad lumínica	
con 70°:	422 cd/klm
con 80°:	22 cd/klm
con 90°:	0.00 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°. La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G4.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips BVP506 GC WG 1xECO181-2S/657 DW
Flujo luminoso (Luminaria):	12676 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	18108 lm
Potencia de las luminarias:	164.8 W
Organización:	unilateral arriba
Distancia entre mástiles:	5.600 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.376 m
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

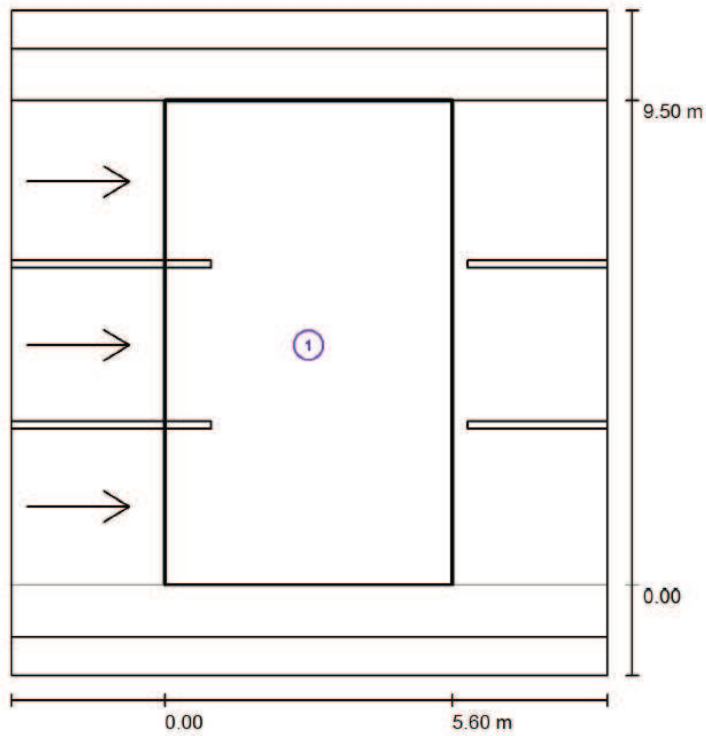
Valores máximos de la intensidad lumínica	
con 70°:	422 cd/klm
con 80°:	22 cd/klm
con 90°:	0.00 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°. La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G4.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

**SUR\_3º Nublado / Resultados luminotécnicos**



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:121

Trama: 10 x 9 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
16.32	0.44	0.84	/	0.14
≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
✓	✓	✓	/	✗

**Observador respectivo (3 Pieza):**

Nº	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.583, 1.500)	16.32	0.44	0.84	/
2	Observador 2	(-60.000, 4.750, 1.500)	16.34	0.47	0.84	/
3	Observador 3	(-60.000, 7.917, 1.500)	16.32	0.44	0.84	/

NIVEL NUBLADO: CUARTO ESCALÓN TÚNEL SUR

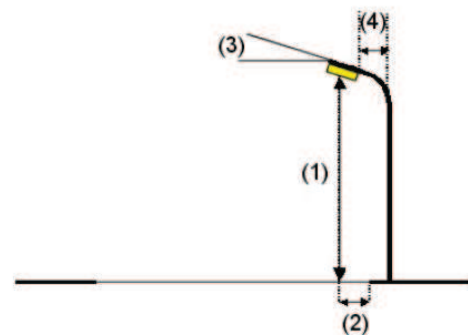
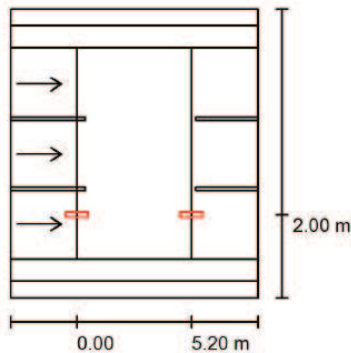
**SUR\_4º Nublado / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 9.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 1.000 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

Factor mantenimiento: 0.70

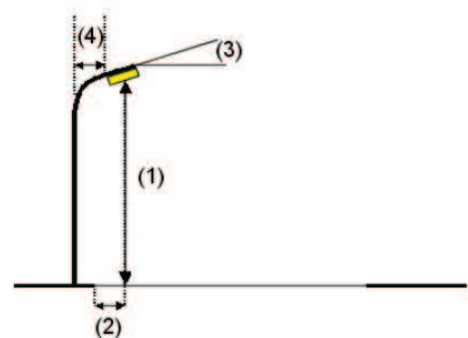
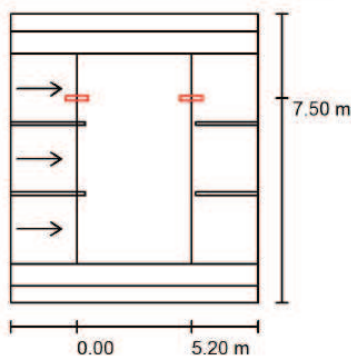
**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips BCP560 1xE9099-2S/740 DSN
Flujo luminoso (Luminaria):	8228 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	9913 lm
Potencia de las luminarias:	92.8 W
Organización:	unilateral abajo
Distancia entre mástiles:	5.200 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.123 m
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

Valores máximos de la intensidad luminica	
con 70°:	255 cd/klm
con 80°:	9.48 cd/klm
con 90°:	1.39 cd/klm
Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).	
La disposición cumple con la clase de intensidad luminica G3.	
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.	

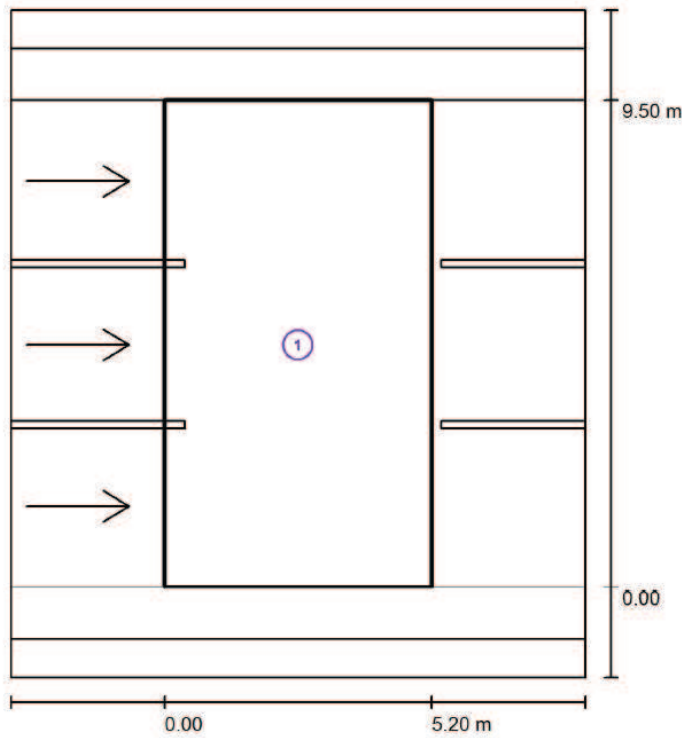
**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips BCP560 1xE9099-2S/740 DSN
Flujo luminoso (Luminaria):	8228 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	9913 lm
Potencia de las luminarias:	92.8 W
Organización:	unilateral arriba
Distancia entre mástiles:	5.200 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.123 m
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

Valores máximos de la intensidad luminica	
con 70°:	255 cd/klm
con 80°:	9.48 cd/klm
con 90°:	1.39 cd/klm
Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).	
La disposición cumple con la clase de intensidad luminica G3.	
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.	

**SUR\_4º Nublado / Resultados luminotécnicos**



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:121

Trama: 10 x 9 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	10.32	0.65	0.97	/	0.32
Valores de consigna según clase:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	/	✗

**Observador respectivo (3 Pieza):**

Nº	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.583, 1.500)	10.32	0.65	0.99	/
2	Observador 2	(-60.000, 4.750, 1.500)	10.35	0.70	0.97	/
3	Observador 3	(-60.000, 7.917, 1.500)	10.32	0.65	0.99	/



NIVEL NUBLADO: QUINTO ESCALÓN TÚNEL SUR

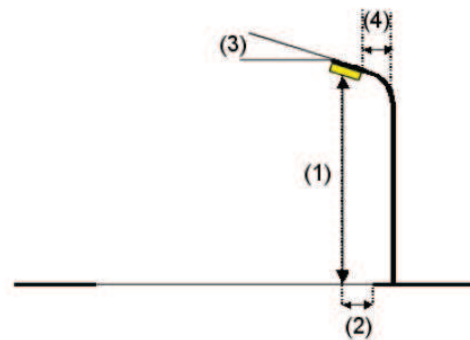
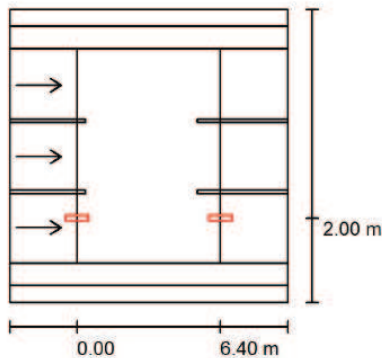
**SUR\_5º Nublado / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 9.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 1.000 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

Factor mantenimiento: 0.70

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria: Philips BCP560 1xGRN59-2S/740 DSN  
 Flujo luminoso (Luminaria): 5036 lm  
 Flujo luminoso (Lámparas): 5856 lm  
 Potencia de las luminarias: 52.7 W  
 Organización: unilateral abajo  
 Distancia entre mástiles: 6.400 m  
 Altura de montaje (1): 5.200 m  
 Altura del punto de luz: 5.123 m  
 Saliente sobre la calzada (2): 2.000 m  
 Inclinación del brazo (3): 0.0 °  
 Longitud del brazo (4): 3.500 m

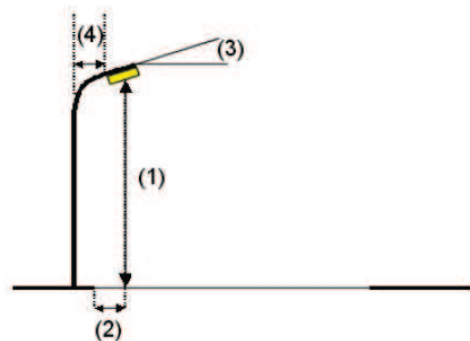
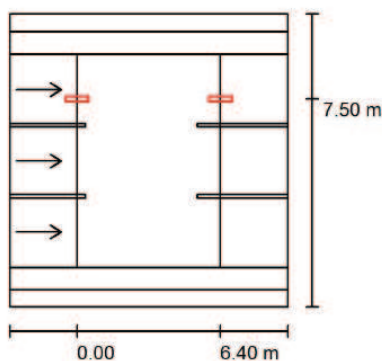
Valores máximos de la intensidad lumínica  
 con 70°: 265 cd/klm  
 con 80°: 9.84 cd/klm  
 con 90°: 1.44 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria: Philips BCP560 1xGRN59-2S/740 DSN  
 Flujo luminoso (Luminaria): 5036 lm  
 Flujo luminoso (Lámparas): 5856 lm  
 Potencia de las luminarias: 52.7 W  
 Organización: unilateral arriba  
 Distancia entre mástiles: 6.400 m  
 Altura de montaje (1): 5.200 m  
 Altura del punto de luz: 5.123 m  
 Saliente sobre la calzada (2): 2.000 m  
 Inclinación del brazo (3): 0.0 °  
 Longitud del brazo (4): 3.500 m

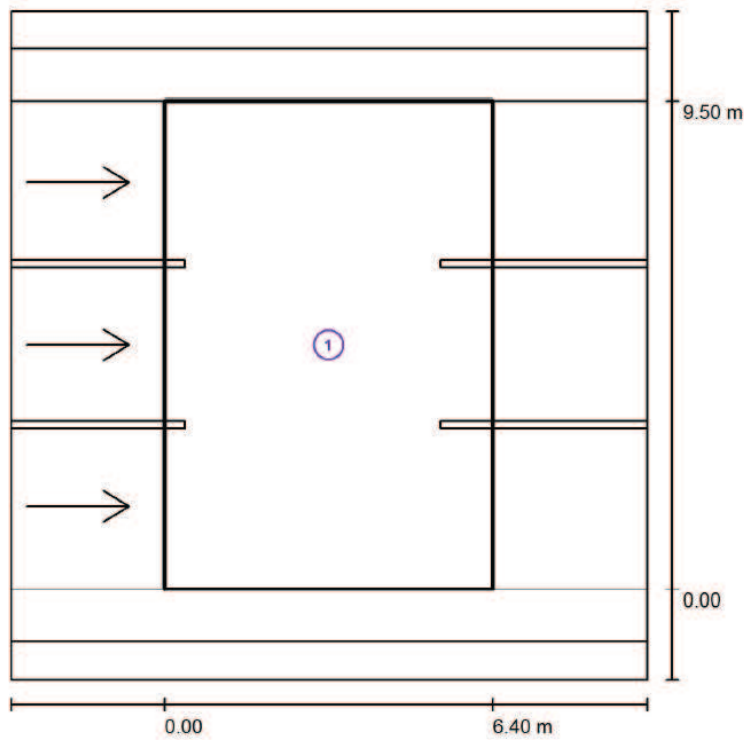
Valores máximos de la intensidad lumínica  
 con 70°: 265 cd/klm  
 con 80°: 9.84 cd/klm  
 con 90°: 1.44 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

**SUR\_5° Nublado / Resultados luminotécnicos**



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:121

Trama: 10 x 9 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	5.14	0.65	0.97	/	0.32
Valores de consigna según clase:	$\geq 0.75$	$\geq 0.40$	$\geq 0.60$	$\leq 15$	$\geq 0.50$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	/	✗

NIVEL NOCHE: PRIMER ESCALÓN TÚNEL SUR

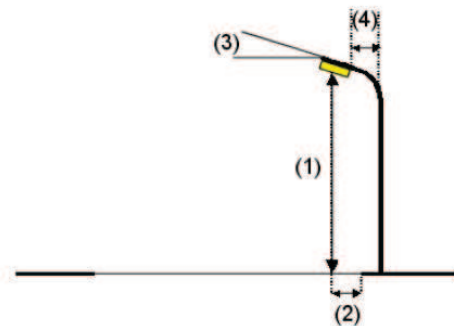
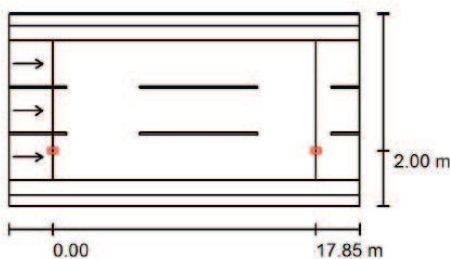
**SUR\_1º Noche / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 9.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 1.000 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

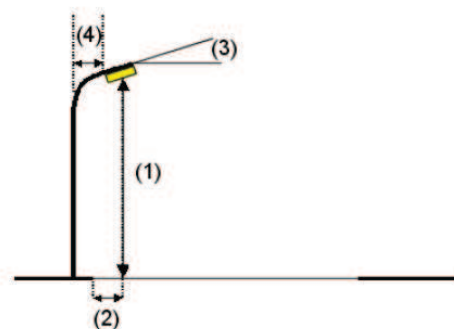
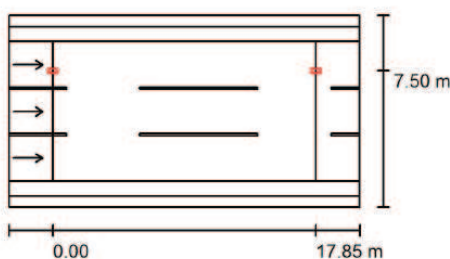
Factor mantenimiento: 0.70

**Disposiciones de las luminarias**



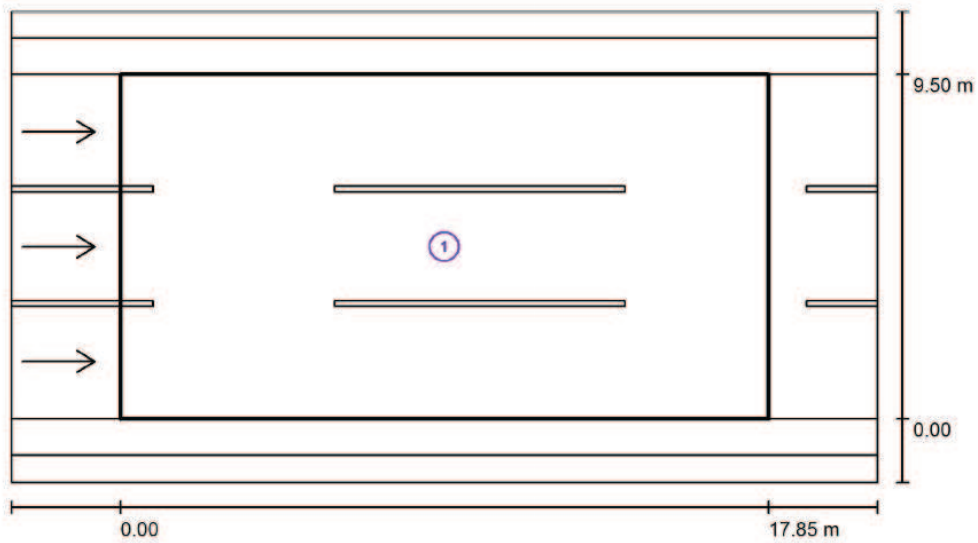
Luminaria:	Philips SRX509 1xSON-TPP400W SGR A	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Luminaria):	35595 lm	con 70°: 238 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	56500 lm	con 80°: 22 cd/klm
Potencia de las luminarias:	433.0 W	con 90°: 0.00 cd/klm
Organización:	unilateral abajo	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	17.850 m	Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.
Altura de montaje (1):	5.200 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G6.
Altura del punto de luz:	5.380 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m	
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	3.500 m	

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips SRX509 1xSON-TPP400W SGR A	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Luminaria):	35595 lm	con 70°: 238 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	56500 lm	con 80°: 22 cd/klm
Potencia de las luminarias:	433.0 W	con 90°: 0.00 cd/klm
Organización:	unilateral arriba	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	17.850 m	Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.
Altura de montaje (1):	5.200 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G6.
Altura del punto de luz:	5.380 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m	
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	3.500 m	

**SUR\_1º Noche / Resultados luminotécnicos**



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:171

Trama: 10 x 9 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	9.15	0.23	0.13	/	0.17
Valores de consigna según clase:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✗	✗	/	✗

**Observador respectivo (3 Pieza):**

Nº	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.583, 1.500)	9.15	0.23	0.21	/
2	Observador 2	(-60.000, 4.750, 1.500)	9.16	0.25	0.13	/
3	Observador 3	(-60.000, 7.917, 1.500)	9.15	0.23	0.21	/



NIVEL NOCHE: SEGUNDO ESCALÓN TÚNEL SUR

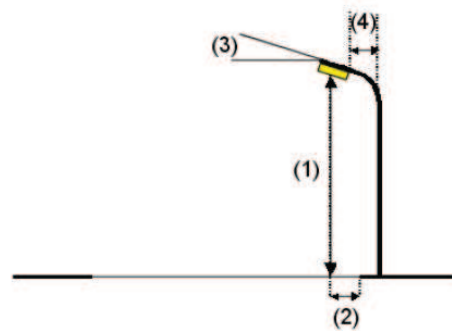
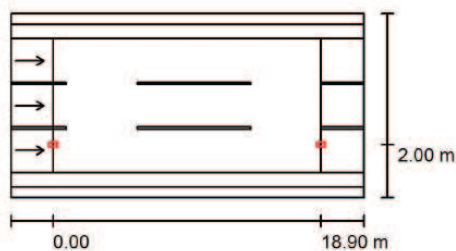
**SUR\_2º Noche / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 9.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 1.000 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

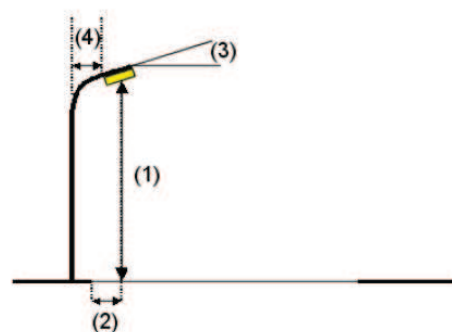
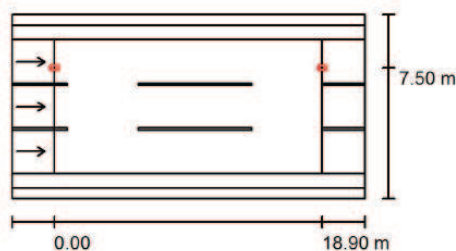
Factor mantenimiento: 0.70

**Disposiciones de las luminarias**



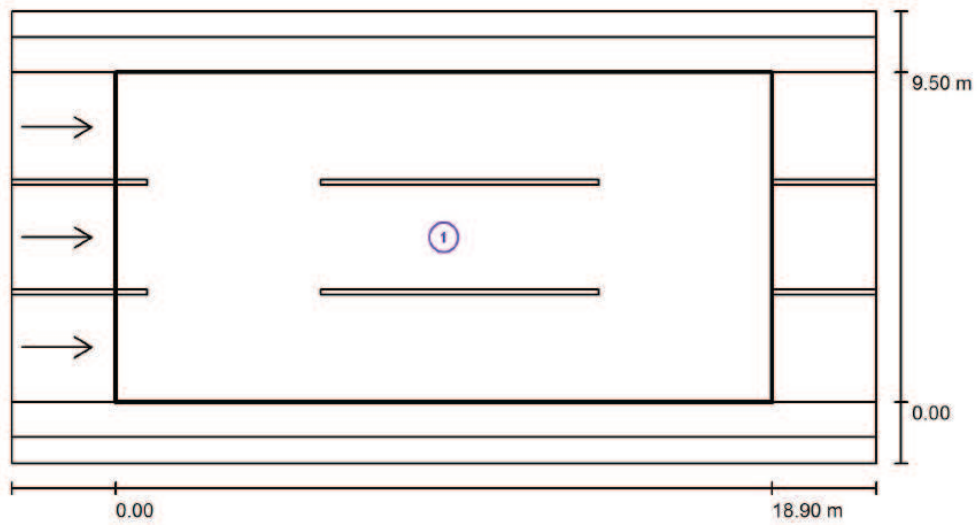
Luminaria:	Philips SRX509 1xSON-TPP400W SGR A	Valores máximos de la intensidad lumínica con 70°: 238 cd/klm con 80°: 22 cd/klm con 90°: 0,00 cd/klm Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento). Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°. La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G6. La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Flujo luminoso (Luminaria):	35595 lm	
Flujo luminoso (Lámparas):	56500 lm	
Potencia de las luminarias:	433.0 W	
Organización:	unilateral abajo	
Distancia entre mástiles:	18.900 m	
Altura de montaje (1):	5.200 m	
Altura del punto de luz:	5.380 m	
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m	
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	3.500 m	

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips SRX509 1xSON-TPP400W SGR A	Valores máximos de la intensidad lumínica con 70°: 238 cd/klm con 80°: 22 cd/klm con 90°: 0,00 cd/klm Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento). Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°. La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G6. La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Flujo luminoso (Luminaria):	35595 lm	
Flujo luminoso (Lámparas):	56500 lm	
Potencia de las luminarias:	433.0 W	
Organización:	unilateral arriba	
Distancia entre mástiles:	18.900 m	
Altura de montaje (1):	5.200 m	
Altura del punto de luz:	5.380 m	
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m	
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	3.500 m	

**SUR\_2º\_Noche / Resultados luminotécnicos**



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:179

Trama: 10 x 9 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	8.62	0.20	0.11	/	0.17
Valores de consigna según clase:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✗	✗	/	✗

**Observador respectivo (3 Pieza):**

Nº	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.583, 1.500)	8.62	0.20	0.17	/
2	Observador 2	(-60.000, 4.750, 1.500)	8.63	0.21	0.11	/
3	Observador 3	(-60.000, 7.917, 1.500)	8.62	0.20	0.17	/

NIVEL NOCHE: TERCER ESCALÓN TÚNEL SUR

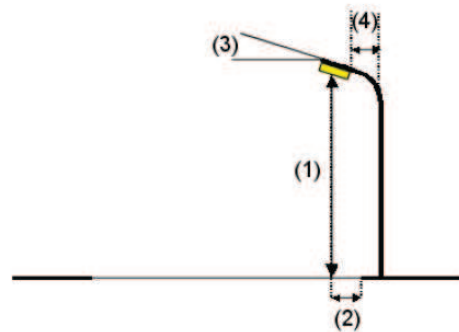
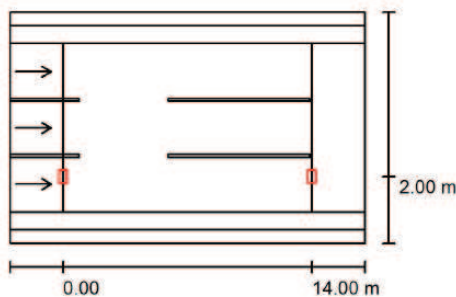
**SUR\_3º\_Noche / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 9.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 1.000 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

Factor mantenimiento: 0.70

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips BVP506 GC WG 1xECO181-2S/657 DW
Flujo luminoso (Luminaria):	12676 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	18108 lm
Potencia de las luminarias:	164.8 W
Organización:	unilateral abajo
Distancia entre mástiles:	14.000 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.376 m
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

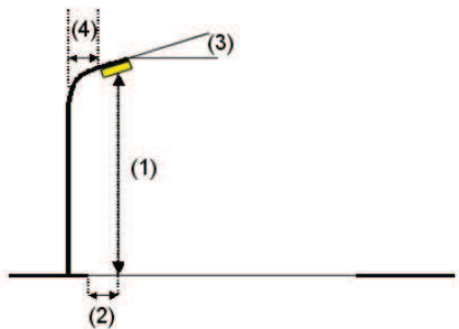
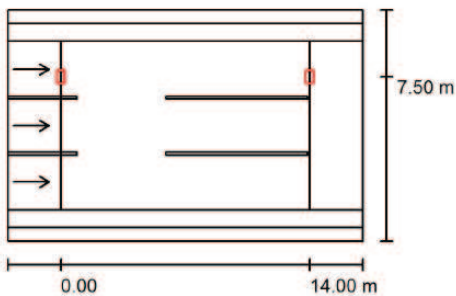
Valores máximos de la intensidad lumínica	
con 70°:	422 cd/klm
con 80°:	22 cd/klm
con 90°:	0.00 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.  
La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G4.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips BVP506 GC WG 1xECO181-2S/657 DW
Flujo luminoso (Luminaria):	12676 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	18108 lm
Potencia de las luminarias:	164.8 W
Organización:	unilateral arriba
Distancia entre mástiles:	14.000 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.376 m
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

Valores máximos de la intensidad lumínica	
con 70°:	422 cd/klm
con 80°:	22 cd/klm
con 90°:	0.00 cd/klm

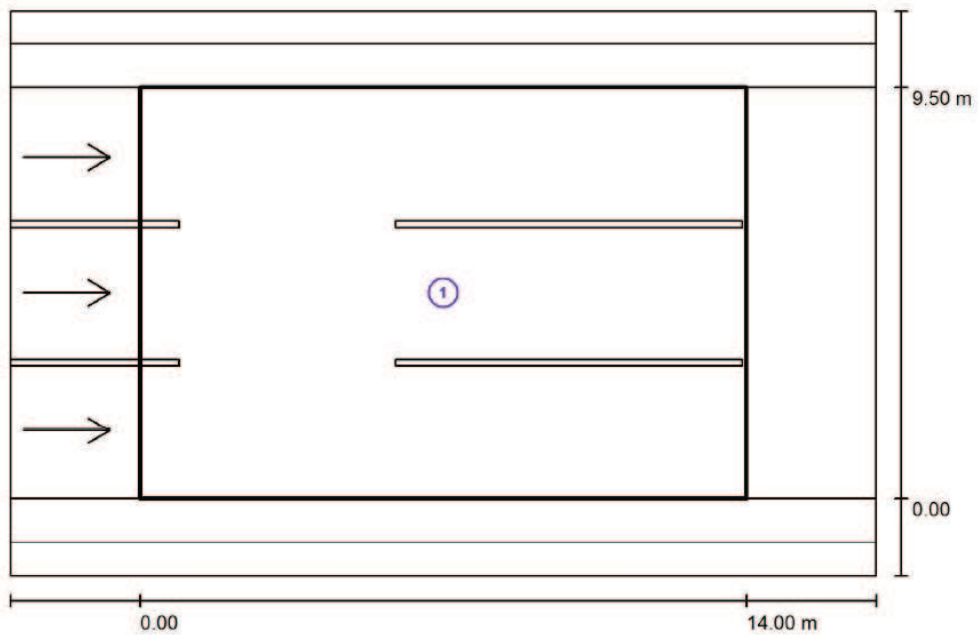
Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.  
La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G4.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.



**SUR\_3° Noche / Resultados luminotécnicos**



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:143

Trama: 10 x 9 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	6.95	0.44	0.87	/	0.13
Valores de consigna según clase:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	/	✗

Observador respectivo (3 Pieza):

N°	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.583, 1.500)	6.95	0.44	0.93	/
2	Observador 2	(-60.000, 4.750, 1.500)	6.96	0.48	0.87	/
3	Observador 3	(-60.000, 7.917, 1.500)	6.95	0.44	0.93	/

NIVEL NOCHE: CUARTO ESCALÓN TÚNEL SUR

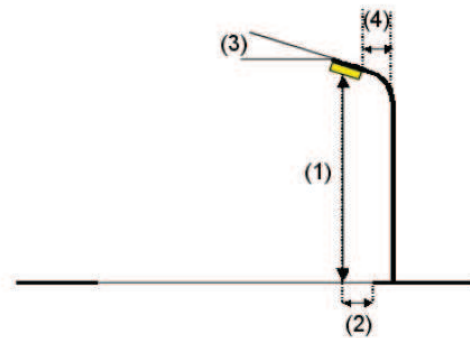
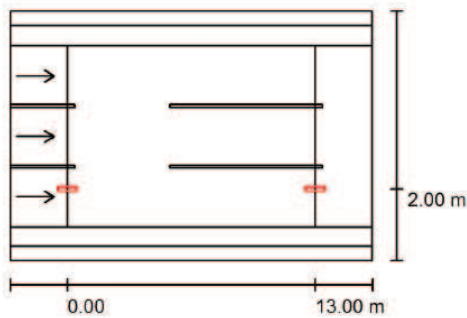
**SUR\_4º Noche / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 9.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 1.000 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

Factor mantenimiento: 0.70

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips BCP560 1xECO99-2S/740 DSN
Flujo luminoso (Luminaria):	8228 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	9913 lm
Potencia de las luminarias:	92.8 W
Organización:	unilateral abajo
Distancia entre mástiles:	13.000 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.123 m
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

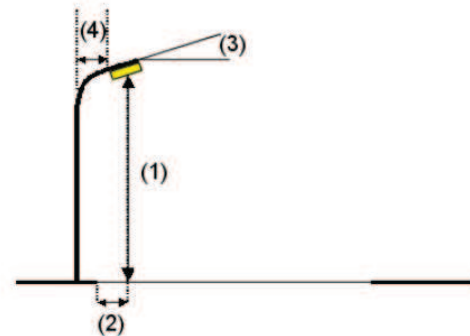
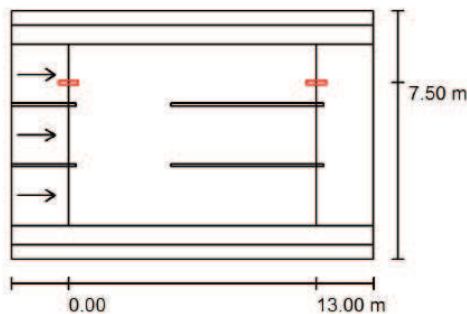
Valores máximos de la intensidad lumínica	
con 70°:	255 cd/klm
con 80°:	9.48 cd/klm
con 90°:	1.39 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips BCP560 1xECO99-2S/740 DSN
Flujo luminoso (Luminaria):	8228 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	9913 lm
Potencia de las luminarias:	92.8 W
Organización:	unilateral arriba
Distancia entre mástiles:	13.000 m
Altura de montaje (1):	7.500 m
Altura del punto de luz:	5.123 m
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

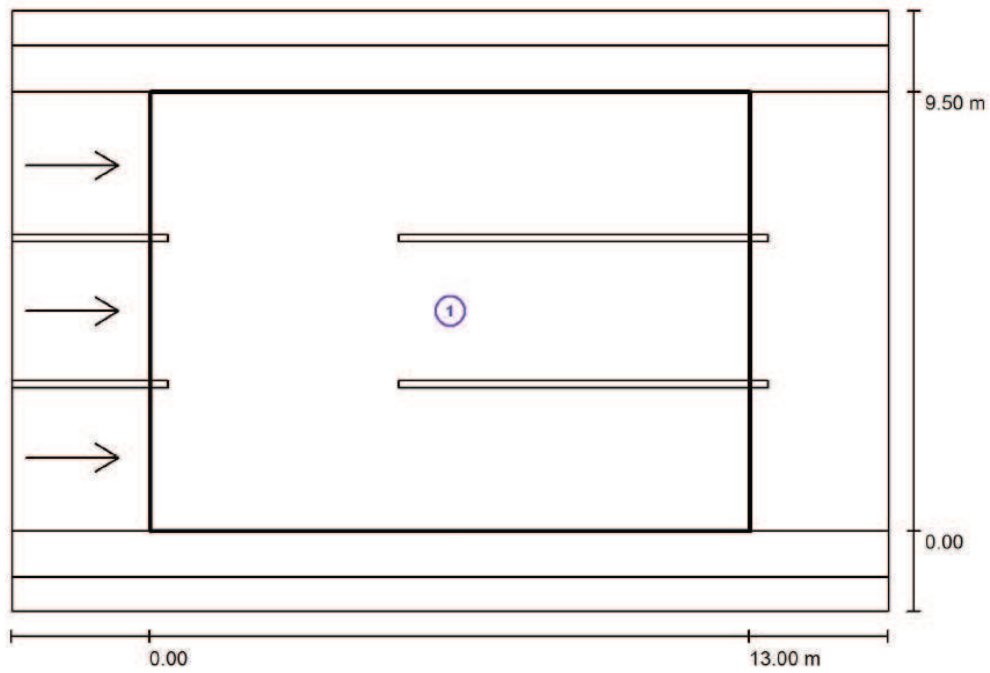
Valores máximos de la intensidad lumínica	
con 70°:	255 cd/klm
con 80°:	9.48 cd/klm
con 90°:	1.39 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

**SUR\_4º Noche / Resultados luminotécnicos**



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:136

Trama: 10 x 9 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	4.13	0.65	0.84	8	0.32
Valores de consigna según clase:	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓	✗

**Observador respectivo (3 Pieza):**

Nº	Observador	Posición [m]	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 1.583, 1.500)	4.13	0.65	0.84	8
2	Observador 2	(-60.000, 4.750, 1.500)	4.15	0.70	0.94	5
3	Observador 3	(-60.000, 7.917, 1.500)	4.13	0.65	0.84	8

NIVEL NOCHE: QUINTO ESCALÓN TÚNEL SUR

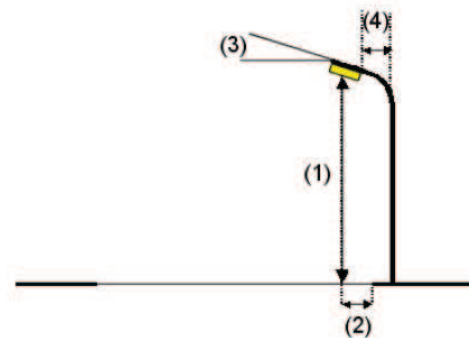
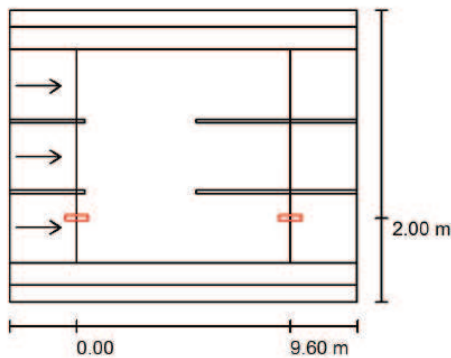
**SUR\_5º Noche / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 9.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 1.000 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

Factor mantenimiento: 0.70

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips BCP560 1xGRN59-2S/740 DSN
Flujo luminoso (Luminaria):	5036 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	5856 lm
Potencia de las luminarias:	52.7 W
Organización:	unilateral abajo
Distancia entre mástiles:	9.600 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.123 m
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

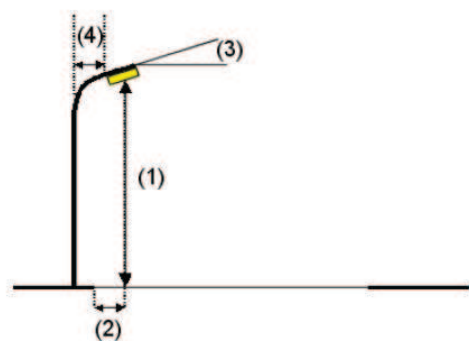
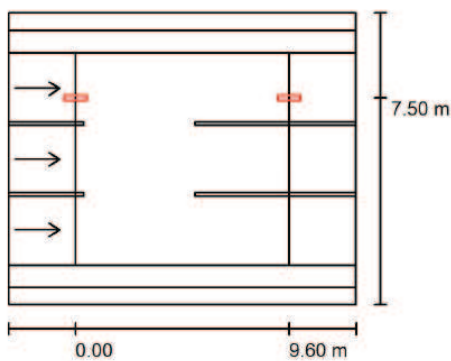
Valores máximos de la intensidad lumínica	
con 70°:	265 cd/klm
con 80°:	9.84 cd/klm
con 90°:	1.44 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	Philips BCP560 1xGRN59-2S/740 DSN
Flujo luminoso (Luminaria):	5036 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	5856 lm
Potencia de las luminarias:	52.7 W
Organización:	unilateral arriba
Distancia entre mástiles:	9.600 m
Altura de montaje (1):	5.200 m
Altura del punto de luz:	5.123 m
Saliente sobre la calzada (2):	2.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	3.500 m

Valores máximos de la intensidad lumínica	
con 70°:	265 cd/klm
con 80°:	9.84 cd/klm
con 90°:	1.44 cd/klm

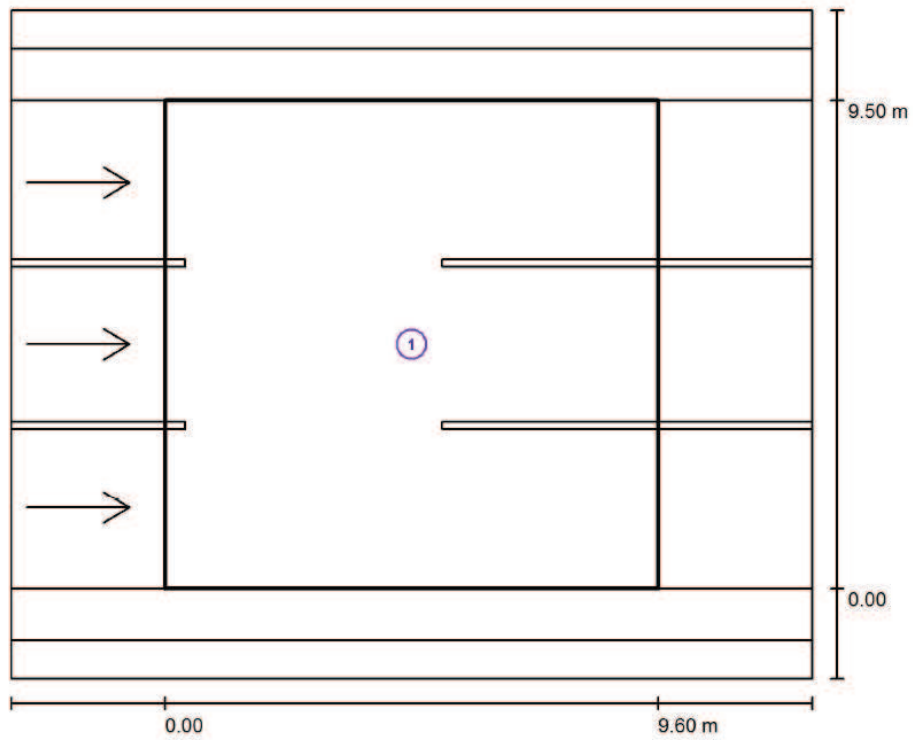
Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.



**SUR\_5º Noche / Resultados luminotécnicos**



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:121

Trama: 10 x 9 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	3.43	0.63	0.91	6	0.32
Valores de consigna según clase:	$\geq 0.75$	$\geq 0.40$	$\geq 0.60$	$\leq 15$	$\geq 0.50$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓	✓	✗

NIVEL EMERGENCIA: TÚNEL SUR

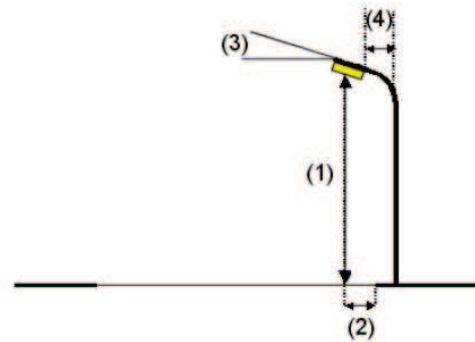
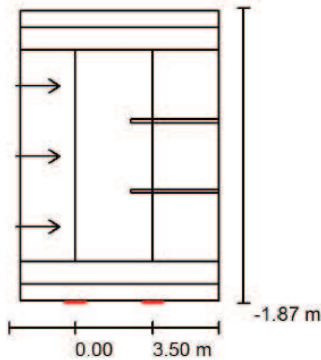
**SUR\_7\_EMERGENCIA / Datos de planificación**

**Perfil de la vía pública**

Camino peatonal 2	(Anchura: 0.750 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 9.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 1.000 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 0.750 m)

Factor mantenimiento: 0.70

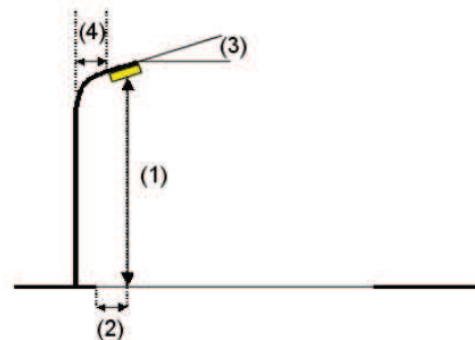
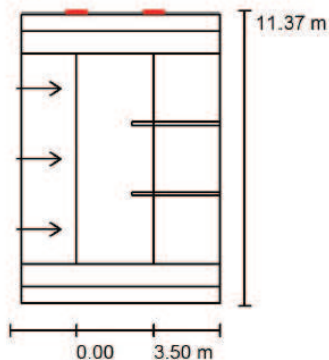
**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	PHILIPS BCS419 L914 1xLED-HB-30x60--2700
Flujo luminoso (Luminaria):	1863 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	1845 lm
Potencia de las luminarias:	45.0 W
Organización:	unilateral abajo
Distancia entre mástiles:	3.500 m
Altura de montaje (1):	0.568 m
Altura del punto de luz:	0.500 m
Saliente sobre la calzada (2):	-1.868 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica	
con 70°:	400 cd/klm
con 80°:	1085 cd/klm
con 90°:	1503 cd/klm
Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).	
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.2.	

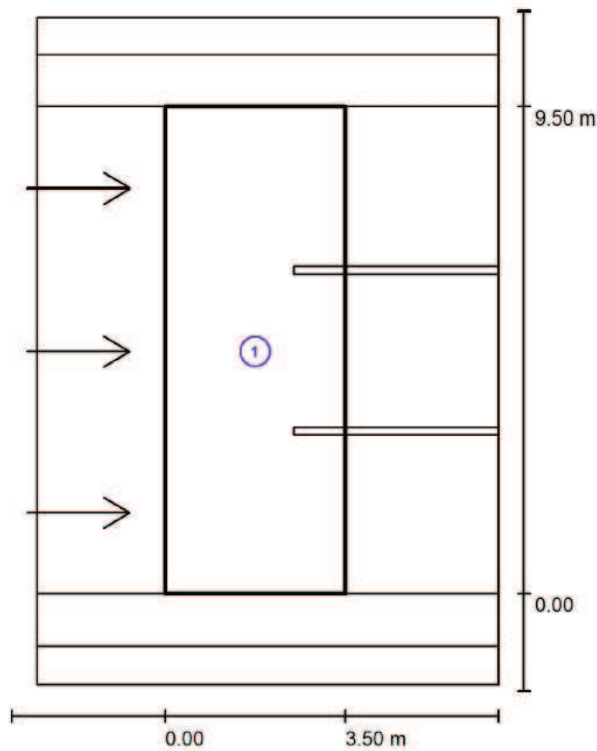
**Disposiciones de las luminarias**



Luminaria:	PHILIPS BCS419 L914 1xLED-HB-30x60--2700
Flujo luminoso (Luminaria):	1863 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	1845 lm
Potencia de las luminarias:	45.0 W
Organización:	unilateral arriba
Distancia entre mástiles:	3.500 m
Altura de montaje (1):	0.568 m
Altura del punto de luz:	0.500 m
Saliente sobre la calzada (2):	-1.868 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica	
con 70°:	400 cd/klm
con 80°:	1085 cd/klm
con 90°:	1503 cd/klm
Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).	
Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.	
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.2.	

**SUR\_7\_EMERGENCIA / Resultados luminotécnicos**



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:123

Trama: 10 x 9 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.  
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070  
 Clase de iluminación seleccionada: ME4a

(No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:  
 Valores de consigna según clase:  
 Cumplido/No cumplido:

$L_m$ [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
0.34	0.00	/	21	0.44
≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
✗	✗	/	✗	✗



## **b. Calificación energética de la instalación**

### **1. Eficiencia energética de la instalación**

Según el reglamento de eficiencia energética en Instalaciones de Alumbrado, la eficiencia energética de una instalación de alumbrado se calcula de la siguiente manera:

$$\varepsilon = \frac{E_m \cdot S}{P}$$

siendo:

$\varepsilon$  = eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior ( $m^2 \cdot \text{lux/W}$ )

P = potencia activa total instalada (W);

S = superficie iluminada ( $m^2$ );

$E_m$  = iluminancia media en servicio de la instalación (lux);

Para este caso particular, al existir diferentes superficies con diferentes iluminancias, lo que se ha calculado ha sido el sumatorio de la luminancia por la superficie de cada tramo. El cálculo se ha repetido para los tres niveles.

Los datos que se tienen para los cálculos son los siguientes:

$E_m$ Norte (Lux)	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Tramo 6
SOLEADO	3397	1616	869	613	355	53
NUBLADO	849	406	217	153	89	53
NOCHE	261	138	87	68	59	53
Superficie (S)	840	280	140	280	462	2198

$E_m$ Sur (Lux)	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Tramo 6
SOLEADO	4073	3055	1135	696	347	53
NUBLADO	1018	792	284	174	87	53
NOCHE	240	226	122	70	58	53
Superficie (S)	1260	420	210	525	850,5	3034,5

Potencia total de cada nivel:

Soleado: 245300 W

Nublado: 67106 W

Noche: 24994 W

**RESULTADOS:**

$$\varepsilon \text{ SOLEADO} = 46.3$$

$$\varepsilon \text{ SOLEADO} = 45.6$$

$$\varepsilon \text{ SOLEADO} = 44.1$$

Se cumplen los requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial funcional.

## 2. Índice de eficiencia energética

Según el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado, el índice de eficiencia energética ( $I_\varepsilon$ ) se calcula de la siguiente manera:

$$I_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R}$$

Donde  $\varepsilon_R$  es el valor de eficiencia energética de referencia. Para instalaciones de alumbrado vial funcional con una iluminancia media de servicio proyectada mayor o igual a 30 lux (como es el caso), este valor es de:

$$\varepsilon_R = 32 \text{ m}^2 \cdot \text{lux/W}.$$

De nuevo, los cálculos se repetirán para cada nivel funcionamiento.

RESULTADOS:

$I_\varepsilon \text{ SOLEADO} = 1.45$ $I_\varepsilon \text{ SOLEADO} = 1.42$ $I_\varepsilon \text{ SOLEADO} = 1.38$
--

## 3. Índice de consumo energético

El índice de consumo energético (ICE) es igual al inverso del índice de eficiencia energética:

$$ICE = \frac{1}{I_\varepsilon}$$

RESULTADOS:

$ICE \text{ SOLEADO} = 0.69$ $ICE \text{ SOLEADO} = 0.70$ $ICE \text{ SOLEADO} = 0.73$
--

## 4. Categoría energética asignada

Para los tres niveles la categoría energética asignada ha sido la misma.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA: A
----------------------------

**c. Valoración del consumo eléctrico esperado**

Para determinar el consumo eléctrico producido por el alumbrado se han calculado las horas que estará activado cada nivel, en el tiempo de un año. Para este cálculo se tomarán como nulos los casos de emergencia o de utilización de los recintos interiores, al ser consumos poco significantes.

Horas de funcionamiento:

Soleado: 32628 h

Nublado: 1752 h

Noche: 4380 h

Potencia total de cada nivel:

Soleado: 245.3 kW

Nublado: 67.106 kW

Noche: 24.994 kW

Con estos datos, el consumo anual que se obtiene es de: 871691.832 kWh

La media de consumo mensual será de : 72640.986 kWh

## E. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS

Antes de iniciar el diseño luminotécnico, son necesarios una serie de cálculos previos: la distancia de seguridad, la clase de alumbrado y el sistema de alumbrado.

### Distancia de seguridad

La distancia de seguridad se obtiene en función de la velocidad de diseño, según la tabla:

Velocidad de diseño (Km/h)	Ret	120	100	80	70	60	50
DS (carretera húmeda) m.	3,5	230	160	105	90	70	50
DS (carretera seca) m.	5	150	110	75	65	55	40

Se tomará el valor para carretera húmeda, al tratarse de zona lluviosa es más que probable que esté húmedo el asfalto a la entrada del túnel o incluso dentro por filtraciones o humedad del suelo.

Como la velocidad de diseño es de 100 km/h, el valor de distancia de seguridad que se obtiene es:

DS = 160 m
------------

### Clase de alumbrado

La Clase de alumbrado para túneles largos se establece en función de cuatro factores de ponderación:

- ❖ Factores de ponderación en función de la intensidad de tráfico (FP-1): para túneles unidireccionales de menos de 2000 vehículos por día y carril (IMD < 2000), el valor de este factor es:

$$FP-1 = 1$$

- ❖ Factores de ponderación en función de la composición del tráfico (FP-2): para una composición del tráfico mixta, el valor de este factor es:

$$FP-2 = 2$$

- ❖ Factores de ponderación en función del guiado visual (FP-3). Al tratarse de un túnel de nueva construcción, constará con todos los elementos de guiado visual para los conductores, tales como superficies de contraste, captafaros, e indicadores luminosos. Por ello, el guiado visual será bueno, y el valor de este factor es:

$$FP-3 = 0$$

- ❖ Factores de ponderación en función de la comodidad en la conducción (FP-4). En los planos de diseño se muestra la amplitud de los túneles y su rectitud y horizontalidad. Si a esto añadimos la comodidad ofrecida por el buen guiado visual del que se ha hablado para el cálculo del anterior factor de ponderación, se puede afirmar que la comodidad en la conducción es elevada. Por ello, el valor de este factor es:

$$FP-4 = 0$$

Con la suma de los cuatro factores de ponderación ( $1 + 2 + 0 + 0 = 3$ ), se obtiene que la clase de alumbrado es:

CLASE 1
---------

#### Sistema de alumbrado: Simétrico o Contraflujo

El CIE088-2004 recomienda un sistema de alumbrado simétrico en la zona interior del túnel, y un sistema a contraflujo en la zona de entrada. Ahora bien, esta recomendación se basa en que para la zona de entrada se necesita una luminancia muy elevada, y esto es más fácil de conseguir con un sistema a contraflujo.

En este proyecto se ha desechado la opción del sistema a contraflujo por los siguientes motivos, en orden de prioridades:

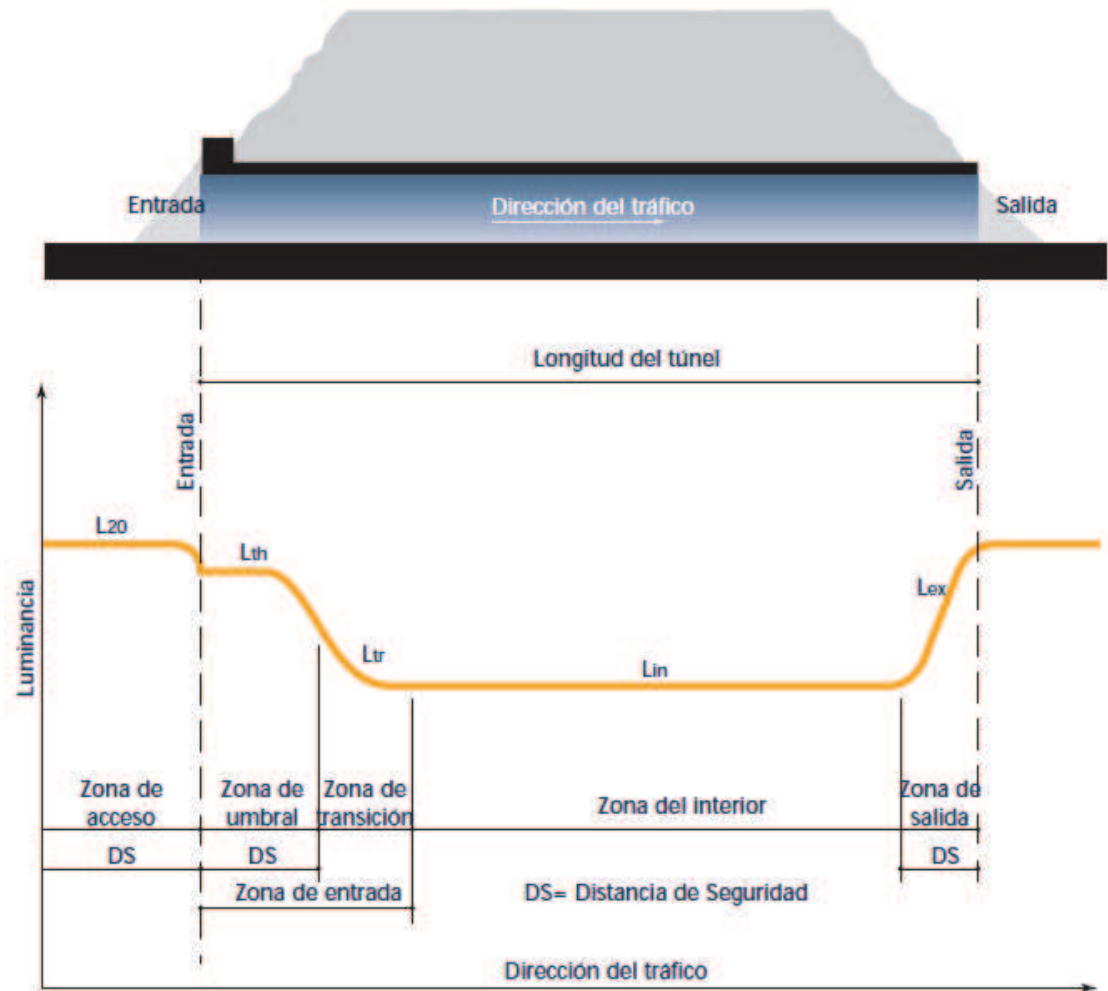
- El sistema a contraflujo produce deslumbramientos que ponen en peligro la seguridad de los conductores.
- Se ha demostrado que es factible la instalación de un alumbrado con sistema simétrico con el que se puede lograr la luminancia calculada (los cálculos se muestran en los apartados siguientes).
- El sobrecoste que genera la decisión de utilización del sistema simétrico no es muy elevado, ni de inversión inicial, ni de costes de consumo de energía, y se compensa con la instalación de alumbrado de bajo consumo en el resto de zonas. Además, esta colocación de las luminarias genera reducciones en el coste de la mano de obra (tanto de instalación como de mantenimiento).

En conclusión, para todas las zonas del túnel se utilizará:

SISTEMA SIMÉTRICO
-------------------

### a. Nivel de alumbrado diurno

Para la iluminación de túneles largos, el cálculo se divide para las diferentes zonas que se muestran a continuación:



$L_{20}$  = Luminancia en la zona de acceso.

$L_{th}$  = Luminancia en la zona umbral.

$L_{tr}$  = Luminancia en la zona de transición.

$L_{in}$  = Luminancia en la zona del interior.

$L_{ex}$  = Luminancia en la zona de salida.

A continuación se muestra el cálculo de los niveles de iluminación de cada zona, para cada túnel.

LUMINANCIA EN LA ZONA DE ACCESO ( $L_{20}$ )

Método exacto

$$L_{20} = a * L_C + b * L_R + c * L_E + d * L_{th}$$

donde:

a = % de cielo.

$L_C$  = Luminancia de cielo.

b = % de carretera.

$L_R$  = Luminancia de carretera.

c = % de entorno.

$L_E$  = Luminancia del entorno.

d = % de boca de túnel.

$L_{th}$  = Luminancia de zona de umbral.

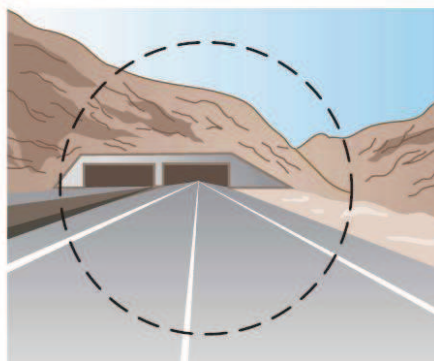
con:  $a + b + c + d = 1$

Aproximación

Cuando las distancias de parada son superiores a 100 m, el tanto por ciento de boca de entrada de túnel es bajo (< al 10%) y como  $L_{th}$  tiene también un valor bajo respecto a los otros valores de luminancia se puede despreciar la contribución de  $L_{th}$ .

Se tiene entonces:  $L_{20} = a * L_C + b * L_R + c * L_E$

Los valores "a", "b" y "c", comunes para ambos túneles, se obtienen de manera aproximada, a partir del esquema correspondiente al entorno rocoso, ofrecido en el manual de luminotecnia de Indalux.



$$a = 18\%, \quad b = 40\%, \quad c = 34\%, \quad d = 8\%$$



Las luminancias " $L_C$ ", " $L_R$ " y " $L_E$ " se obtienen de la siguiente tabla:

Sentido de conducción	Cielo ( $L_C$ ) Kcd/m <sup>2</sup>	Carretera ( $L_R$ ) Kcd/m <sup>2</sup>	Entorno ( $L_E$ )		Kcd/m <sup>2</sup>	
			Rocas	Edificios	Nieve	Hierba
N	8	3	3	8	15 (M, H)	2
E - O	12	4	2	6	10 (M) 15 (H)	2
S	16	5	1	4	5 (M) 15 (H)	2

#### TUNEL NORTE

$$\begin{aligned} L_C &= 8 \text{ kcd/m}^2 \\ L_R &= 3 \text{ kcd/m}^2 \\ L_E &= 3 \text{ kcd/m}^2 \end{aligned}$$

#### TUNEL SUR

$$\begin{aligned} L_C &= 16 \text{ kcd/m}^2 \\ L_R &= 5 \text{ kcd/m}^2 \\ L_E &= 1 \text{ kcd/m}^2 \end{aligned}$$

#### RESULTADOS:

##### TÚNEL NORTE:

$$L_{20} = 0.18 * 8 \text{ kcd/m}^2 + 0.4 * 3 \text{ kcd/m}^2 + 0.34 * 3 \text{ kcd/m}^2$$

$$L_{20} = 3.66 \text{ kcd/m}^2$$

##### TÚNEL SUR:

$$L_{20} = 0.18 * 16 \text{ kcd/m}^2 + 0.4 * 5 \text{ kcd/m}^2 + 0.34 * 1 \text{ kcd/m}^2$$

$$L_{20} = 4.42 \text{ kcd/m}^2$$

LUMINANCIA EN LA ZONA UMBRAL ( $L_{th}$ )

Esta zona se dividirá a su vez en dos mitades, de 80 m cada una.

Primera Mitad

El valor de luminancia en la primera mitad de la zona umbral (primeros 80 m del túnel) se calcula con a partir de un valor k.

$$L_{th} = k \cdot L_{20}$$

Para un sistema simétrico, con distancia de seguridad de 160 m y Clase 1, el valor de k que se obtiene es:

$$k = 0.035$$

RESULTADOS:

## TÚNEL NORTE:

$$L_{th} = k \cdot L_{20} = 0.035 \cdot 3.66 \text{ kcd/m}^2 = 0.1281 \text{ kcd/m}^2$$

$$L_{th} = 128.1 \text{ cd/m}^2$$

## TÚNEL SUR:

$$L_{th} = k \cdot L_{20} = 0.035 \cdot 4.42 \text{ kcd/m}^2 = 0.1547 \text{ kcd/m}^2$$

$$L_{th} = 154.7 \text{ cd/m}^2$$

Segunda Mitad

En la segunda mitad de la zona umbral, la luminancia de la calzada puede disminuir gradual y linealmente hasta un valor, al final de la zona de umbral, igual a  $0'4 \cdot L_{th}$ .

Por lo tanto, la  $L_{th}$  al final de la zona umbral, que coincidirá con la  $L_{tr}$  al principio de la zona de transición, será:

$$\text{- NORTE: } L_{th (fin)} = L_{tr (ini)} = L_{th (ini)} \cdot 0.4 = 128.1 \text{ cd/m}^2 \cdot 0.4 = 51.24 \text{ cd/m}^2$$

$$\text{- SUR: } L_{th (fin)} = L_{tr (ini)} = L_{th (ini)} \cdot 0.4 = 154.7 \text{ cd/m}^2 \cdot 0.4 = 61.88 \text{ cd/m}^2$$

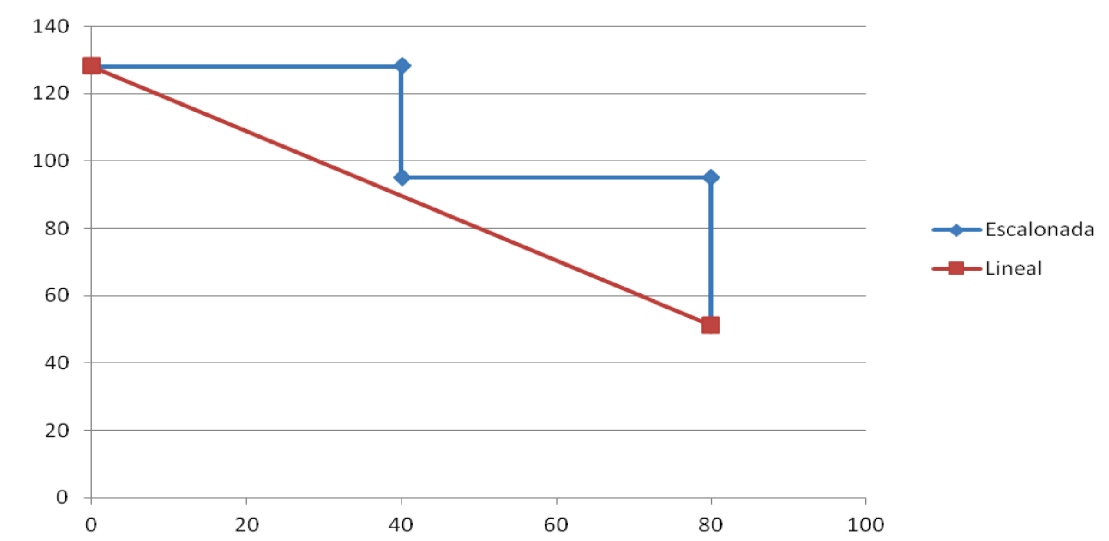
El descenso desde  $L_{th (ini)}$  hasta  $L_{th (fin)}$  se hará de forma escalonada, de manera que se respete la disminución máxima, es decir, sin que la relación entre escalones supere la relación 3:1 (1ª condición) y la luminancia no caiga por debajo de los valores correspondientes a la disminución gradual lineal (2ª condición).

## TUNEL NORTE

La longitud de la segunda mitad de la zona umbral es de 80 m. La división se ha realizado en dos submitades (de 40 m cada una):

- Primera submitad:  $128.1 \text{ cd/m}^2$  (prolongando el valor de  $L_{th (ini)}$ ).
- Segunda submitad:  $95 \text{ cd/m}^2$ .

La distribución se ha realizado de manera gráfica, y se muestra en la siguiente figura:



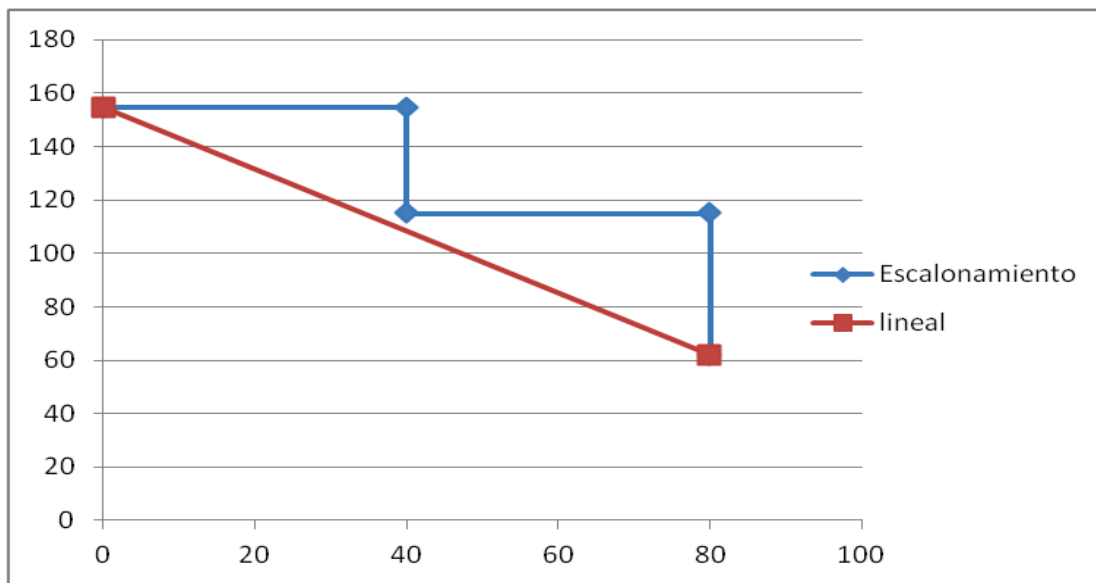
Los escalones elegidos no superan la relación 3:1. En la gráfica se aprecia que la luminancia no cae por debajo de los valores correspondientes a la disminución gradual lineal.

## TUNEL SUR

La división se ha hecho, de nuevo, en dos submitades (de 40 m cada una):

- Primera submitad:  $154.7 \text{ cd/m}^2$  (prolongando el valor de  $L_{th(iini)}$ ).
- Segunda submitad:  $115 \text{ cd/m}^2$ .

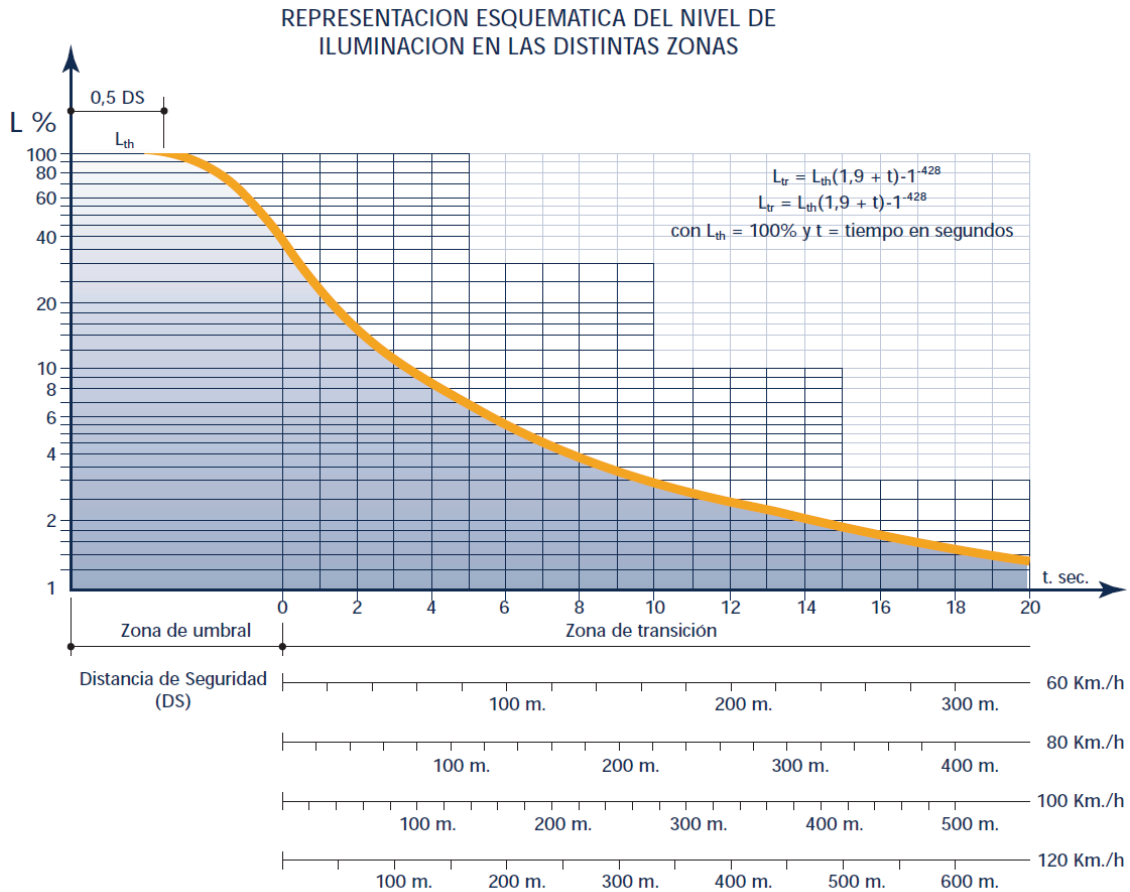
La distribución se ha realizado de manera gráfica, y se muestra en la siguiente figura:



Los escalones elegidos no superan la relación 3:1. En la gráfica se aprecia que la luminancia no cae por debajo de los valores correspondientes a la disminución gradual lineal.

LUMINANCIA EN LA ZONA DE TRANSICIÓN ( $L_{tr}$ )

La luminancia media en servicio de la calzada con mantenimiento de la instalación de la zona de transición  $L_{tr}$  disminuye gradualmente, desde la luminancia de la zona de umbral hasta la luminancia de la zona del interior. En cualquier posición en la zona de transición, la luminancia de la superficie de la calzada debe ser igual o exceder a la luminancia establecida en la Fig. 6.



Luminancia mínima en la zona de entrada. El valor de 100% corresponde a la primera mitad de la zona de umbral

Figura 6

El descenso de la luminancia se llevará a cabo mediante una serie de escalones que deben ser menores que la relación 3:1 y la luminancia no puede alcanzar valores inferiores a los de la curva de la Fig. 6, alcanzándose el final de la zona de transición cuando su luminancia es igual a 3 veces el nivel de la zona del interior del túnel.

El descenso desde  $L_{tr (ini)}$  hasta  $L_{tr (fin)}$  se hará de forma escalonada, de manera que se respete la disminución máxima, es decir, sin que la relación entre escalones supere la relación 3:1 (1ª condición) y la luminancia no alcance valores inferiores a los de la curva de la Fig. 6 (2ª condición). El final de la zona de transición se alcanza cuando su luminancia es igual a 3 veces el nivel de la zona del interior del túnel.

En primer lugar, se define cual será la zona de transición de cada túnel (su longitud), hallando el instante de tiempo en que la curva de la Fig. 6 alcanza el valor de tres veces la luminancia en la zona interior ( $L_{in}$ ).

#### TÚNEL NORTE:

$$L_{tr (fin)} = 3 \cdot L_{in} = 3 \cdot 3 \text{ cd/m}^2 = 9 \text{ cd/m}^2$$

El dato de Luminancia en la zona interior ( $L_{in}$ ) se obtiene en el siguiente apartado, aunque se utiliza en éste.

Para respetar la primera condición, se calcula el instante en el que la luminancia alcanza ese valor:

$$L_{tr (fin)} = 9 \text{ cd/m}^2 = L_{th} \cdot (1.9 + t)^{-1.428}$$

$$9 = 128.1 \cdot (1.9 + t)^{-1.428}$$

$$t = 4.52 \text{ s.}$$

Teniendo en cuenta que la velocidad máxima es de 100 km/h, lo que equivale a 27.78 m/s, la distancia a la que se alcanza ese valor de luminancia es:

$$\text{Long}_{L_{tr}} = 27.78 \text{ m/s} \cdot 4.52 \text{ s} = 125.57 \text{ m}$$

Se establece la Zona de transición en los 126 m siguientes a la Zona Umbral.

#### TÚNEL SUR:

$$L_{tr (fin)} = 9 \text{ cd/m}^2$$

$$L_{tr (fin)} = 9 \text{ cd/m}^2 = L_{th} \cdot (1.9 + t)^{-1.428} = 154.7 \cdot (1.9 + t)^{-1.428}$$

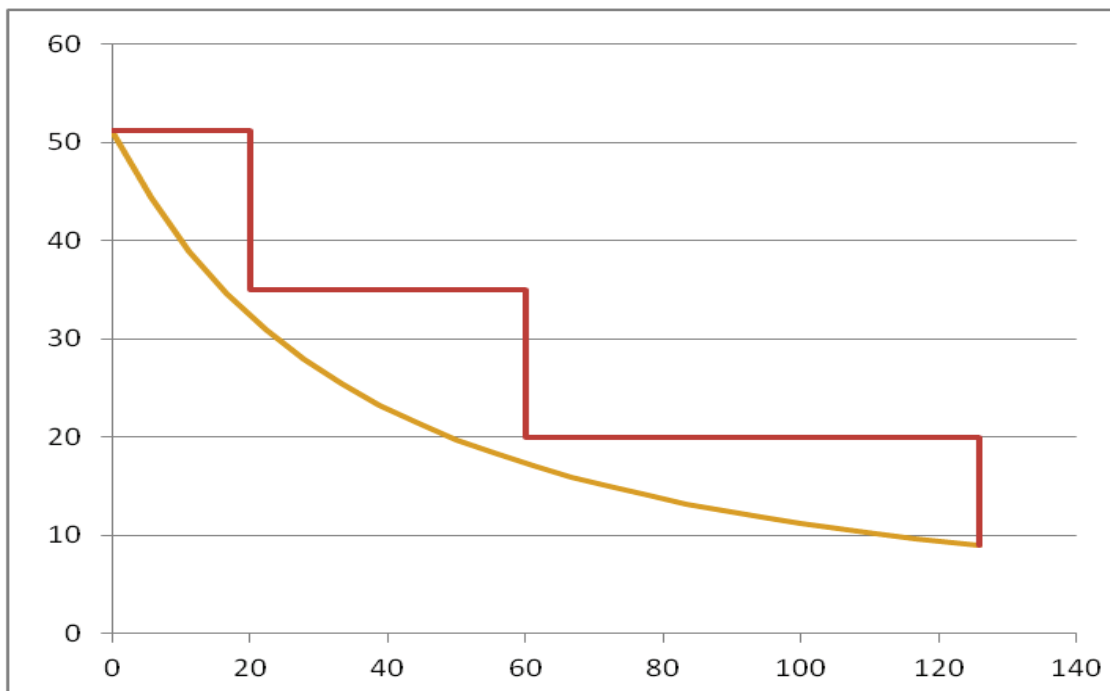
$$t = 5.43 \text{ s.}$$

$$\text{Long}_{L_{tr}} = 27.78 \text{ m/s} \cdot 5.43 \text{ s} = 150.85 \text{ m}$$

Se establece la zona de transición en los 151 m siguientes a la Zona Umbral.

Una vez fijada la zona de transición de cada túnel, se procede a determinar los escalones de luminosidad. Para este apartado se han diseñado los escalones de luminosidad y posteriormente se demuestra que se cumplen las dos condiciones.

### TÚNEL NORTE:



Luminancias (L) y distancias (Dist) de los escalones:

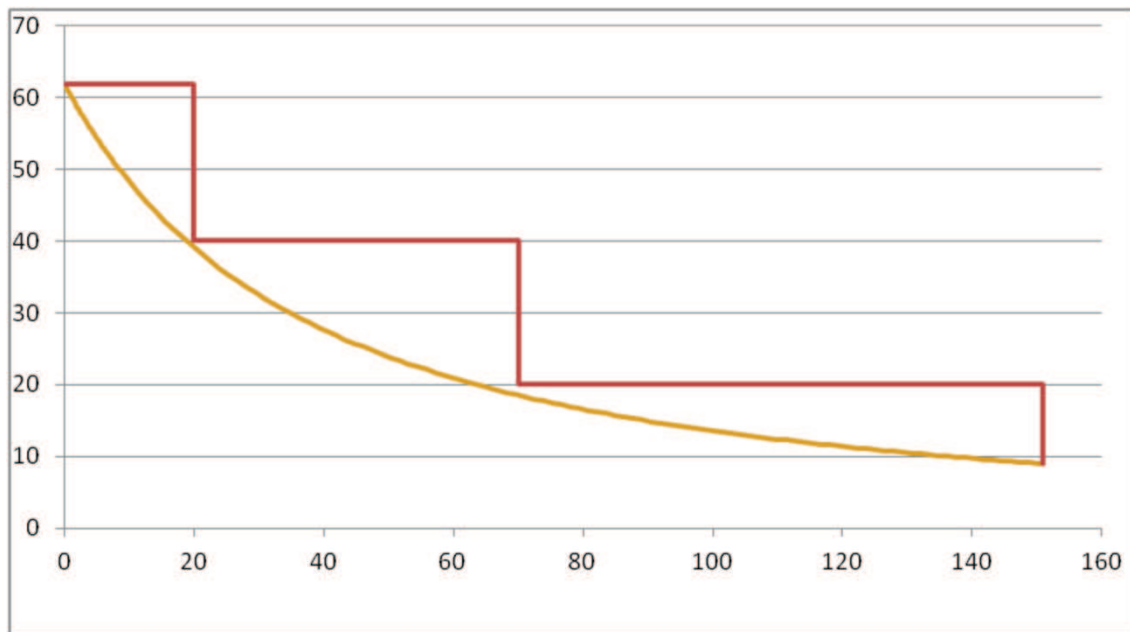
- |                    |                             |              |
|--------------------|-----------------------------|--------------|
| • Primer escalón:  | L = 51.24 cd/m <sup>2</sup> | Dist = 20 m  |
| • Segundo escalón: | L = 35 cd/m <sup>2</sup>    | Dist = 60 m  |
| • Tercer escalón:  | L = 20 cd/m <sup>2</sup>    | Dist = 125 m |

Cumplimiento de las condiciones exigidas:

- $51.24/35 < 3$  y  $35/20 < 3$  → Se cumple la primera condición
- La línea que representa los escalones nunca se corta con la amarilla, que representa la ecuación de la Figura 6. → Se cumple la segunda condición.



## TÚNEL SUR:



Luminancias (L) y distancias (Dist) de los escalones:

- |                    |                             |             |
|--------------------|-----------------------------|-------------|
| • Primer escalón:  | L = 61.88 cd/m <sup>2</sup> | Dist = 20 m |
| • Segundo escalón: | L = 40 cd/m <sup>2</sup>    | Dist = 50 m |
| • Tercer escalón:  | L = 20 cd/m <sup>2</sup>    | Dist = 81 m |

Cumplimiento de las condiciones exigidas:

- $61.88/40 < 3$  y  $40/20 < 3$  → Se cumple la primera condición
- La línea que representa los escalones nunca se corta con la amarilla, que representa la ecuación de la Figura 6. → Se cumple la segunda condición.

LUMINANCIA EN LA ZONA INTERIOR ( $L_{in}$ )

El valor de la luminancia en la zona interior se obtiene en función de la distancia de seguridad y de la clase de alumbrado. Para un alumbrado de Clase 1, y distancia de seguridad de 160 m, este valor será:

$$L_{in} = 3 \text{ cd/m}^2$$

LUMINANCIA EN LA ZONA DE SALIDA ( $L_{ex}$ )

En los casos de túneles unidireccionales cuyas clases de alumbrado sean 1 a 5 ambas inclusive, la zona de salida tendrá la misma luminancia que la zona del interior del túnel ( $L_{ex} = L_{in}$ ), no requiriéndose alumbrado adicional sobre el previsto en la zona del interior. Al no tratarse de un caso en el que existan serios riesgos de molestia y deslumbramiento a la salida, la luminancia en esta zona será:

$$L_{ex} = 3 \text{ cd/m}^2$$

UNIFORMIDAD DE LA LUMINANCIA DE LA CALZADA

Los coeficientes de uniformidad mínimos serán:

Coeficiente de uniformidad Global:  $U_0 = 0.3$

Coeficiente de uniformidad Longitudinal:  $U_1 = 0.5$

CONTROL DEL EFECTO FLICKER

Evitar el efecto parpadeo, las distancias máximas y mínimas de separación entre luminarias son:

$$D \text{ sep}_{\text{máx}} = 1.85 \quad D \text{ sep}_{\text{mín}} = 11.15$$

Se procurará que la separación entre luminarias sea inferior a 1.85 m o superior a 11.15 m. Estas condiciones se cumplirán para el nivel máximo de iluminación, que es también el más desfavorable. Pero para niveles más bajos, en los que se juega con los encendidos de solo algunas luminarias, no será posible garantizar el control de este efecto.

**b. Nivel de alumbrado para día nublado****LUMINANCIA EN LA ZONA DE ACCESO ( $L_{20}$ )**

Para el nivel NUBLADO lo primero que es necesario determinar es la relación de luminancia exterior entre un día soleado y un día nublado.

Tras comparaciones de diversos medios, incluidas mediciones iluminancia, se obtienen los siguientes resultados:

Día soleado → 100000 lux

Día nublado → 20000 lux

Aunque se trata de relación entre iluminancias, no entre luminancias, como la diferencia puede reducirse a considerar o no el coeficiente de reflexión del asfalto y el ángulo de observación, que pueden considerarse constantes, la iluminancia y la luminancia resultan proporcionales, y por ello se puede adoptar la relación de una para la otra.

Por lo tanto, la relación 20000/100000 (lux día Nublado/lux día Soleado) se utiliza para obtener una  $L_{20}$  (luminancia en la zona de acceso) para día nublado, resultando que la luminancia en la zona de acceso en un día nublado será 0,20 veces la  $L_{20}$  de un día soleado.

**RESULTADOS:****TÚNEL NORTE:**

$$L_{20} = 3.66 \text{ kcd/m}^2 \cdot 0,20$$

$$L_{20} = 0.915 \text{ kcd/m}^2$$

**TÚNEL SUR:**

$$L_{20} = 4.42 \text{ kcd/m}^2 \cdot 0.20$$

$$L_{20} = 1.105 \text{ kcd/m}^2$$

LUMINANCIA EN LA ZONA DE ACCESO ( $L_{th}$ )Primera Mitad

De nuevo, se calcula multiplicando el valor de  $L_{20}$  por el factor  $k = 0.035$

## TÚNEL NORTE:

$$L_{th} = k \cdot L_{20} = 0.035 \cdot 0.915 \text{ kcd/m}^2 = 0.0320 \text{ kcd/m}^2$$

$$L_{th} = 30.0 \text{ cd/m}^2$$

## TÚNEL SUR:

$$L_{th} = k \cdot L_{20} = 0.035 \cdot 1.105 \text{ kcd/m}^2 = 0.0387 \text{ kcd/m}^2$$

$$L_{th} = 38.7 \text{ cd/m}^2$$

Segunda mitad

Los valores de luminancia al final de la Zona Umbral son:

## TUNEL NORTE:

$$L_{th (fin)} = L_{tr (ini)} = L_{th (ini)} \cdot 0.4 = 30.0 \text{ cd/m}^2 \cdot 0.4 = 12.0 \text{ cd/m}^2$$

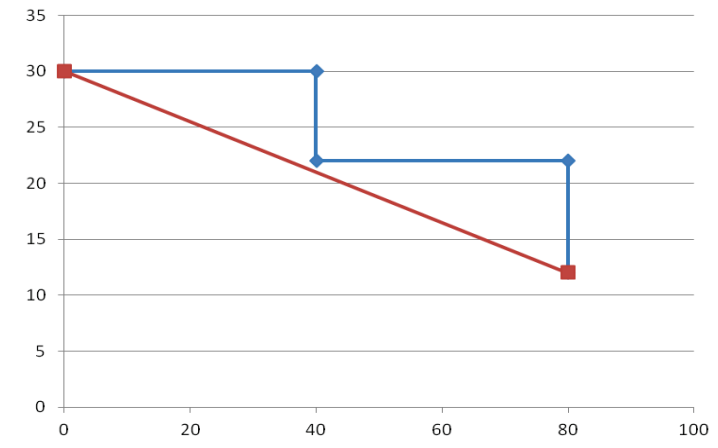
## TUNEL SUR:

$$L_{th (fin)} = L_{tr (ini)} = L_{th (ini)} \cdot 0.4 = 38.7 \text{ cd/m}^2 \cdot 0.4 = 15.5 \text{ cd/m}^2$$

La reducción desde el valor inicial hasta el final se realiza con el mismo escalonamiento que para el nivel de día soleado (en dos submitades de 40 m cada una):

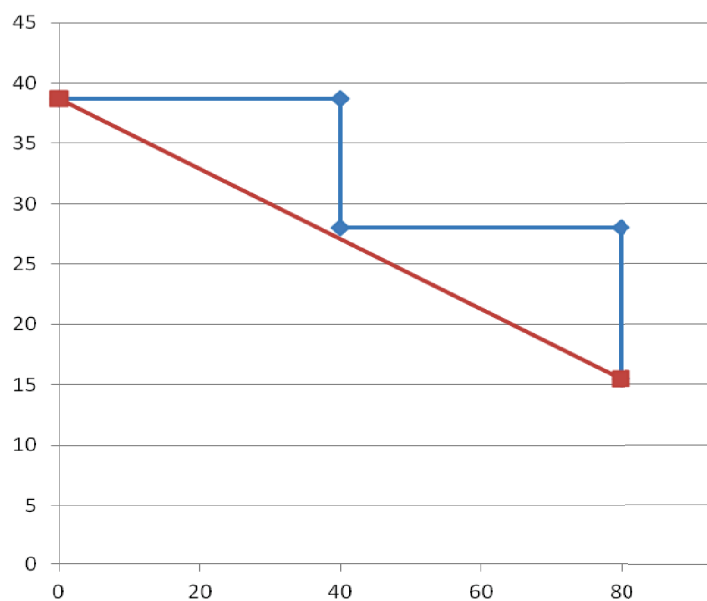
#### TUNEL NORTE:

- |                     |   |
|---------------------|---|
| - Primera submitad: | 30.0 cd/m <sup>2</sup> (prolongando el valor de $L_{th(iini)}$ ). |
| - Segunda submitad: | 22.0 cd/m <sup>2</sup> .  |



#### TUNEL SUR:

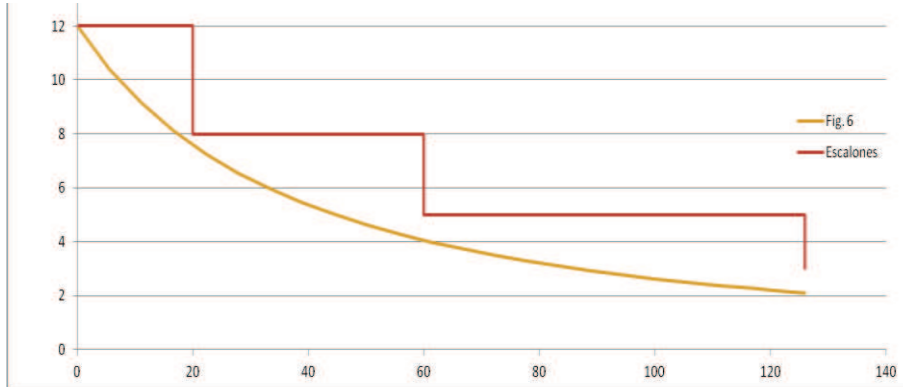
- |                     |   |
|---------------------|---|
| - Primera submitad: | 38.7 cd/m <sup>2</sup> (prolongando el valor de $L_{th(iini)}$ ). |
| - Segunda submitad: | 28.0 cd/m <sup>2</sup> .  |



LUMINANCIA EN LA ZONA DE TRANSICIÓN ( $L_{tr}$ )

Se han respetado las longitudes de los escalones calculadas para el primer nivel alumbrado.

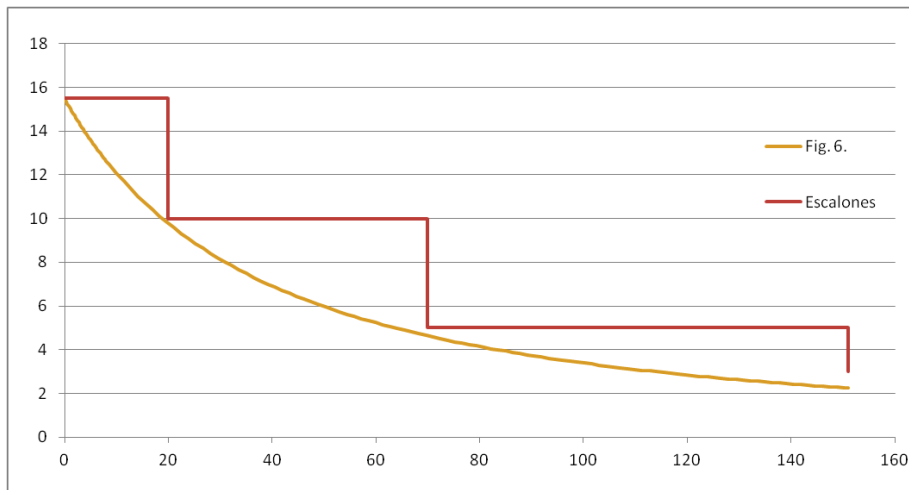
## TÚNEL NORTE:



Luminancias (L) y distancias (Dist) de los escalones:

- |                    |                           |             |
|--------------------|---------------------------|-------------|
| • Primer escalón:  | $L = 12.0 \text{ cd/m}^2$ | Dist = 20 m |
| • Segundo escalón: | $L = 8.0 \text{ cd/m}^2$  | Dist = 40 m |
| • Tercer escalón:  | $L = 5.0 \text{ cd/m}^2$  | Dist = 66 m |

## TÚNEL SUR:



Luminancias (L) y distancias (Dist) de los escalones:

- |                    |                           |             |
|--------------------|---------------------------|-------------|
| • Primer escalón:  | $L = 15.5 \text{ cd/m}^2$ | Dist = 20 m |
| • Segundo escalón: | $L = 10.0 \text{ cd/m}^2$ | Dist = 40 m |
| • Tercer escalón:  | $L = 5.0 \text{ cd/m}^2$  | Dist = 66 m |

LUMINANCIA EN LA ZONA INTERIOR ( $L_{tr}$ ) Y EN LA ZONA DE SALIDA ( $L_{ex}$ )

Para la Zona Interior y para la Zona de salida se mantendrá el mismo nivel de luminancia que para un día soleado:

$$L_{in} = L_{ex} = 3 \text{ cd/m}^2$$



**c. Nivel de alumbrado nocturno**

Si el túnel forma parte de un tramo de carretera no iluminado (como es el caso), la luminancia media de la calzada no debe ser mayor a  $1 \text{ cd/m}^2$ .

$$L_{\text{NOCHE}} = 1 \text{ cd/m}^2$$

Este será el valor mínimo, pero debido a que las necesidades de los otros niveles obligan a instalar luminarias de mayor potencia, las luminancias reales que se alcanzarán en este nivel de iluminación estarán entre 3 y  $9 \text{ cd/m}^2$ .

**d. Alumbrado de seguridad**

En este punto la norma establece que cuando el túnel sufra un fallo de alimentación de corriente se debe disponer de un sistema de alimentación de emergencia y un sistema de alumbrado de emergencia.

El alumbrado de emergencia debe cubrir la longitud total del túnel y el nivel de luminancia de ser al menos del 10% de la luminancia interior ó 0,2 cd/m<sup>2</sup> (se elige el mayor).

Como la luminancia en la zona interior es de 3 cd/m<sup>2</sup>, el nivel de luminancia mínima del alumbrado de emergencia será:

$$L_{SEG} = 0.3 \text{ cd/m}^2$$

La situación de estas luminarias será en la pared a una altura de 0,50 m de la calzada y con una separación inferior a 50 m.

El nivel de alumbrado de emergencia se complementará con las luminarias de señalización de emergencia, de encendido permanente, situadas sobre las salidas de emergencia y sobre los puestos de emergencia.

## **F. INSTALACIÓN ELÉCTRICA**

### **a. Canalizaciones**

La instalación eléctrica se repartirá, desde los cuadros de protecciones hasta cada luminaria, a través de la bandeja perforada y la canaleta cerrada que recorren la longitud total de los dos túneles, como se muestra en los planos.

### **b. Conductores activos y de puesta a tierra**

El tipo de conductor se descrito en el apartado III. Anejo de Baja Tensión", y vienen indicados en los esquemas unifilares.

Cada circuito puede alimentar una o varias luminarias. Las luminarias que alimenta cada circuito se indican en la tabla en la página siguiente. La codificación de las luminarias que se ha utilizado en los planos se explica a continuación:

[Primer número]	-	[Segundo número]	-	[Izq ó Der]
↓		↓		↓
Indica el escalón de iluminación.		Indica el número de luminaria de cada escalón, siguiendo el orden del sentido de circulación.		Indica si se refiere a la luminaria del lado izquierdo o derecho.

Para el alumbrado de emergencia, las líneas que alimentan cada conjunto de puntos de luz se representa en el propio plano.

## CIRCUITOS DE LUMINARIAS:

Circuito	Luminarias
ALU-NOR-DER-1	1 - 02
	1 - 03
	1 - 06
	1 - 07
	1 - 08
	1 - 10
	1 - 11
	1 - 12
	1 - 14
	1 - 15
	1 - 16
ALU- NOR-DER-2	1 - 18
	1 - 19
	1 - 20
	1 - 22
	1 - 23
	1 - 24
	1 - 26
	1 - 27
	1 - 28
	1 - 31
	1 - 32
ALU- NOR-DER-3	1 - 34
	1 - 35
	1 - 36
	1 - 38
	1 - 39
	1 - 40
	1 - 42
	1 - 44
	1 - 46
	1 - 47
	1 - 48
ALU- NOR-DER-4	1 - 50
	1 - 51
	1 - 52
	1 - 54
	1 - 55
	1 - 58
	1 - 59
	1 - 60
	1 - 62
	1 - 63
	1 - 64
ALU- NOR-DER-5	1 - 66
	1 - 67
	1 - 68
	1 - 70
	1 - 71
	1 - 72
	1 - 74
	1 - 75
	1 - 76
	1 - 78
	1 - 79
ALU- NOR-DER-6	1 - 80
	1 - 83
	1 - 84
	1 - 86
ALU- NOR-DER-7	1 - 01
	1 - 05
	1 - 09
	1 - 13
	1 - 21
	1 - 25
	1 - 29
	1 - 33
1 - 37	
ALU- NOR-DER-8	1 - 41
	1 - 45
	1 - 49
	1 - 53
	1 - 57
	1 - 61
	1 - 65
	1 - 73
ALU- NOR-DER-9	1 - 77
	1 - 81
	1 - 85
	1 - 04
	1 - 30

	1 - 43		3 - 08
	1 - 56		3 - 09
	1 - 82		3 - 10
ALU- NOR-DER-10	1 - 17		3 - 12
	1 - 69		3 - 13
	2 - 01		3 - 16
	2 - 02		3 - 17
	2 - 04	ALU- NOR-DER-15	3 - 03
	2 - 05		3 - 07
	2 - 08		3 - 11
	2 - 09		3 - 15
	2 - 10	ALU- NOR-DER-16	3 - 04
	2 - 12		3 - 14
	2 - 13		4 - 01
ALU- NOR-DER-11	2 - 14		4 - 04
	2 - 16		4 - 05
	2 - 17		4 - 07
	2 - 20		4 - 08
	2 - 21		4 - 09
	2 - 22	ALU- NOR-DER-17	4 - 11
	2 - 24		4 - 13
	2 - 25		4 - 15
	2 - 26		4 - 16
	2 - 28		4 - 17
	2 - 29		4 - 19
	2 - 32		4 - 20
	2 - 33		4 - 23
	2 - 34		4 - 24
	2 - 36		4 - 02
	2 - 03	ALU- NOR-DER-18	4 - 06
	2 - 07		4 - 10
	2 - 11		4 - 14
	2 - 15		4 - 18
ALU- NOR-DER-12	2 - 19		4 - 22
	2 - 23	ALU- NOR-DER-19	4 - 03
	2 - 27		4 - 12
	2 - 31		4 - 21
	2 - 35		5 - 01
ALU- NOR-DER-13	2 - 06		5 - 02
	2 - 18		5 - 05
	2 - 30	ALU- NOR-DER-20	5 - 06
	3 - 01		5 - 08
ALU- NOR-DER-14	3 - 02		5 - 09
	3 - 05		5 - 12
	3 - 06		5 - 13

	5 - 14		5 - 28
	5 - 17		5 - 34
	5 - 18		6 - 01
	5 - 20		6 - 02
	5 - 21		6 - 03
	5 - 24		6 - 04
	5 - 25		6 - 05
	5 - 26		6 - 06
	5 - 29		6 - 07
	5 - 30		6 - 08
	5 - 32		6 - 09
	5 - 33		6 - 10
	5 - 36		6 - 11
	5 - 37		6 - 12
ALU- NOR-DER-21	5 - 03	ALU- NOR-DER-23	6 - 13
	5 - 07		6 - 14
	5 - 11		6 - 15
	5 - 15		6 - 16
	5 - 19		6 - 17
	5 - 23		6 - 18
	5 - 27		6 - 19
	5 - 31		6 - 20
	5 - 35		6 - 21
ALU- NOR-DER-22	5 - 04		6 - 22
	5 - 10		6 - 23
	5 - 16		6 - 24
	5 - 22		6 - 25

Circuito	Luminarias
ALU- NOR-IZQ-1	1 - 02 1 - 03 1 - 06 1 - 07 1 - 08 1 - 10 1 - 11 1 - 12 1 - 14 1 - 15 1 - 16
ALU- NOR-IZQ-2	1 - 18 1 - 19 1 - 20 1 - 22 1 - 23 1 - 24 1 - 26 1 - 27 1 - 28 1 - 31 1 - 32
ALU-NOR-IZQ-3	1 - 34 1 - 35 1 - 36 1 - 38 1 - 39 1 - 40 1 - 42 1 - 44 1 - 46 1 - 47 1 - 48
ALU-NOR-IZQ-4	1 - 50 1 - 51 1 - 52 1 - 54 1 - 55 1 - 58 1 - 59 1 - 60

	1 - 62 1 - 63 1 - 64
ALU-NOR-IZQ-5	1 - 66 1 - 67 1 - 68 1 - 70 1 - 71 1 - 72 1 - 74 1 - 75 1 - 76 1 - 78 1 - 79
ALU-NOR-IZQ-6	1 - 80 1 - 83 1 - 84 1 - 86
ALU-NOR-IZQ-7	1 - 01 1 - 05 1 - 09 1 - 13 1 - 21 1 - 25 1 - 29 1 - 33 1 - 37 1 - 41 1 - 45
ALU-NOR-IZQ-8	1 - 49 1 - 53 1 - 57 1 - 61 1 - 65 1 - 73 1 - 77 1 - 81 1 - 85
ALU-NOR-IZQ-9	1 - 04 1 - 30 1 - 43 1 - 56 1 - 82
ALU-NOR-IZQ-10	1 - 17 1 - 69



ALU-NOR-IZQ-11	2 - 01	ALU-NOR-IZQ-17	3 - 16	
	2 - 02		3 - 17	
	2 - 04		ALU-NOR-IZQ-15	3 - 03
	2 - 05			3 - 07
	2 - 08			3 - 11
	2 - 09			3 - 15
	2 - 10			3 - 04
	2 - 12		ALU-NOR-IZQ-16	3 - 14
	2 - 13		ALU-NOR-IZQ-17	4 - 01
	2 - 14			4 - 04
	2 - 16			4 - 05
	2 - 17			4 - 07
	2 - 20			4 - 08
	2 - 21			4 - 09
	2 - 22			4 - 11
	2 - 24			4 - 13
	2 - 25			4 - 15
	2 - 26			4 - 16
	2 - 28			4 - 17
	2 - 29			4 - 19
2 - 32	4 - 20			
2 - 33	4 - 23			
2 - 34	4 - 24			
2 - 36	ALU-NOR-IZQ-18	4 - 02		
ALU-NOR-IZQ-12		2 - 03	4 - 06	
		2 - 07	4 - 10	
		2 - 11	4 - 14	
		2 - 15	4 - 18	
	2 - 19	4 - 22		
ALU-NOR-IZQ-13	2 - 23	ALU-NOR-IZQ-19	4 - 03	
	2 - 27		4 - 12	
	2 - 31		4 - 21	
	2 - 35		ALU-NOR-IZQ-20	5 - 01
2 - 06	5 - 02			
2 - 18	5 - 05			
2 - 30	5 - 06			
ALU-NOR-IZQ-14	3 - 01	5 - 08		
	3 - 02	5 - 09		
	3 - 05	5 - 12		
	3 - 06	5 - 13		
	3 - 08	5 - 14		
	3 - 09	5 - 17		
	3 - 10	5 - 18		
	3 - 12	5 - 20		
	3 - 13	5 - 21		

	5 - 24 5 - 25 5 - 26 5 - 29 5 - 30 5 - 32 5 - 33 5 - 36 5 - 37		6 - 22 6 - 23 6 - 24 6 - 25
ALU-NOR-IZQ-21	5 - 03 5 - 07 5 - 11 5 - 15 5 - 19 5 - 23 5 - 27 5 - 31 5 - 35		
ALU-NOR-IZQ-22	5 - 04 5 - 10 5 - 16 5 - 22 5 - 28 5 - 34		
ALU-NOR-IZQ-23	6 - 01 6 - 02 6 - 03 6 - 04 6 - 05 6 - 06 6 - 07 6 - 08 6 - 09 6 - 10 6 - 11 6 - 12 6 - 13 6 - 14 6 - 15 6 - 16 6 - 17 6 - 18 6 - 19 6 - 20 6 - 21		

Circuito	Luminarias		
			1 - 60 1 - 62 1 - 63 1 - 64
ALU-SUR-DER-1	1 - 02 1 - 03 1 - 04 1 - 06 1 - 08 1 - 10 1 - 11 1 - 12 1 - 14	ALU- SUR-DER-6	1 - 66 1 - 67 1 - 68 1 - 70 1 - 71 1 - 72 1 - 74 1 - 76 1 - 78
ALU- SUR-DER-2	1 - 15 1 - 16 1 - 18 1 - 19 1 - 20 1 - 22 1 - 23 1 - 26 1 - 27	ALU- SUR-DER-7	1 - 79 1 - 80 1 - 82 1 - 83 1 - 84 1 - 86 1 - 87 1 - 88 1 - 90
ALU- SUR-DER-3	1 - 28 1 - 30 1 - 31 1 - 32 1 - 34 1 - 35 1 - 36 1 - 38 1 - 39	ALU- SUR-DER-8	1 - 91 1 - 94 1 - 95 1 - 96 1 - 98 1 - 99 1 - 100 1 - 102 1 - 103
ALU- SUR-DER-4	1 - 40 1 - 42 1 - 43 1 - 44 1 - 46 1 - 47 1 - 48 1 - 50 1 - 51	ALU- SUR-DER-9	1 - 104 1 - 106 1 - 107 1 - 108 1 - 110 1 - 111 1 - 112 1 - 114
ALU- SUR-DER-5	1 - 52 1 - 54 1 - 55 1 - 56 1 - 59	ALU- SUR-DER-10	1 - 01 1 - 05 1 - 09 1 - 13 1 - 17 1 - 21

	1 - 25 1 - 29 1 - 33		2 - 27 2 - 28
ALU- SUR-DER-11	1 - 37 1 - 45 1 - 49 1 - 53 1 - 57 1 - 61 1 - 65 1 - 69 1 - 73	ALU- SUR-DER-17	2 - 01 2 - 05 2 - 09 2 - 13 2 - 17 2 - 21 2 - 25 2 - 29
ALU- SUR-DER-12	1 - 77 1 - 81 1 - 85 1 - 89 1 - 93 1 - 97 1 - 101 1 - 105 1 - 113	ALU- SUR-DER-18	2 - 02 2 - 16 2 - 30
ALU- SUR-DER-13	1 - 07 1 - 24 1 - 58 1 - 75 1 - 92	ALU- SUR-DER-19	3 - 02 3 - 03 3 - 04 3 - 06 3 - 07 3 - 10 3 - 11 3 - 12 3 - 14
ALU- SUR-DER-14	1 - 41 1 - 109	ALU- SUR-DER-20	3 - 01 3 - 05 3 - 09 3 - 13
ALU- SUR-DER-15	2 - 03 2 - 04 2 - 06 2 - 07 2 - 08 2 - 10 2 - 11 2 - 12 2 - 14 2 - 15 2 - 18	ALU- SUR-DER-21	3 - 08
ALU- SUR-DER-16	2 - 19 2 - 20 2 - 22 2 - 23 2 - 24 2 - 26	ALU- SUR-DER-22	4 - 02 4 - 03 4 - 06 4 - 07 4 - 08 4 - 10 4 - 11 4 - 12 4 - 15 4 - 16 4 - 18 4 - 19 4 - 20 4 - 22 4 - 23 4 - 26 4 - 27 4 - 28

	4 - 30 4 - 31 4 - 32 4 - 35 4 - 36 4 - 38		5 - 46 5 - 47 5 - 48 5 - 51
ALU- SUR-DER-23	4 - 01 4 - 05 4 - 09 4 - 13 4 - 17 4 - 21 4 - 25 4 - 29 4 - 33 4 - 37	ALU- SUR-DER-26	5 - 01 5 - 05 5 - 09 5 - 13 5 - 17 5 - 21 5 - 25 5 - 29 5 - 33 5 - 37 5 - 41 5 - 45 5 - 49
ALU- SUR-DER-24	4 - 04 4 - 14 4 - 24 4 - 34		5 - 02 5 - 08 5 - 14 5 - 20 5 - 26 5 - 32 5 - 38 5 - 44 5 - 50
ALU- SUR-DER-25	5 - 03 5 - 04 5 - 06 5 - 07 5 - 10 5 - 11 5 - 12 5 - 15 5 - 16 5 - 18 5 - 19 5 - 22 5 - 23 5 - 24 5 - 27 5 - 28 5 - 30 5 - 31 5 - 34 5 - 35 5 - 36 5 - 39 5 - 40 5 - 42 5 - 43	ALU- SUR-DER-27	
		ALU- SUR-DER-28	6 - 01 6 - 02 6 - 03 6 - 04 6 - 05 6 - 06 6 - 07 6 - 08 6 - 09 6 - 10 6 - 11 6 - 12 6 - 13 6 - 14 6 - 15 6 - 16 6 - 17

Circuito	Luminarias		
			1 - 60 1 - 62 1 - 63 1 - 64
ALU-SUR-IZQ-1	1 - 02 1 - 03 1 - 04 1 - 06 1 - 08 1 - 10 1 - 11 1 - 12 1 - 14	ALU-SUR-IZQ-6	1 - 66 1 - 67 1 - 68 1 - 70 1 - 71 1 - 72 1 - 74 1 - 76 1 - 78
ALU-SUR-IZQ-2	1 - 15 1 - 16 1 - 18 1 - 19 1 - 20 1 - 22 1 - 23 1 - 26 1 - 27	ALU-SUR-IZQ-7	1 - 79 1 - 80 1 - 82 1 - 83 1 - 84 1 - 86 1 - 87 1 - 88 1 - 90
ALU-SUR-IZQ-3	1 - 28 1 - 30 1 - 31 1 - 32 1 - 34 1 - 35 1 - 36 1 - 38 1 - 39	ALU-SUR-IZQ-8	1 - 91 1 - 94 1 - 95 1 - 96 1 - 98 1 - 99 1 - 100 1 - 102 1 - 103
ALU-SUR-IZQ-4	1 - 40 1 - 42 1 - 43 1 - 44 1 - 46 1 - 47 1 - 48 1 - 50 1 - 51	ALU-SUR-IZQ-9	1 - 104 1 - 106 1 - 107 1 - 108 1 - 110 1 - 111 1 - 112 1 - 114
ALU-SUR-IZQ-5	1 - 52 1 - 54 1 - 55 1 - 56 1 - 59	ALU-SUR-IZQ-10	1 - 01 1 - 05 1 - 09 1 - 13 1 - 17 1 - 21

	1 - 25 1 - 29 1 - 33		2 - 27 2 - 28
ALU-SUR-IZQ-11	1 - 37 1 - 45 1 - 49 1 - 53 1 - 57 1 - 61 1 - 65 1 - 69 1 - 73	ALU-SUR-IZQ-17	2 - 01 2 - 05 2 - 09 2 - 13 2 - 17 2 - 21 2 - 25 2 - 29
ALU-SUR-IZQ-12	1 - 77 1 - 81 1 - 85 1 - 89 1 - 93 1 - 97 1 - 101 1 - 105 1 - 113	ALU-SUR-IZQ-18	2 - 02 2 - 16 2 - 30
ALU-SUR-IZQ-13	1 - 07 1 - 24 1 - 58 1 - 75 1 - 92	ALU-SUR-IZQ-19	3 - 02 3 - 03 3 - 04 3 - 06 3 - 07 3 - 10 3 - 11 3 - 12 3 - 14
ALU-SUR-IZQ-14	1 - 41 1 - 109	ALU-SUR-IZQ-20	3 - 01 3 - 05 3 - 09 3 - 13
ALU-SUR-IZQ-15	2 - 03 2 - 04 2 - 06 2 - 07 2 - 08 2 - 10 2 - 11 2 - 12 2 - 14 2 - 15 2 - 18	ALU-SUR-IZQ-21	3 - 08
ALU-SUR-IZQ-16	2 - 19 2 - 20 2 - 22 2 - 23 2 - 24 2 - 26	ALU-SUR-IZQ-22	4 - 02 4 - 03 4 - 06 4 - 07 4 - 08 4 - 10 4 - 11 4 - 12 4 - 15 4 - 16 4 - 18 4 - 19 4 - 20 4 - 22 4 - 23 4 - 26 4 - 27 4 - 28



	4 - 30 4 - 31 4 - 32 4 - 35 4 - 36 4 - 38		5 - 46 5 - 47 5 - 48 5 - 51
ALU-SUR-IZQ-23	4 - 01 4 - 05 4 - 09 4 - 13 4 - 17 4 - 21 4 - 25 4 - 29 4 - 33 4 - 37	ALU-SUR-IZQ-26	5 - 01 5 - 05 5 - 09 5 - 13 5 - 17 5 - 21 5 - 25 5 - 29 5 - 33 5 - 37 5 - 41 5 - 45 5 - 49
ALU-SUR-IZQ-24	4 - 04 4 - 14 4 - 24 4 - 34	ALU-SUR-IZQ-27	5 - 02 5 - 08 5 - 14 5 - 20 5 - 26 5 - 32 5 - 38 5 - 44 5 - 50
ALU-SUR-IZQ-25	5 - 03 5 - 04 5 - 06 5 - 07 5 - 10 5 - 11 5 - 12 5 - 15 5 - 16 5 - 18 5 - 19 5 - 22 5 - 23 5 - 24 5 - 27 5 - 28 5 - 30 5 - 31 5 - 34 5 - 35 5 - 36 5 - 39 5 - 40 5 - 42 5 - 43	ALU-SUR-IZQ-28	6 - 01 6 - 02 6 - 03 6 - 04 6 - 05 6 - 06 6 - 07 6 - 08 6 - 09 6 - 10 6 - 11 6 - 12 6 - 13 6 - 14 6 - 15 6 - 16 6 - 17

### **G. CONCLUSIÓN Y FIRMA**

Se concluye este anejo, asumiendo el proyectista toda la responsabilidad sobre el mismo. Y para que conste a los efectos oportunos, así lo firma:

Fdo.: Jesús Gómez García

En Béjar, a 4 de septiembre de 2015

# VI. ANEJO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN



## **ÍNDICE**

A. Introducción y objeto del anejo .....	1
B. Normativa aplicada .....	1
C. Identificación de residuos y cantidades .....	2
D. Medidas para la reducción de residuos en obra .....	3
E. Medidas para la separación y eliminación de residuos de obra .....	4
F. Conclusión y firma .....	5

## **A. INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL ANEJO**

Se redacta este anejo con el objetivo de definir las gestiones a realizar con los materiales sobrantes y residuos generados durante la obra, de acuerdo a la normativa vigente.

Como norma general, se intentará reutilizar los materiales siempre que sea posible, y si no lo fuese, depositarlos en contenedores para su posterior recogido y reciclado por parte de empresas autorizadas.

El objetivo final es evitar los posibles daños a las personas o al medioambiente.

## **B. NORMATIVA APLICADA**

La normativa utilizada en para la elaboración de este anejo ha sido la siguiente:

- REAL DECRETO 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- REAL DECRETO 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos.
- Decreto 73/2012, de 20 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Residuos de Andalucía
- Decreto 397/2010, de 2 de noviembre, por el que se aprueba el Plan Director Territorial de Residuos No Peligrosos de Andalucía 2010-2019.

### **C. IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS Y CANTIDADES**

A continuación se indican los diferentes tipos de residuos que se generarán en la obra del presente proyecto y, entre paréntesis, las cantidades, en volumen:

- Metálicos: soportes de luminarias, ventiladores, extractores, cuadros de protecciones, celdas de los centros de seccionamiento y del centro de transformación o tornillería (3 m<sup>3</sup>).
- Cables de cobre con o sin aislante (1 m<sup>3</sup>).
- Plásticos: proveniente de embalajes, canalizaciones, y piezas o partes de piezas sobrantes de elementos de la instalación (4 m<sup>3</sup>).
- Cartones: proveniente de embalajes y piezas o partes de piezas sobrantes de elementos de la instalación (6 m<sup>3</sup>).
- Residuos de construcción y demolición (1 m<sup>3</sup>).
- Otros: residuos mezclados que no es posible separarlos (1 m<sup>3</sup>).

**D. MEDIDAS PARA LA REDUCCIÓN DE RESIDUOS EN OBRA**

Se tomarán las siguientes medidas para minimizar los residuos en obra:

- Para la estructura metálica de las luminarias y soportes se seguirán estrictamente los planos, con el fin de aminorar los restos metálicos, con la supervisión de los oficiales de obra.
- Se aplastarán los cartones y los plásticos de embalajes para que ocupen el mínimo volumen posibles.
- Se aprovecharán cortes y restos de canalizaciones o de cables de tramos largos para tramos más cortos.
- Se aprovecharán retales de hilo para los puentes en los cuadros de protecciones y cuadros de control.
- En el momento de colocar cable, no se cortará de la bobina de cable hasta que la línea ya una los dos puntos de unión. Es decir, queda prohibido, salvo circunstancias especiales, estimar la longitud de una línea, cortar el cable y después instalarlo.
- Se medirán estrictamente las cantidades de materia prima para la construcción con la supervisión de los oficiales de obra.



**E. MEDIDAS PARA LA SEPARACIÓN Y ELIMINACIÓN DE RESIDUOS DE OBRA**

Para el posterior tratado de los residuos por una empresa autorizada, se instalarán 4 contenedores:

- Metal - Cobre: contenedor trapezoidal de 6 m<sup>2</sup> con separador 1/4 - 3/4.
- Cartones: contenedor trapezoidal de 6 m<sup>2</sup>.
- Plásticos: contenedor trapezoidal de 6 m<sup>2</sup>.
- Construcción - Otros: contenedor trapezoidal de 3 m<sup>2</sup> con separador 1/2 - 1/2.

Los residuos se eliminarán al finalizar las obras, o cuando los contenedores se llenen. Se contratará un servicio de traslado autorizado hasta un centro de recogida de residuos autorizado.

## **F. CONCLUSIÓN Y FIRMA**

Se concluye este anejo, asumiendo el proyectista toda la responsabilidad sobre el mismo. Y para que conste a los efectos oportunos, así lo firma:

Fdo.: Jesús Gómez García

En Béjar, a 4 de septiembre de 2015

## VI. ANEJO DE CÁLCULOS



## **ÍNDICE**

A. Cálculo y diseño de puestas a tierra.....	1
B. Cálculo de secciones .....	12
C. Cálculo del número y distribución de detectores de calor, humo y gases contaminantes .....	17
D. Conclusión y firma .....	22

## **A. CÁLCULO Y DISEÑO DE LAS PUESTAS A TIERRA.**

Por resultar idénticas las necesidades del sistema de puesta a tierra (a excepción de la puesta a tierra del neutro del transformador), se ha diseñado el mismo sistema tanto para el Centro de Transformación, como para los Centros de Seccionamiento y Medida.

El procedimiento que se ha seguido es el establecido por el RAT:

1. Investigación de las características del suelo.
2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente de eliminación del defecto.
3. Diseño preliminar de la instalación de tierra.
4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.
5. Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación.
6. Cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación.
7. Comprobar que las tensiones de paso y contacto calculadas en los párrafos 5 y 6 son inferiores a los valores máximos definidos por las ecuaciones (1) y (2).
8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior por tuberías, raíles, vallas, conductores de neutro, pantallas o armaduras de cables, circuitos de señalización y de los puntos especialmente peligrosos, y estudio de las formas de eliminación o reducción.
9. Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo.

1. Investigación de las características del suelo.

Por investigaciones de suelos de la zona, se conoce que los resultados de las mediciones de resistividad del suelo en la zona donde se ubicarán las puestas a tierra oscilan entre 197 y 244  $\Omega \cdot m$ . Por ser el último el valor más desfavorable, a efectos de cálculos se tomará el valor de resistividad del suelo:

$$\rho_s = 244 \Omega \cdot m$$

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

Según la siguiente tabla facilitada por la compañía distribuidora (Iberdrola), para una red de distribución de 20 kV, con un tipo de puesta a tierra compuesto por una reactancia de 5.2  $\Omega$ , la Intensidad máxima de corriente de defecto es de 2228 A, y la reactancia equivalente es  $X_n = 5.7 \Omega$ .

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	Zig-Zag 500A	25,4	500
20	Zig-Zag 1000A	12,7	1000
20	Reactancia 5,2 $\Omega$	5,7	2228
30	Zig-Zag 1000 A	2,117	9000

$$I_{d \text{ máx}} = 2228 \text{ A}$$

$$X_n = 5.7 \Omega$$

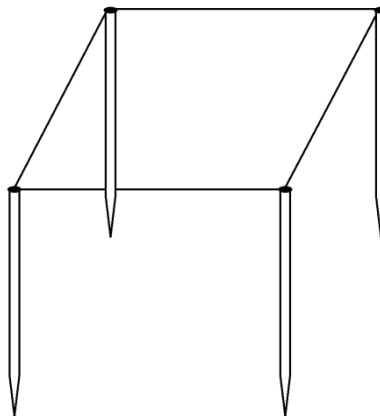
Pero no basta con determinar la corriente máxima de defecto, también es necesario conocer la mínima corriente que hará saltar las protecciones de la subestación más próxima. Para esta variable se establece el siguiente valor:

$$I_{d \text{ mín}} = 100 \text{ A}$$

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

Teniendo en cuenta que el C.T. tiene unas dimensiones exteriores de 2100 x 2140 mm, y que se ha decidido que la puesta a tierra se ajuste lo máximo posible a estas dimensiones, la configuración elegida es la siguiente:

- Bucle cuadrado de 2.0 x 2.0 m, de cable desnudo de acero de 50 mm<sup>2</sup> de sección, enterrado a 0.5 m de profundidad.
- Cuatro picas de acero-cobre, de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro, clavadas verticalmente con la cabeza enterrada 0.5 m, coincidiendo con las esquinas del bucle.



Existirá además una capa de hormigón con un mallazo electrosoldado, que se deberá tener en cuenta en apartados siguientes.

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

Para el cálculo de la resistencia del sistema de tierra, se ha utilizado el método de UNESA.

Este método ofrece el valor de la resistencia de puesta a tierra en función de un valor de  $K_r$  obtenido de tablas y de la resistividad del suelo  $\rho_s$ , según el diseño de la instalación de tierra.

El valor que se obtiene para la configuración descrita en el apartado anterior es el siguiente:  $K_r = 0.135 \Omega/\Omega \cdot m$

El valor de la resistencia de puesta a tierra se calcula de la siguiente forma:

$$R_T = K_r \cdot \rho_s = 0.135 \Omega/\Omega \cdot m \cdot 244 \Omega \cdot m = 32.94 \Omega$$



### 5. Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación.

Para el cálculo de la tensión de paso exterior ( $U_{P' \text{ ex}}$ ) se utiliza de nuevo el método de UNESA. En este caso, de las tablas se obtiene el valor de  $K_P$ .

$$K_P = 0.0335$$

Para calcular  $U_{P'}$  es necesario calcular previamente la Intensidad de defecto ( $I_d$ ), utilizando la siguiente fórmula:

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_T)^2 + X_n^2}}$$

Donde:

$U$  = Tensión compuesta de servicio de la red = 20000 V

$R_n$  = Resistencia de puesta a tierra del neutro de la red = 0

$R_T$  = Resistencia de puesta a tierra del neutro de la red = 32.94  $\Omega$

$X_n$  = Resistencia de puesta a tierra del neutro de la red = 5.7  $\Omega$

Con estos datos, se obtiene:  $I_d = 345.4 \text{ A}$

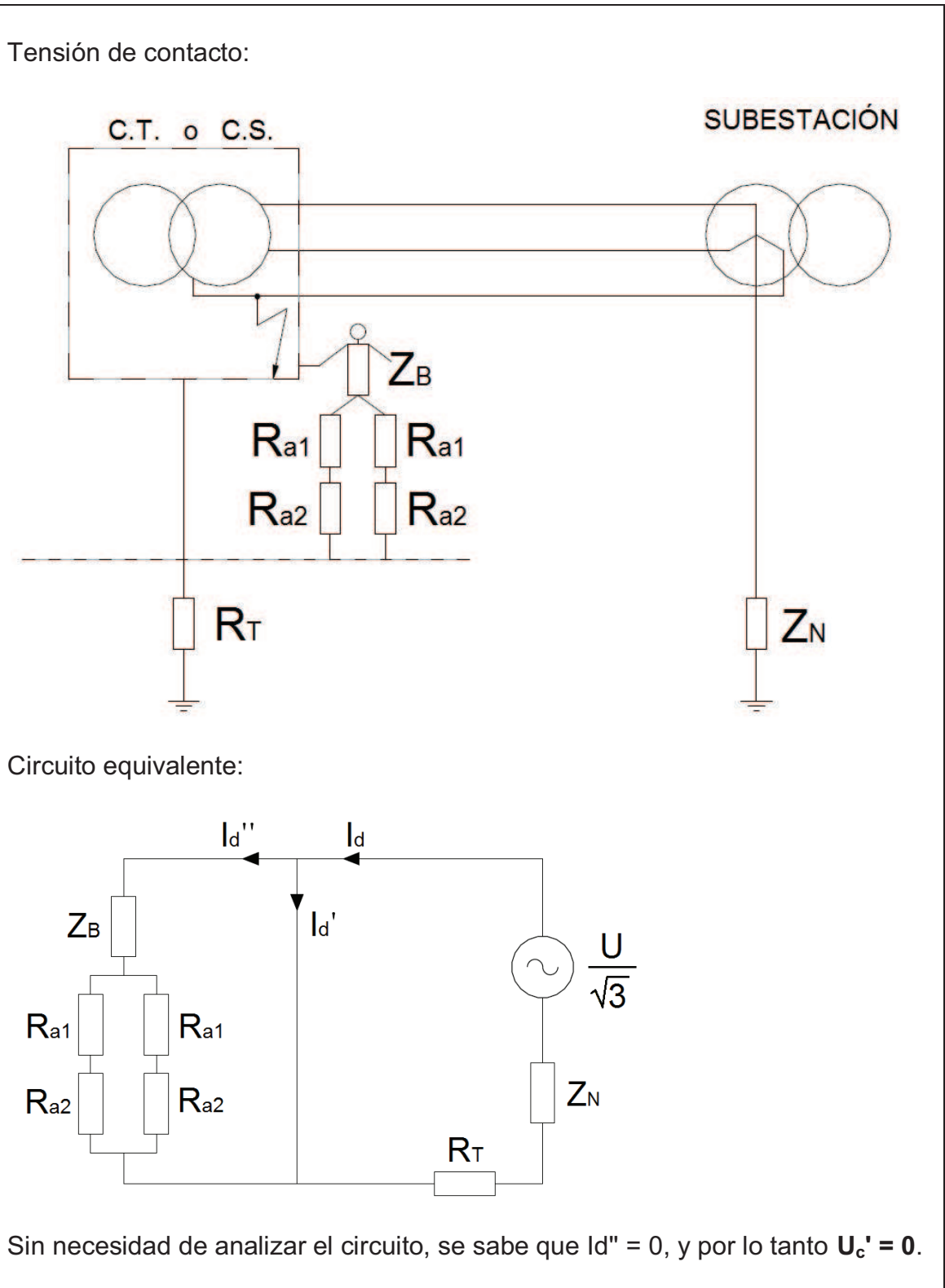
(Se cumplen las condiciones indicadas en el apartado 2)

Una vez hallada la  $I_d$ , se calcula la  $U_{P'}$  de la siguiente forma:

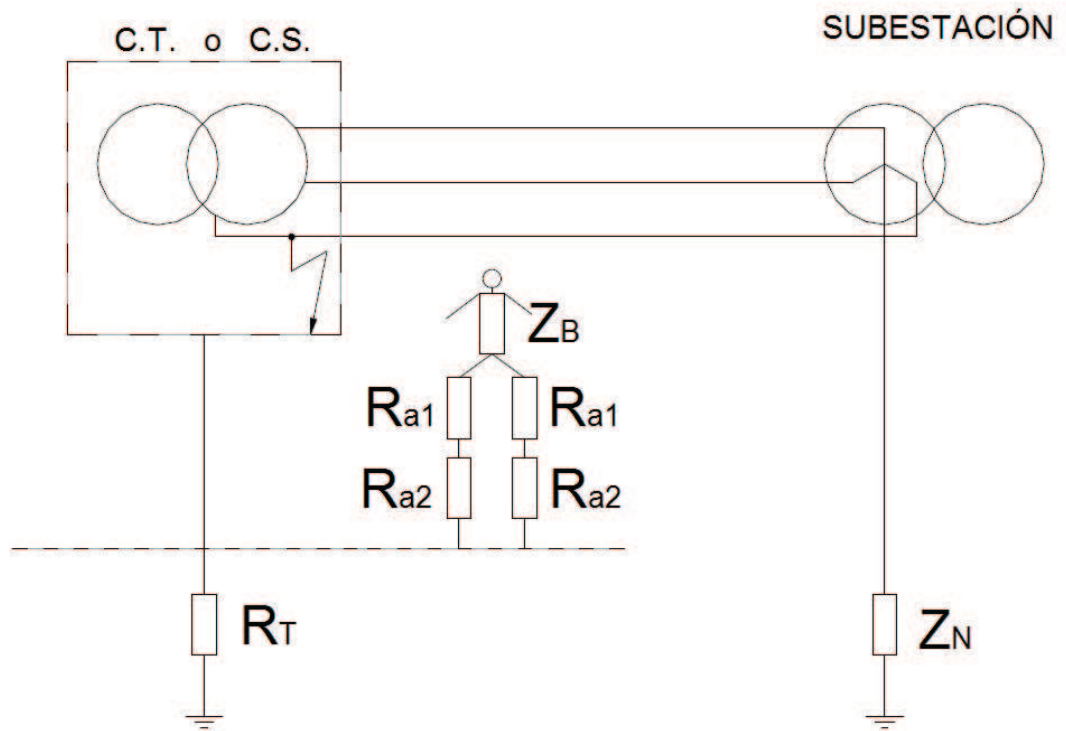
$$U_{P' \text{ ex}} = K_P \cdot \rho_S \cdot I_d = 2823.4 \text{ V}$$

6. Cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación.

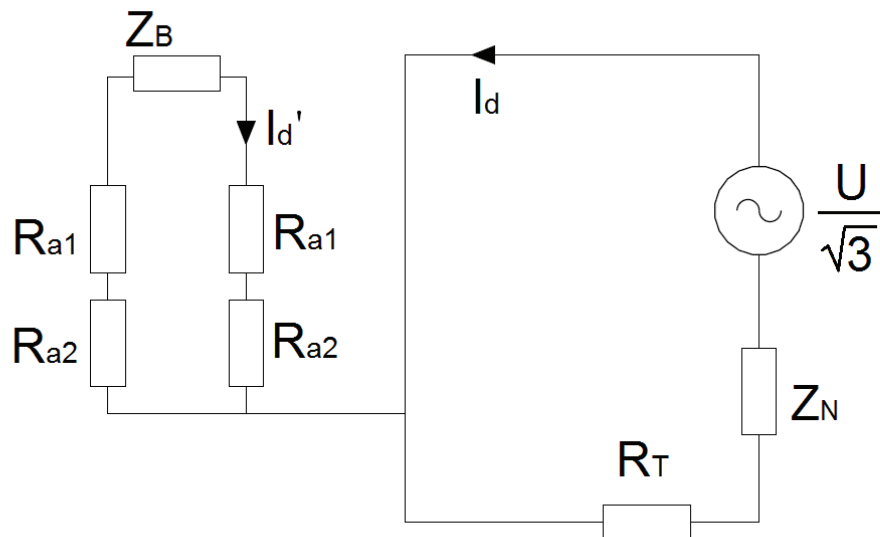
La instalación de la acera perimetral de hormigón con el mallazo electrosoldado invalida las ecuaciones de UNESA para el cálculo de las tensiones de paso y de contacto en el interior. A continuación se muestra la demostración, incluyendo además la tensión de acceso.



Tensión de paso:

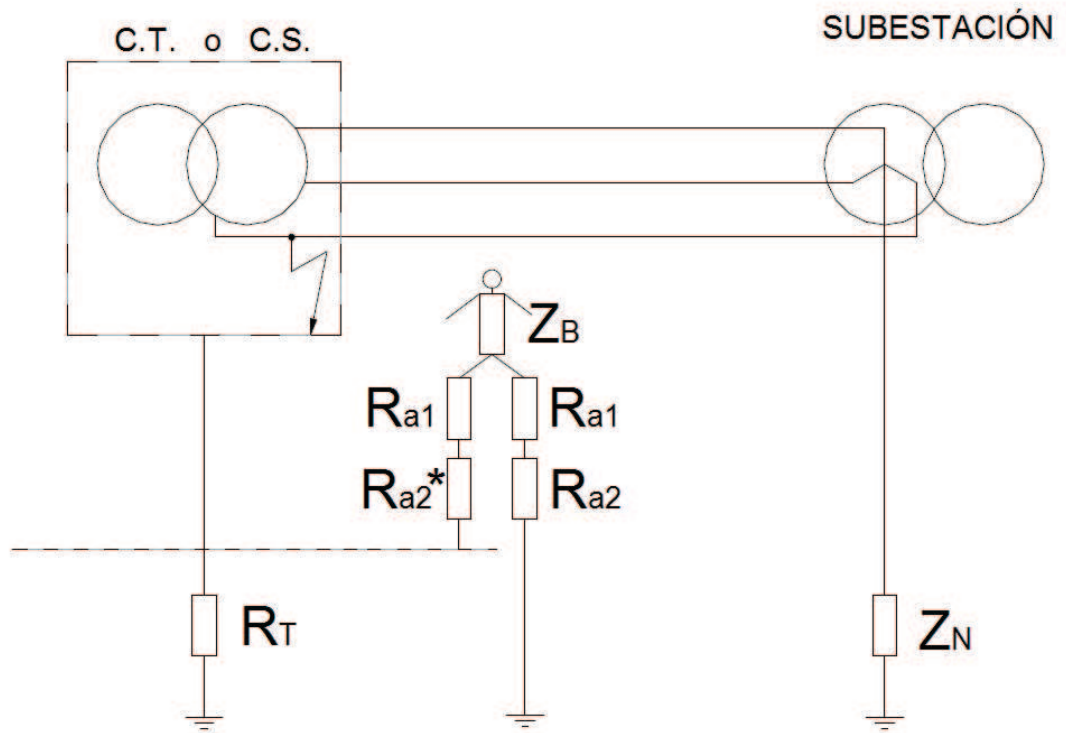


Circuito equivalente:

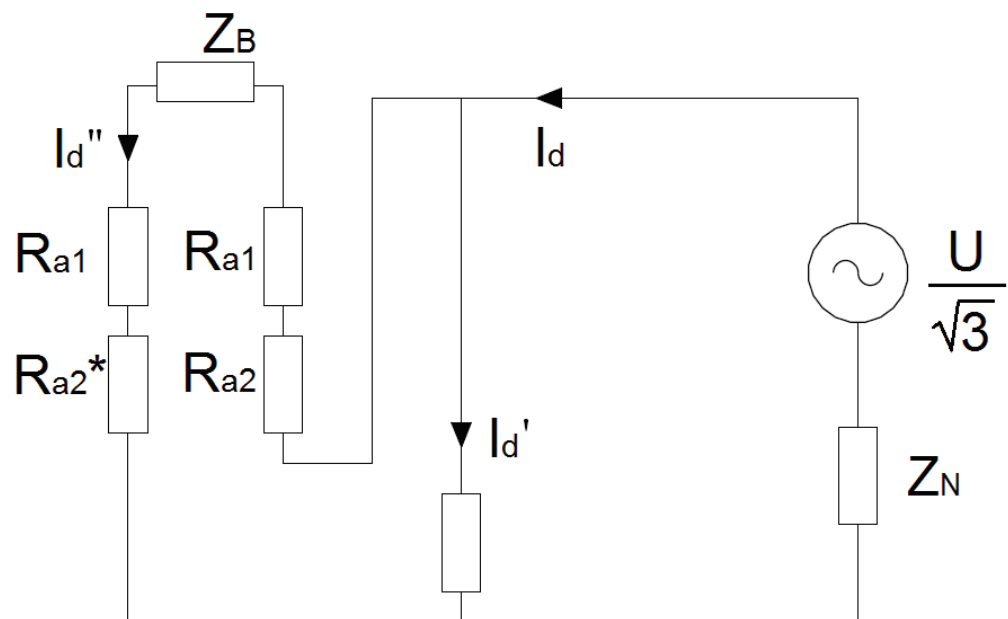


Sin necesidad de analizar el circuito, se sabe que  $I_d' = 0$ , y por lo tanto  $U_p' = 0$ .

Tensión de acceso:



Circuito equivalente:



Resolviendo el circuito, resulta:

$$U_{Acc}' = \frac{R_T \cdot U / \sqrt{3}}{\sqrt{\left( \frac{1}{\frac{1}{R_T} + \frac{1}{R_{a2} * + 2R_{a1} + Z_B + R_{a2}}} \right)^2 + X_n^2}}$$

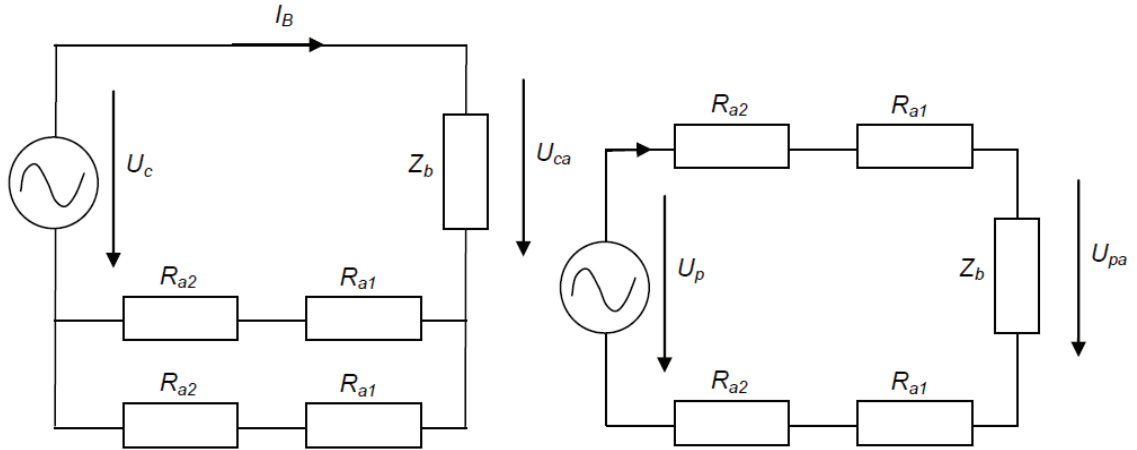
Los datos que se utilizan para resolver la fórmula se muestran y se explican en el siguiente apartado.

El resultado es el siguiente:

$$U_{Acc}' = 11405.9 \text{ V}$$

7. Comprobar que las tensiones de paso y contacto calculadas en los párrafos 5 y 6 son inferiores a los valores máximos definidos por las ecuaciones (1) y (2).

Las ecuaciones (1) y (2), que se encuentran en la ITC-RAT-13, indican las tensiones de contacto y de paso máximas admisibles en la instalación.



$$U_C = U_{ca} \left[ 1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2Z_B} \right] = U_{ca} \left[ 1 + \frac{R_{a1} + 1.5 \rho_S}{1000} \right] \quad (1)$$

$$U_p = U_{pa} \left[ 1 + \frac{2R_{a1} + 2R_{a2}}{Z_B} \right] = 10U_{ca} \left[ 1 + \frac{2R_{a1} + 6\rho_S}{1000} \right] \quad (2)$$

Siendo:

-  $U_{ca}$  es el valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta, se establece en función de la tabla:

Duración de la corriente de falta, $t_f$ (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, $U_{ca}$ (V)
0.05	735
0.10	633
0.20	528
0.30	420
0.40	310
0.50	204
1.00	107
2.00	90
5.00	81
10.00	80
> 10.00	50

- $Z_B$  es la resistencia del cuerpo humano, y se supone que es de  $1000 \Omega$
- $R_{a1}$  es la resistencia equivalente del calzado. Se puede utilizar un valor de  $2000 \Omega$ . Si fuese un lugar donde las personas puedan estar descalzas, esta resistencia se consideraría nula.
- $R_{a2}$  representa la resistencia del punto de contacto entre un pie y el suelo.  $R_{a2} = 3 \cdot \rho_S$ . En los casos en que el terreno se recubra de una capa adicional de elevada resistividad (grava, hormigón, etc.) se multiplicará el valor de la resistividad de la capa de terreno adicional, por un coeficiente reductor. El coeficiente reductor se obtendrá de la expresión siguiente:

$$C_S = 1 - 0,106 \cdot \left( \frac{1 - \frac{\rho}{\rho^*}}{2h_s + 0,106} \right)$$

$C_S$  coeficiente reductor de la resistividad de la capa superficial.  
 $h_s$  espesor de la capa superficial, en metros.  
 $\rho$  resistividad del terreno natural.  
 $\rho^*$  resistividad de la capa superficial.

Para el caso particular que se tiene, se calcula también la tensión de paso de acceso, ya que, como se ha visto en el análisis del apartado anterior, será la única tensión interior que pueda ocasionar peligro. El cálculo se realiza, como se indica en el reglamento, como una tensión de paso en el caso en que los pies están a diferente resistividad:

$$\begin{aligned}
 U_{p\ Acc} &= 10U_{ca} \left[ 1 + \frac{2R_{a1} + 3R_{a2}^* + 3R_{a2}}{1000} \right] = \\
 &= 10U_{ca} \left[ 1 + \frac{2R_{a1} + 3\rho_S + 3\rho}{1000} \right] \quad (3)
 \end{aligned}$$

Los datos que se tienen son los siguientes:

- Suponiendo una situación desfavorable, se ha tomado un tiempo de duración de falta de 0.5 s, por lo que, según la tabla,  $U_{ca} = 204 \text{ V}$
- Resistividad del terreno natural:  $\rho = 244 \Omega \cdot \text{m}$
- Resistividad de la capa superficial:  $\rho^* = 3000 \Omega \cdot \text{m}$  (hormigón)
- Resistividad aplicando  $C_S$  (capa de hormigón de 0.2 m):  $\rho_S = 2422.65 \Omega \cdot \text{m}$
- No se suponen personas descalzas, por lo tanto:  $R_{a1} = 2000 \Omega$
- $R_{a2}^* = 3 \cdot \rho_S = 2422.65 \Omega$

Con estos datos, las tensiones que se obtienen son:

$$U_{p_{ex}} = 13186.6 \text{ V}$$

$$U_c = 1149.3 \text{ V}$$

$$U_p = 39853.3 \text{ V}$$

$$U_{p_{Acc}} = 26519.9 \text{ V}$$

Comparación de las tensiones calculadas con las máximas admisibles:

	TENSIÓN EXISTENTE (V)	TENSIÓN MÁXIMA ADMISIBLE (V)	
Tensión de paso exterior ( $U_{P_{ex}}$ )	2823.4	13186.6	Cumple
Tensión contacto interior ( $U_c$ )	0	1149.3	Cumple
Tensión de paso interior ( $U_p$ )	0	39853.3	Cumple
Tensión acceso al interior ( $U_{p_{Acc}}$ )	11405.9	26519.9	Cumple

8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior por tuberías, raíles, vallas, conductores de neutro, pantallas o armaduras de cables, circuitos de señalización y de los puntos especialmente peligrosos, y estudio de las formas de eliminación o reducción.

No se han detectado posibles tensiones transferibles al exterior.

9. Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo.

Se cumplen todas las condiciones de seguridad, por lo que el sistema propuesto se establece como definitivo.



**B. CÁLCULO DE SECCIONES**

Hoja de cálculo para la elección de las secciones de cable adecuadas. Vista final.

	CIRCUITO	TIPO	Fase	P (W)	I máx (A)	I prot (A)	s (mm <sup>2</sup> )	L (m)	ΔV (%)
DER VACIONES	Trafo - CBT	TRIF	RST	629256,4	1212,44	1600	<b>1800</b>	2	0,014
	Grupo - C_GEN	TRIF	RST	374557,1	721,69	800	<b>900</b>	10	0,069
	CBT - C_GEN	TRIF	RST	629256,4	1212,44	1250	<b>1500</b>	11	0,071
	CG - C_Grupo	TRIF	RST	386572,5	744,841	800	<b>900</b>	10	0,069
	CG - C_SAI	TRIF	RST	40181,0	77,42	80	<b>95</b>	11	0,072
	CG - C_ALU_Norte_Izq	TRIF	RST	72717,6	140,111	160	<b>95</b>	3	0,039
	CG - C_ALU_Norte_Der	TRIF	RST	77344,5	149,026	160	<b>95</b>	4	0,052
	CG - C_ALU_Sur_Izq	TRIF	RST	112967,1	217,663	250	<b>150</b>	5	0,064
	CG - C_ALU_Sur_Der	TRIF	RST	126810,9	244,337	250	<b>150</b>	6	0,077
	CG - C_Vent	TRIF	RST	396464,1	763,900	800	<b>900</b>	3	0,021
C_GEN	Fuerza	MONO	T	3000	4,81	16	<b>2,5</b>	12	1,277
	Armarios	MONO	S	1000	4,83	10	<b>1,5</b>	10	1,120
	Grupo	MONO	R	3000	8,33	10	<b>1,5</b>	10	1,120
C_Vent	Vent_Norte_1	TRIF	RST	30000	77,32	80	<b>25</b>	239	6,019
	Vent_Norte_2	TRIF	RST	30000	77,32	80	<b>25</b>	251	6,316
	Vent_Norte_3	TRIF	RST	30000	77,32	80	<b>25</b>	89	2,307
	Vent_Norte_4	TRIF	RST	30000	77,32	80	<b>25</b>	101	2,604
	Vent_Norte_5	TRIF	RST	30000	77,32	80	<b>25</b>	89	2,307
	Vent_Norte_6	TRIF	RST	30000	77,32	80	<b>25</b>	101	2,604
	Vent_Norte_7	TRIF	RST	30000	77,32	80	<b>25</b>	239	6,019
	Vent_Norte_8	TRIF	RST	30000	77,32	80	<b>25</b>	251	6,316
	Vent_Sur_1	TRIF	RST	37000	95,37	100	<b>35</b>	240	5,407
	Vent_Sur_2	TRIF	RST	37000	95,37	100	<b>35</b>	254	5,717
	Vent_Sur_3	TRIF	RST	37000	95,37	100	<b>35</b>	90	2,094
	Vent_Sur_4	TRIF	RST	37000	95,37	100	<b>35</b>	104	2,403
	Vent_Sur_5	TRIF	RST	37000	95,37	100	<b>35</b>	90	2,094
	Vent_Sur_6	TRIF	RST	37000	95,37	100	<b>35</b>	104	2,403
	Vent_Sur_7	TRIF	RST	37000	95,37	100	<b>35</b>	240	5,407
	Vent_Sur_8	TRIF	RST	37000	95,37	100	<b>35</b>	254	5,717
C_SAI	ALU_Emerg_N_1	MONO	R	45 x 45	9,78	10	<b>16</b>	314	3,272
	ALU_Emerg_N_2	MONO	S	45 x 45	9,78	10	<b>16</b>	326	3,389
	ALU_Emerg_N_3	MONO	R	149 x 45	32,39	40	<b>25</b>	114	3,057
	ALU_Emerg_N_4	MONO	S	149 x 45	32,39	40	<b>25</b>	120	3,206

	ALU_Emerg_N_5	MONO	T	45 x 45	9,78	10	<b>16</b>	314	3,272
	ALU_Emerg_N_6	MONO	R	45 x 45	9,78	10	<b>16</b>	326	3,389
	ALU_Emerg_S_1	MONO	S	45 x 45	9,78	10	<b>16</b>	324	3,369
	ALU_Emerg_S_2	MONO	T	45 x 45	9,78	10	<b>16</b>	336	3,486
	ALU_Emerg_S_3	MONO	T	81 x 45	17,61	20	<b>10</b>	124	4,076
	ALU_Emerg_S_4	MONO	T	81 x 45	17,61	20	<b>10</b>	136	4,449
	ALU_Emerg_S_5	MONO	S	45 x 45	9,78	10	<b>16</b>	324	3,369
	ALU_Emerg_S_6	MONO	T	45 x 45	9,78	10	<b>16</b>	336	3,486
	Fuente_Detect	TRIF	RST	830	1,20	10	<b>1,5</b>	10	0,740
	Control	MONO	R	3030	14,64	16	<b>2,5</b>	10	1,219
	Señaliz_Panel	MONO	S	2612	12,62	16	<b>16</b>	350	5,660
	Señaliz_Lum	MONO	T	117	0,57	10	<b>10</b>	350	5,660
	ALU_INT	MONO	T	1476	7,13	10	<b>16</b>	350	3,622
	Barreras	TRIF	RST	720	1,03	10	<b>6</b>	350	4,736
C_GRUPO	Bat_Cond	TRIF	RST	(300 kVAr)	649,52	700	<b>900</b>	10	0,213
	Ext_Norte_1	TRIF	RST	37000	95,37	100	<b>35</b>	30	0,816
	Ext_Norte_2	TRIF	RST	37000	95,37	100	<b>35</b>	30	0,816
	Ext_Norte_3	TRIF	RST	37000	95,37	100	<b>35</b>	30	0,816
	Ext_Norte_4	TRIF	RST	37000	95,37	100	<b>35</b>	30	0,816
	Ext_Sur_1	TRIF	RST	37000	95,37	100	<b>35</b>	40	1,037
	Ext_Sur_2	TRIF	RST	37000	95,37	100	<b>35</b>	40	1,037
	Ext_Sur_3	TRIF	RST	37000	95,37	100	<b>35</b>	40	1,037
	Ext_Sur_4	TRIF	RST	37000	95,37	100	<b>35</b>	40	1,037
C_ALU_NORTE_Izq	ALU_Nor_Izq_1	MONO	R	11 x 433	37,279	40	<b>50</b>	330	4,223
	ALU_Nor_Izq_2	MONO	S	11 x 433	37,279	40	<b>50</b>	330	4,223
	ALU_Nor_Izq_3	MONO	T	11 x 433	37,279	40	<b>50</b>	330	4,223
	ALU_Nor_Izq_4	MONO	R	11 x 433	37,279	40	<b>50</b>	330	4,223
	ALU_Nor_Izq_5	MONO	S	11 x 433	37,279	40	<b>50</b>	330	4,223
	ALU_Nor_Izq_6	MONO	T	4 x 433	13,556	16	<b>25</b>	330	3,403
	ALU_Nor_Izq_7	MONO	R	11 x 433	37,279	40	<b>50</b>	330	4,223
	ALU_Nor_Izq_8	MONO	S	9 x 433	30,501	32	<b>50</b>	330	3,403
	ALU_Nor_Izq_9	MONO	S	5 x 433	16,945	20	<b>25</b>	330	4,223
	ALU_Nor_Izq_10	MONO	S	2 x 433	6,778	10	<b>16</b>	330	3,326
	ALU_Nor_Izq_11	MONO	T	24 x 166	19,248	20	<b>16</b>	210	4,200
	ALU_Nor_Izq_12	MONO	R	9 x 166	7,218	10	<b>10</b>	210	3,385
	ALU_Nor_Izq_13	MONO	R	3 x 166	2,406	10	<b>10</b>	210	3,385
	ALU_Nor_Izq_14	MONO	S	11 x 92	4,895	10	<b>10</b>	170	2,763
	ALU_Nor_Izq_15	MONO	R	4 x 92	1,78	10	<b>10</b>	170	2,763
	ALU_Nor_Izq_16	MONO	S	2 x 92	0,89	10	<b>10</b>	170	2,763
	ALU_Nor_Izq_17	MONO	R	15 x 92	6,675	10	<b>6</b>	150	4,006

	ALU_Nor_Izq_18	MONO	T	6 x 92	2,67	10	<b>6</b>	150	4,006
	ALU_Nor_Izq_19	MONO	R	3 x 92	1,335	10	<b>6</b>	150	4,006
	ALU_Nor_Izq_20	MONO	S	22 x 52	5,544	10	<b>4</b>	110	4,394
	ALU_Nor_Izq_21	MONO	T	9 x 52	2,268	10	<b>4</b>	110	4,394
	ALU_Nor_Izq_22	MONO	R	6 x 52	1,512	10	<b>4</b>	110	4,394
	ALU_Nor_Izq_23	MONO	R	25 x 52	6,3	10	<b>16</b>	330	3,326
C_ALU_NORTE_Der	ALU_Nor_Der_1	MONO	R	11 x 433	37,279	40	<b>50</b>	327	4,199
	ALU_Nor_Der_2	MONO	S	11 x 433	37,279	40	<b>50</b>	327	4,199
	ALU_Nor_Der_3	MONO	T	11 x 433	37,279	40	<b>50</b>	327	4,199
	ALU_Nor_Der_4	MONO	R	11 x 433	37,279	40	<b>50</b>	327	4,199
	ALU_Nor_Der_5	MONO	S	11 x 433	37,279	40	<b>50</b>	327	4,199
	ALU_Nor_Der_6	MONO	T	4 x 433	13,556	16	<b>25</b>	327	3,386
	ALU_Nor_Der_7	MONO	T	11 x 433	37,279	40	<b>50</b>	327	4,199
	ALU_Nor_Der_8	MONO	S	9 x 433	30,501	32	<b>50</b>	327	3,386
	ALU_Nor_Der_9	MONO	T	5 x 433	16,945	20	<b>25</b>	327	4,199
	ALU_Nor_Der_10	MONO	T	2 x 433	6,778	10	<b>16</b>	327	3,310
	ALU_Nor_Der_11	MONO	T	24 x 166	19,248	20	<b>16</b>	207	4,155
	ALU_Nor_Der_12	MONO	T	9 x 166	7,218	10	<b>10</b>	207	3,351
	ALU_Nor_Der_13	MONO	R	3 x 166	2,406	10	<b>10</b>	207	3,351
	ALU_Nor_Der_14	MONO	T	11 x 92	4,895	10	<b>10</b>	167	2,730
	ALU_Nor_Der_15	MONO	R	4 x 92	1,78	10	<b>10</b>	167	2,730
	ALU_Nor_Der_16	MONO	T	2 x 92	0,89	10	<b>10</b>	167	2,730
	ALU_Nor_Der_17	MONO	R	15 x 92	6,675	10	<b>6</b>	147	3,941
	ALU_Nor_Der_18	MONO	T	6 x 92	2,67	10	<b>6</b>	147	3,941
	ALU_Nor_Der_19	MONO	R	3 x 92	1,335	10	<b>6</b>	147	3,941
	ALU_Nor_Der_20	MONO	S	22 x 52	5,544	10	<b>4</b>	107	4,290
	ALU_Nor_Der_21	MONO	T	9 x 52	2,268	10	<b>4</b>	107	4,290
	ALU_Nor_Der_22	MONO	R	6 x 52	1,512	10	<b>4</b>	107	4,290
	ALU_Nor_Der_23	MONO	R	25 x 52	6,3	10	<b>16</b>	327	3,310
C_ALU_SUR_Izq	ALU_Sur_Izq_1	MONO	R	9 x 433	30,501	32	<b>50</b>	330	3,429
	ALU_Sur_Izq_2	MONO	S	9 x 433	30,501	32	<b>50</b>	330	3,429
	ALU_Sur_Izq_3	MONO	T	9 x 433	30,501	32	<b>50</b>	330	3,429
	ALU_Sur_Izq_4	MONO	R	9 x 433	30,501	32	<b>50</b>	330	3,429
	ALU_Sur_Izq_5	MONO	S	9 x 433	30,501	32	<b>50</b>	330	3,429
	ALU_Sur_Izq_6	MONO	T	9 x 433	30,501	32	<b>50</b>	330	3,429
	ALU_Sur_Izq_7	MONO	R	9 x 433	30,501	32	<b>50</b>	330	3,429
	ALU_Sur_Izq_8	MONO	R	9 x 433	30,501	32	<b>50</b>	330	3,429
	ALU_Sur_Izq_9	MONO	S	8 x 433	27,112	32	<b>50</b>	330	3,429
	ALU_Sur_Izq_10	MONO	R	9 x 433	30,501	32	<b>50</b>	330	3,429
	ALU_Sur_Izq_11	MONO	R	9 x 433	30,501	32	<b>50</b>	330	3,429

	ALU_Sur_Izq_12	MONO	S	9 x 433	30,501	32	<b>50</b>	330	3,429
	ALU_Sur_Izq_13	MONO	R	5 x 433	16,945	20	<b>25</b>	330	4,248
	ALU_Sur_Izq_14	MONO	R	2 x 433	6,778	10	<b>16</b>	330	3,352
	ALU_Sur_Izq_15	MONO	T	11 x 433	37,279	40	<b>35</b>	210	3,876
	ALU_Sur_Izq_16	MONO	S	8 x 433	27,112	32	<b>25</b>	210	4,323
	ALU_Sur_Izq_17	MONO	S	8 x 433	27,112	32	<b>25</b>	210	4,323
	ALU_Sur_Izq_18	MONO	T	3 x 433	10,167	16	<b>16</b>	210	3,410
	ALU_Sur_Izq_19	MONO	S	9 x 166	7,218	10	<b>10</b>	170	2,789
	ALU_Sur_Izq_20	MONO	R	4 x 166	3,208	10	<b>10</b>	170	2,789
	ALU_Sur_Izq_21	MONO	T	1 x 166	0,802	10	<b>10</b>	170	2,789
	ALU_Sur_Izq_22	MONO	S	24 x 92	10,68	16	<b>10</b>	150	3,876
	ALU_Sur_Izq_23	MONO	R	10 x 92	4,45	10	<b>10</b>	150	2,478
	ALU_Sur_Izq_24	MONO	S	4 x 92	1,78	10	<b>10</b>	150	2,478
	ALU_Sur_Izq_25	MONO	T	29 x 52	7,308	10	<b>4</b>	100	4,031
	ALU_Sur_Izq_26	MONO	R	13 x 52	3,276	10	<b>4</b>	100	4,031
	ALU_Sur_Izq_27	MONO	S	9 x 52	2,268	10	<b>4</b>	100	4,031
	ALU_Sur_Izq_28	MONO	S	17 x 92	7,565	10	<b>16</b>	330	3,352
C_ALU_SUR_Der	ALU_Sur_Der_1	MONO	R	9 x 433	30,501	32	<b>50</b>	327	3,412
	ALU_Sur_Der_2	MONO	T	9 x 433	30,501	32	<b>50</b>	327	3,412
	ALU_Sur_Der_3	MONO	S	9 x 433	30,501	32	<b>50</b>	327	3,412
	ALU_Sur_Der_4	MONO	R	9 x 433	30,501	32	<b>50</b>	327	3,412
	ALU_Sur_Der_5	MONO	S	9 x 433	30,501	32	<b>50</b>	327	3,412
	ALU_Sur_Der_6	MONO	T	9 x 433	30,501	32	<b>50</b>	327	3,412
	ALU_Sur_Der_7	MONO	R	9 x 433	30,501	32	<b>50</b>	327	3,412
	ALU_Sur_Der_8	MONO	R	9 x 433	30,501	32	<b>50</b>	327	3,412
	ALU_Sur_Der_9	MONO	T	8 x 433	27,112	32	<b>50</b>	327	3,412
	ALU_Sur_Der_10	MONO	S	9 x 433	30,501	32	<b>50</b>	327	3,412
	ALU_Sur_Der_11	MONO	T	9 x 433	30,501	32	<b>50</b>	327	3,412
	ALU_Sur_Der_12	MONO	T	9 x 433	30,501	32	<b>50</b>	327	3,412
	ALU_Sur_Der_13	MONO	S	5 x 433	16,945	20	<b>25</b>	327	4,224
	ALU_Sur_Der_14	MONO	R	2 x 433	6,778	10	<b>16</b>	327	3,335
	ALU_Sur_Der_15	MONO	T	11 x 433	37,279	40	<b>35</b>	207	3,835
	ALU_Sur_Der_16	MONO	S	8 x 433	27,112	32	<b>25</b>	207	4,276
	ALU_Sur_Der_17	MONO	T	8 x 433	27,112	32	<b>25</b>	207	4,276
	ALU_Sur_Der_18	MONO	T	3 x 433	10,167	16	<b>16</b>	207	3,376
	ALU_Sur_Der_19	MONO	S	9 x 166	7,218	10	<b>10</b>	167	2,755
	ALU_Sur_Der_20	MONO	T	4 x 166	3,208	10	<b>10</b>	167	2,755
	ALU_Sur_Der_21	MONO	T	1 x 166	0,802	10	<b>10</b>	167	2,755
	ALU_Sur_Der_22	MONO	S	24 x 92	10,68	16	<b>10</b>	147	3,814
	ALU_Sur_Der_23	MONO	R	10 x 92	4,45	10	<b>10</b>	147	2,445

ALU_Sur_Der_24	MONO	T	4 x 92	1,78	10	<b>10</b>	147	2,445
ALU_Sur_Der_25	MONO	T	29 x 52	7,308	10	<b>4</b>	97	3,927
ALU_Sur_Der_26	MONO	R	13 x 52	3,276	10	<b>4</b>	97	3,927
ALU_Sur_Der_27	MONO	S	9 x 52	2,268	10	<b>4</b>	97	3,927
ALU_Sur_Der_28	MONO	T	17 x 92	7,565	10	<b>16</b>	327	3,335

### C. CÁLCULO DEL NÚMERO Y DISTRIBUCIÓN DE DETECTORES DE CALOR, DE HUMO Y DE GASES CONTAMINANTES.

#### 1. Detectores de calor:

NORMATIVA: UNE 23007-14:1996

**A.6.5.2.1.1 Distribución de los detectores de calor.** La cantidad de detectores de calor deberá determinarse de forma que la superficie vigilada por un detector no rebase los valores  $S_v$  que se indican en la Tabla A.1.

Los detectores de calor deberán distribuirse de forma tal que ningún punto del techo o de la cubierta quede situado a una distancia horizontal de un detector superior a los valores  $S_{m\acute{a}x}$  indicados en la tabla A.1.

Tabla A.1

Superficie del local ( $S_L$ )	Altura del local (h)	Superficie máxima de vigilancia ( $S_v$ ) y Distancia máxima entre detectores ( $S_{m\acute{a}x}$ )					
		INCLINACIÓN DEL TECHO					
		$i < 15^\circ$		$15^\circ < i < 30^\circ$		$i > 30^\circ$	
		PENDIENTE DEL TECHO					
		$p \leq 0,2679$		$0,2679 < p \leq 0,5774$		$p > 0,5774$	
$m^2$	m	$S_v$ ( $m^2$ )	$S_{m\acute{a}x}$ (m)	$S_v$ ( $m^2$ )	$S_{m\acute{a}x}$ (m)	$S_v$ ( $m^2$ )	$S_{m\acute{a}x}$ (m)
$S_L \leq 30$	Cat. 1 $\rightarrow$ 7,5 Cat. 2 $\rightarrow$ 6,0 Cat. 3 $\rightarrow$ 4,5	30	7,90	30	9,20	30	10,60
$S_L > 30$	Cat. 1 $\rightarrow$ 7,5 Cat. 2 $\rightarrow$ 6,0 Cat. 3 $\rightarrow$ 4,5	20	6,50	30	9,20	40	12,20

DATOS DEL LOCAL (comunes para ambos túneles):

- Superficie del local  $> 30 m^2$
- Altura  $> 7.5 m$
- Inclinación: al ser circular, se ha tomado la decisión de justificarla como  $i > 30^\circ$  (detalle en la figura de la página siguiente).

VALORES OBTENIDOS DE LA TABLA:

- $S_v = 40m^2$
- $S_{m\acute{a}x} = 12, 2 m$

CÁLCULO:

- Número mínimo de detectores:

$$N^{\circ} \text{ mín} = \text{Sup. Local} / S_v$$

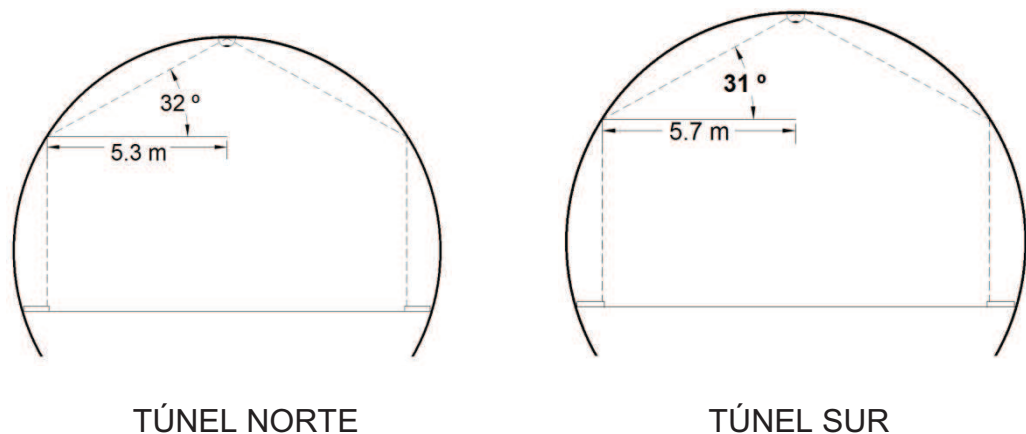
$$N^{\circ} \text{ mín NORTE} = (600 \text{ m} \cdot 12 \text{ m}) / 40 \text{ m}^2 = 180 \text{ detectores.}$$

$$N^{\circ} \text{ mín SUR} = (600 \text{ m} \cdot 14 \text{ m}) / 40 \text{ m}^2 = 210 \text{ detectores.}$$

- Separación máxima entre un punto del techo y un detector:

Como el calor (el aire caliente) tiende a subir hacia arriba por diferencia de densidades, los detectores se situarán en la parte más alta del túnel. Se colocarán en hilera uno detrás de otro.

Por lo tanto, la distancia horizontal máxima entre un punto de la cubierta y un detector será, como se demuestra en la siguiente figura, de 6.1 m para el Túnel Norte y 6.5 m para el Túnel Sur, muy inferiores a los 12.2 m ( $S_v$ ).



TÚNEL NORTE

TÚNEL SUR

SOLUCIÓN ADOPTADA:

	Túnel NORTE		Túnel SUR	
Detector TÉRMICO	Detector cada:	3.30	Detector cada:	2.85
	Nº DETECTORES:	182	Nº DETECTORES:	211

Los detectores se instalarán, como ya se ha dicho, en la parte alta del túnel, salvo una excepción: en el Túnel Sur, los detectores que deberían ir colocados en el centro del túnel, coinciden con la posición del pozo de extracción, por lo que se desviarán 1.6 m hacia el lado interior del túnel. En el caso del Túnel Sur, la posición de los detectores coincide justo a los lados del pozo de extracción.

(Véase con mayor detalle en los planos).



2. Detectores de humo:NORMATIVA: UNE 23007-14:1996

**A.6.5.2.1.2 Distribución de los detectores de humo.** La cantidad de detectores de humo deberá determinarse de forma que la superficie vigilada de un detector no rebase los valores  $S_V$  que se indican en la tabla A.2.

Los detectores de humo deberán distribuirse de forma tal que ningún punto del techo de la cubierta quede situado a una distancia horizontal de un detector superior a los valores  $S_{m\acute{a}x}$  indicado en la tabla A.2.

Tabla A.2

Superficie del local ( $S_L$ )	Altura del local (h)	Superficie máxima de vigilancia ( $S_V$ ) y Distancia máxima entre detectores ( $S_{m\acute{a}x}$ )					
		INCLINACIÓN DEL TECHO					
		$i < 15^\circ$		$15^\circ < i < 30^\circ$		$i > 30^\circ$	
		PENDIENTE DEL TECHO					
		$p \leq 0,2679$		$0,2679 < p \leq 0,5774$		$p > 0,5774$	
$m^2$	m	$S_V (m^2)$	$S_{m\acute{a}x} (m)$	$S_V (m^2)$	$S_{m\acute{a}x} (m)$	$S_V (m^2)$	$S_{m\acute{a}x} (m)$
$S_L \leq 80$	$h \leq 12$	80	11,40	80	13,00	80	15,10
$S_L > 80$	$h \leq 6$	60	9,90	80	13,00	100	17,00
	$6 < h \leq 12$	80	11,40	100	14,40	120	18,70

DATOS DEL LOCAL (comunes para ambos túneles):

- Superficie del local  $> 80 m^2$
- Altura:  $6 < h \leq 12 m$
- Inclinación:  $i > 30^\circ$  (igual que para los detectores de calor).

VALORES OBTENIDOS DE LA TABLA:

- $S_V = 120 m^2$
- $S_{m\acute{a}x} = 18.70 m$



CÁLCULO:

- Número mínimo de detectores:

$$N^{\circ} \text{ mín} = \text{Sup. Local} / S_v$$

$$N^{\circ} \text{ mín NORTE} = (600 \text{ m} \cdot 12 \text{ m}) / 120 \text{ m}^2 = 60 \text{ detectores.}$$

$$N^{\circ} \text{ mín SUR} = (600 \text{ m} \cdot 14 \text{ m}) / 120 \text{ m}^2 = 70 \text{ detectores.}$$

- Separación máxima entre un punto del techo y un detector:

Justificación idéntica que para el cálculo de los sensores de calor.

En este caso, las distancias horizontales máximas son las mismas (5.3 m para el Túnel Norte y 5.7 m para el Túnel Sur), y siendo inferiores a la máxima admitida ( $S_v = 18.7 \text{ m}$ ).

SOLUCIÓN ADOPTADA:

	Túnel NORTE		Túnel SUR	
Detector HUMO	Detector cada:	9.90	Detector cada:	8.55
	Nº DETECTORES:	61	Nº DETECTORES:	71

Se instalarán junto a los detectores de calor. Cada tres detectores de calor, un detector de humo.

(Véase con mayor detalle en los planos).

3. Detectores de gases contaminantes (CO, NOx):NORMATIVA:

No existe normativa alguna sobre la colocación de detectores de CO-NOx. El cálculo y la distribución de este tipo de detectores se ha realizado según la siguiente recomendación del fabricante:

*"En locales de altura inferior a 15 m, se recomienda una distribución de los detectores de forma que cubran un área circular no superior a 200 m<sup>2</sup>, siendo la máxima distancia entre detectores el radio de esta superficie multiplicado por dos".*

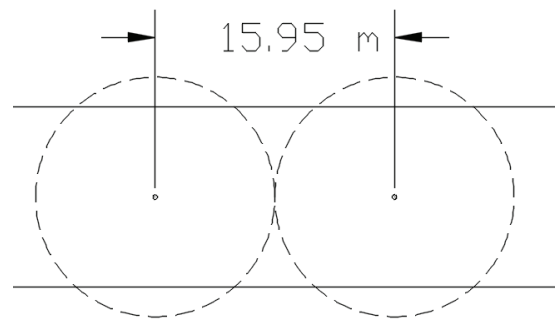
DATOS DEL LOCAL (comunes para ambos túneles):

Como ya se ha dicho, la altura de los túneles es inferior a 15 m.

CÁLCULO:

Distancia mínima entre sensores (D mín):

$$D \text{ mín} = 2 \cdot \sqrt{(200 \text{ m}^2 / \pi)} = 15.95 \text{ m}$$

SOLUCIÓN ADOPTADA:

	Túnel NORTE		Túnel SUR	
Detector CO-NOx	Detector cada:	13.20	Detector cada:	14.25
	Nº DETECTORES:	46	Nº DETECTORES:	43

También se instalarán junto a los detectores de calor.

- En Túnel Norte: cada cuatro detectores de calor, un detector de CO-NOx.
- En Túnel Sur: cada cinco detectores de calor, un detector de CO-NOx.

(Véase con mayor detalle en los planos).

**D. CONCLUSIÓN Y FIRMA**

Se concluye este anejo, asumiendo el proyectista toda la responsabilidad sobre el mismo. Y para que conste a los efectos oportunos, así lo firma:

Fdo.: Jesús Gómez García

En Béjar, a 4 de septiembre de 2015

## VIII. PLIEGO DE CONDICIONES



## ÍNDICE

A. Pliego de condiciones generales .....	1
a. Normativa a aplicar .....	1
b. Replanteo de la obra .....	1
c. Características y obligaciones del contratista .....	2
d. Control de la obra y Libro de órdenes .....	2
e. Aceptaciones parciales y certificaciones periódicas .....	3
f. Recepción de la instalación .....	3
B. Pliego de condiciones particulares .....	5
a. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones de media tensión.....	7
b. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones de baja tensión.....	9
c. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de la instalación de ventilación y extracción .....	8
d. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de la instalación de alumbrado interior .....	10
C. Conclusión y firma .....	11

## **A. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES**

### **a. Normativa a aplicar**

Se ha redactado este pliego de condiciones para las instalaciones del proyecto al que pertenece, aunque se deberá tener en cuenta que sobre el presente pliego prevalecerán las siguientes normativas:

- Ley de Contratos del Sector Público y su normativa de desarrollo.
- Normativa sobre Riesgos laborales.
- La normativa técnica de carácter general y particular, incluyendo normas UNE en vigor.

Tanto el Promotor, el Contratista, y en especial la Dirección Facultativa deberán estar al corriente de la normativa vigente.

### **b. Replanteo de la obra**

El contratista deberá levantar un Acta de Replanteo, donde hará constar expresamente que se ha aprobado, a plena satisfacción suya, la completa correspondencia en planta y cotas relativas, entre la situación de las señales fijas que se han construido en el terreno y las homólogas indicadas en los planos, donde están referidas las obras proyectadas para poder determinar perfectamente cualquier parte de la obra proyectada de acuerdo con los planos que figuran en el proyecto sin que se ofrezca ninguna duda sobre su interpretación.

En el caso de que las señales construidas en el terreno no existan o no sean suficientes para determinar alguna parte de la obra, la Propiedad establecerá a su cargo por medio de la Dirección Facultativa, las que se precisen para que pueda tramitarse y será aprobada el Acta.

Una vez firmada el Acta por ambas partes, el Contratista quedará obligado a replantear por sí las partes de la obra según precise para su construcción, de acuerdo con los datos de los planos o los que le proporcione la Dirección Facultativa en caso de modificaciones aprobadas o dispuestas por el Contratante. Para ello fijará en el terreno, además de las ya existentes, las señales y dispositivos necesarios para que quede perfectamente marcado el replanteo parcial de la obra a ejecutar.

La dirección Facultativas, por sí o por el personal a sus órdenes, puede realizar todas las comprobaciones que estime oportunas sobre los replanteos parciales. También podrá, si así lo estima conveniente, replantear directamente con asistencia del Contratista las partes de la obra que desee, así como introducir modificaciones precisas en los datos de replanteo general del proyecto. Si

alguna de las partes lo estima necesario, se levantará acta de estos replanteos parciales y obligatoriamente en las modificaciones del replanteo general.

Todos los gastos de replanteo general, así como los que ocasionen las verificaciones de los replanteos parciales, serán por cuenta del Contratista. Los gastos de replanteo originados por cualquier variación debida a iniciativa del Contratante serán sufragados por él.

### **c. Características y obligaciones del contratista**

El contratista deberá conocer suficientemente las condiciones del entorno de las obras, de los materiales utilizables y de todas las circunstancias que puedan influir en la ejecución y en el coste de las obras, sabiendo que no tendrá derecho a eludir sus responsabilidades ni a formular reclamación alguna que se funde en datos que puedan resultar equivocados o incompletos.

En la ejecución de las obras, el contratista adoptará todas las medidas necesarias para evitar accidentes y para garantizar las condiciones de seguridad, y su buena ejecución, cumpliendo para ello todas las condiciones exigibles por la vigente legislación.

El contratista está obligado al cumplimiento de las disposiciones vigentes en materia de Seguridad Social y Seguridad e Higiene en el Trabajo, y será el único responsable de las consecuencias de las transgresiones de dichas disposiciones en las obras.

Como norma general, el contratista deberá realizar todos los trabajos incluidos en el presente proyecto adoptando la mejor técnica constructiva que cada obra requiera para su ejecución, y cumplimiento para cada una de las distintas unidades de obra las disposiciones que se describen en el presente pliego.

### **d. Control de la obra y Libro de órdenes**

La Dirección Facultativa será el organismo encargado del control de la obra, y su mayor representante será el Ingeniero Director. Este organismo será hara de representante del Promotor en la obra, supervisará los procesos necesarios para la ejecución del presente proyecto, y se cerciorará de que se cumplen todas las medidas de seguridad.

Existirá un documento, que se llamará Libro de Órdenes e Incidencias, donde la Dirección Facultativa deberá anotar:

- Visitas de la Dirección Facultativa a la obra.



- Órdenes e indicaciones técnicas que se den a la Constructora para la interpretación del proyecto.
- Incidencias que se detecten en la obra.
- Incumplimientos de medidas de seguridad.
- Cualesquiera otros sucesos que la Dirección facultativa considere reseñables.

El libro se mantendrá en la obra desde el comienzo de la misma hasta la recepción final, momento en el que se entregará al Promotor una copia.

#### **e. Aceptaciones parciales y certificaciones periódicas**

El Contratista recibirá, con la periodicidad que se pacte, las certificaciones de la Dirección de obra, conteniendo la descripción de las partidas del Presupuesto que ya hayan sido completamente ejecutadas.

Recibidas las certificaciones, el Contratista facturará en el plazo de 15 días los importes correspondientes al Promotor, quien estará obligado a su pago, reducido en un 10%.

El contratista tendrá también derecho a percibir abonos a cuenta sobre su importe por las operaciones preparatorias realizadas como instalaciones y acopio de materiales o equipos de maquinaria pesada adscritos a la obra, en las condiciones que se señalen en los respectivos Pliegos de cláusulas administrativas particulares y conforme al régimen y los límites que con carácter general establezca la legislación vigente, debiendo asegurar los referidos pagos mediante la prestación de garantía.

No se admitirán aumentos de obra que no hayan sido autorizados expresamente por la Dirección facultativa. Si el Contratista los ejecutase, no podrá cobrarlos de no existir esa autorización previa, que deberá contemplar, además, el acuerdo de precios sobre las nuevas unidades en caso de no existir en el Proyecto.

#### **f. Recepción de la instalación**

Cuando las obras se den por finalizadas, se procederá a su recepción provisional, para la cual será necesaria la asistencia de un representante del Promotor, del Ingeniero Director y del Contratista. Del resultado de la recepción se extenderá un acta por triplicado, firmada por los tres asistentes antes indicados. Será condición indispensable para proceder a la recepción provisional la entrega por parte de la Contrata a la Dirección Facultativa de la totalidad de los planos de obra y de las instalaciones realmente ejecutadas, así como sus permisos de uso correspondientes, lo que incluye la autorización de

puesta en funcionamiento de las instalaciones por parte de los organismos competentes.

Si las instalaciones se encuentran en buen estado y han sido ejecutadas con arreglo a las condiciones establecidas, se darán por recibidas provisionalmente, comenzando a correr en dicha fecha el plazo de garantía legalmente establecido como de un año. La Dirección de obra procederá inmediatamente a su medición general y definitiva, con precisa asistencia del Contratista.

Transcurrido el plazo de garantía legal se producirá la recepción definitiva de las instalaciones. Los gastos de conservación y reparación durante el periodo comprendido entre la recepción parcial y la definitiva correrán a cargo del Contratista.

La recepción definitiva se llevará a cabo con las mismas formalidades que la provisional. Si se encontraran las instalaciones en perfecto estado de uso y conservación se darán por recibidas definitivamente, y quedará el Contratista relevado de toda responsabilidad de conservación, reforma, reparación y otras que la ley determine, quedando subsistentes la responsabilidad civil y las demás garantías que establezca la normativa vigente.

De no poderse llevar a cabo la recepción provisional o la definitiva, se estará a lo que disponga el Director de obra en cuanto a concesión de plazos de subsanación, ampliación de los de garantía e incluso resolución del contrato con pérdida de fianzas, si hubiera lugar.

**B. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES****a. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones de media tensión**

Se indicarán en este apartado las condiciones sobre los materiales, equipos y sistemas, y las condiciones sobre los trabajos de instalación.

**MATERIALES, EQUIPOS Y SISTEMAS:**

Los elementos a tratar son los siguientes:

- Conjuntos prefabricados de seccionamiento y medida (C.S. Norte y C.S. Sur), donde se incluyen las celdas interiores, el armario de contadores y los contadores, el cableado y los terminales de conexión, y el resto de elementos incluidos en el C.S.
- Conjunto prefabricado para el Centro de transformación (C.T.), donde se incluye el transformador de potencia, las celdas, los cuadros de conexiones, el cableado y los terminales de conexión, y el resto de elementos incluidos en el C.T.
- Líneas de conexión C.S. - C.T., donde se incluyen los conductores aislados de media tensión, y la canalización necesaria.
- Instalaciones de puesta a tierra, de protección del C.T., del neutro del C.T. y de protección de los C.S.

Todos los materiales serán adquiridos por el Contratista, y será la Dirección Facultativa quien se encargue de que todos los materiales, equipos y sistemas que formen parte de la instalación eléctrica posean de marcas de calidad (UNE, EN, CEI, CE, AENOR, etc.), y dispongan de la documentación que acredite que sus características mecánicas y eléctricas se ajustan a la normativa vigente.

Las características de todos los materiales necesarios se describen en el Anejo de Media Tensión del presente proyecto. Será la Dirección Facultativa la encargada de supervisar que los materiales adquiridos y utilizados se corresponden con los descritos en el citado anejo. Si fuesen necesarios otros materiales no especificados en el presente proyecto, estos deberán disponer de marca de calidad y no podrán utilizarse sin previo conocimiento y aprobación de la Dirección Facultativa.

## TRABAJOS A REALIZAR:

Se realizarán, en el orden que se indica, lo siguientes trabajos:

1. Excavación para las puestas a tierra: se excavará hasta una profundidad que permita el enterramiento o el clavado de conductores o picas.
2. Colocación de los elementos de las puestas a tierra y conexión entre ellos, según las indicaciones que se han dado en el Anejo de Media Tensión.
3. Enterramiento y pruebas de resistencia: se enterrará a la mitad de la profundidad excavada y se comprobará que las resistencias de puesta a tierra permiten que la instalación cumpla la legislación vigente. En caso contrario, la Dirección Facultativa podrá modificar el diseño de las puestas a tierra.
4. Preparación de los fosos necesarios para los C.S. y el C.T.: se realizará acorde a las indicaciones del fabricante, con las medidas que se indican en los planos.
5. Colocación de los tubos corrugados: con las indicaciones dadas en el Anejo de Media Tensión y en los planos, se apoyaran sobre una zanja habilitada para este fin. Una vez colocados los tubos se podrá cerrar la zanja.
6. Colocación de los edificios prefabricados de hormigón sobre los fosos excavados: estos trabajos serán responsabilidad del fabricante, que deberá seguir las indicaciones de la Dirección Facultativa. Para los C.S., se realizará mediante camión grúa, directamente al foso. Para el C.T., se trasladará en camión hasta el centro del túnel Sur, y se descargará sobre plataforma rodante o deslizante. Se introducirá en el recinto interior mediante un butrón en la pared realizado para este fin y se apoyará sobre el foso. Posteriormente al asentamiento de los conjuntos prefabricados, se procederá al rellenado con tierra respetando la profundidad necesaria para la acera perimetral de hormigón.
7. Acera perimetral de hormigón: alrededor de cada conjunto prefabricado, se esparcirá con una capa de hormigón, después se colocará el mallazo electrosoldado, que se deberá unir a la puesta a tierra de protección, y se rematará con otra capa de hormigón, que se alisará en su parte externa.
8. Instalación de líneas de conexión C.S. - C.T.: mediante guías y bobinas autoenrollables, se introducirán los conductores en el interior de los tubos, ajustando lo máximo posible las longitudes de principio a fin de línea.
9. Colocación de elementos interiores de los conjuntos prefabricados: se incluyen la colocación de las celdas, el transformador, y las conexiones entre elementos.
10. Puesta en marcha y pruebas: se hará control de temperaturas, humedad, tensión e intensidad en régimen nominal, y se realizarán ensayos de falta de red principal, falta de red secundaria, y sobrecarga.

**b. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones de baja tensión**

Se indicarán en este apartado las condiciones sobre los materiales, equipos y sistemas, y las condiciones sobre los trabajos de instalación.

**MATERIALES, EQUIPOS Y SISTEMAS:**

Los elementos a tratar son los siguientes:

- Cuadros de protecciones y de control: donde se instalarán interruptores magnetotérmicos, interruptores diferenciales, interruptores de caja moldeada, relés diferenciales, relés, arrancadores, conmutadores y autómatas programables.
- Canalizaciones y cableado de alimentación y de control.

Todos los materiales serán adquiridos por el Contratista, y será la Dirección Facultativa quien se encargue de que todos los materiales, equipos y sistemas que formen parte de la instalación eléctrica posean de marcas de calidad (UNE, EN, CEI, CE, AENOR, etc.), y dispongan de la documentación que acredite que sus características mecánicas y eléctricas se ajustan a la normativa vigente.

Las características de todos los materiales necesarios se describen en el Anejo de Baja Tensión del presente proyecto. Será la Dirección Facultativa la encargada de supervisar que los materiales adquiridos y utilizados se corresponden con los descritos en el citado anejo. Si fuesen necesarios otros materiales no especificados en el presente proyecto, estos deberán disponer de marca de calidad y no podrán utilizarse sin previo conocimiento y aprobación de la Dirección Facultativa.

**TRABAJOS A REALIZAR:**

Se realizarán, en el orden que se indica, lo siguientes trabajos:

1. Instalación de armarios y canalizaciones, en el orden que el contratista estime oportuno.
2. Cuadros de protecciones: se instalarán los interruptores automáticos indicados en los esquemas unifilares y se etiquetarán con el circuito correspondiente.
3. Cuadros de control: se instalarán los autómatas y equipos de control y se conectarán según los esquemas ofrecidos en el presente proyecto.

4. Cableado: se conectará, una a una, cada línea desde su alimentación hasta el receptor, y cuando se haya acabado con una se pasará a la siguiente. Se tendrá precaución extrema de conectar cada línea al receptor indicado.

5. Puesta en marcha y pruebas: se comprobará que todos los sistemas se comportan con el funcionamiento programado, y en caso de error se procederá a solventarlo con la mayor rapidez posible.

**c. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de la instalación de ventilación y extracción**

Se indican en este apartado las peculiaridades de las instalaciones de ventilación y extracción.

- Se colocarán los ventiladores en las posiciones que se indican en los planos, y una vez montados se comprobará que en ningún punto se incumple la altura libre mínima exigida.
- Se realizarán pruebas de concentración de gases contaminantes y se comprobará que el funcionamiento es el programado y que la dilución es efectiva.
- Se realizarán simulaciones de humo y calor y se comprobará que el funcionamiento es el programado.
- Se tomará el gráfico de valores de intensidad en el arranque de los motores, tanto en la extracción como en la ventilación, y se comprobará la efectividad de los arrancadores.

Todos los materiales serán adquiridos por el Contratista, y será la Dirección Facultativa quien se encargue de que todos los materiales, equipos y sistemas que formen parte de la instalación eléctrica posean de marcas de calidad (UNE, EN, CEI, CE, AENOR, etc.), y dispongan de la documentación que acredite que sus características mecánicas y eléctricas se ajustan a la normativa vigente.

Las características de todos los materiales necesarios se describen en el Anejo de Baja Tensión del presente proyecto. Será la Dirección Facultativa la encargada de supervisar que los materiales adquiridos y utilizados se corresponden con los descritos en el citado anejo. Si fuesen necesarios otros materiales no especificados en el presente proyecto, estos deberán disponer de marca de calidad y no podrán utilizarse sin previo conocimiento y aprobación de la Dirección Facultativa.

**d. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de la instalación de alumbrado interior**

Se indican en este apartado las peculiaridades de las instalaciones de ventilación y extracción.

- Se tomará una precaución extrema a la hora de conectar cada luminaria o conjunto de luminarias a una línea, siguiendo las indicaciones que se han descrito en el Anejo de iluminación interior.
- Se comprobará, simulando cada nivel de iluminación, que los encendidos corresponden con los diseñados en el cálculo luminotécnico.
- Se medirán las intensidades en la línea general de alimentación y se comprobará, para cada nivel de iluminación, que el consumo es equilibrado para las tres fases.

Todos los materiales serán adquiridos por el Contratista, y será la Dirección Facultativa quien se encargue de que todos los materiales, equipos y sistemas que formen parte de la instalación eléctrica posean de marcas de calidad (UNE, EN, CEI, CE, AENOR, etc.), y dispongan de la documentación que acredite que sus características mecánicas y eléctricas se ajustan a la normativa vigente.

Las características de todos los materiales necesarios se describen en el Anejo de Baja Tensión del presente proyecto. Será la Dirección Facultativa la encargada de supervisar que los materiales adquiridos y utilizados se corresponden con los descritos en el citado anejo. Si fuesen necesarios otros materiales no especificados en el presente proyecto, estos deberán disponer de marca de calidad y no podrán utilizarse sin previo conocimiento y aprobación de la Dirección Facultativa.



**C. CONCLUSIÓN Y FIRMA**

Se concluye este pliego de condiciones, asumiendo el proyectista toda la responsabilidad sobre el mismo. Y para que conste a los efectos oportunos, así lo firma:

Fdo.: Jesús Gómez García

En Béjar, a 4 de septiembre de 2015

# IX. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD



## **ÍNDICE**

A. Características relevantes de las obras .....	1
a. Descripción de los trabajos .....	1
b. Coste, plazo de ejecución y mano de obra necesaria .....	1
c. Documento de seguridad y salud requerido en fase de proyecto .....	1
B. Peligros detectados y riesgos asumidos .....	2
a. Peligros generales .....	2
b. Riesgo de daños a terceros .....	2
C. Medidas de prevención para aminorar riesgos .....	3
a. Medidas generales .....	3
b. Medidas específicas .....	4
c. Medidas frente al riesgo de daños a terceros .....	4
D. Conclusión y firma .....	5

## **A. CARACTERÍSTICAS RELEVANTES DE LAS OBRAS**

### **a. Descripción de los trabajos**

Los trabajos a realizar son los siguientes:

- Instalaciones en alta tensión: dos centros de seccionamiento y medida, dos líneas subterráneas de media tensión y un centro de transformación.
- Instalaciones en baja tensión: alumbrado, ventilación y extracción, sistemas de seguridad, equipos de respaldo energético y control de la energía, y cuadros de protección y control.

### **b. Coste, plazo de ejecución y mano de obra necesaria**

El coste total de ejecución material, incluyendo lo indicado en este estudio, asciende a 2835406,53 €.

El plazo de ejecución es de 7 semanas.

El número de operarios trabajando al mismo tiempo no será mayor de 10 personas.

### **c. Documento de seguridad y salud requerido en fase de proyecto**

Por las características del proyecto que se han descrito, el documento requerido es un Estudio de Seguridad y Salud, por lo que deberá figurar también en los apartados de Planos y Presupuesto.

## **B. PELIGROS DETECTADOS Y RIESGOS ASUMIDOS**

### **a. Peligros generales**

Los posibles peligros que puedan ocasionar daños a los trabajadores son los siguientes:

- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de personas a distinto nivel.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Cortes por manejo de herramientas manuales.
- Cortes por manejo de las guías y conductores.
- Pinchazos en las manos por manejo de guías y conductores.
- Golpes por herramientas manuales.
- Sobreesfuerzos por posturas forzadas.
- Electrocuación o quemaduras.
- Explosión de los grupos de transformación durante la entrada en servicio.
- Incendio por incorrecta instalación de la red eléctrica.
- Atrapamiento por maquinaria.

### **b. Riesgo de daños a terceros**

Por la localización de la obra (en una cordillera de la Sierra de Arana), se considera poco probable la aparición de personas ajenas a la obra. Sin embargo, no se descarta debido a que es posible la aparición ocasional de viajeros, excursionistas o trabajadores forestales.

Se tomarán las medidas adecuadas para evitar el acceso a la obra a personas ajenas a ella.

## **C. MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA AMINORAR RIESGOS**

### **a. Medidas generales**

A continuación se citan las medidas generales para aminorar los riesgos:

- Instalaciones sanitarias y vestuarios: se prevé la instalación de una caseta a disposición de los operarios para ser utilizada como aseo y vestuario. La caseta se colocará en la zona de salida del Túnel Norte, y serán los propios operarios los encargados de mantenerla en correctas condiciones de higiene y salud.

- Botiquín de primeros auxilios, obligatorio en esta obra, y que deberá disponer, como mínimo, del contenido siguiente:

- Agua oxigenada.
- Alcohol de 96°.
- Tintura de yodo.
- Mercurocromo.
- Amoniaco.
- Pomada contra picaduras de insectos.
- Apósitos de gasa estéril.
- Paquetes de algodón hidrófilo estéril.
- Vendas.
- Cajas de apósitos autoadhesivos.
- Analgésicos.
- Pomada para quemaduras.
- Termómetro clínico.
- Herramientas como tijeras o pinzas.

- Asistencia médica primaria, que podrá prestarse en la siguiente dirección:

Hospital Universitario Virgen de las Nieves

Dirección: C/ San Juan de Dios, 15

Teléfono: 958808880

Teléfono de emergencias: 112

Tiempo de llegada (aproximado): 25 minutos.

- En caso de evacuación de emergencia, los operarios, conocedores de las salidas de emergencia y de las zonas de los túneles en general, utilizarán las mismas vías de escape pensadas para los futuros usuarios de las instalaciones:

- Salidas / Entradas de los túneles de carretera.
- Salidas de emergencia.
- Pasos de comunicación entre túneles.

### **b. Medidas específicas**

Las medidas específicas a tomar en la obra son las siguientes:

- Información y formación de los trabajadores. Todos los trabajadores contarán con la acreditación de los cursos de prevención de riesgos laborales para este tipo de obras.
- Facilitación del acceso a las zonas de trabajo.
- Orden y limpieza en las zonas de trabajo. Todos los residuos se deberán depositar en los contenedores habilitados para ese fin.
- Prendas de protección personal: si existiese homologación expresa del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, las prendas de protección personal a utilizar en esta obra deberán estar homologadas (ropa de trabajo, cinturones de seguridad, casco, botas de seguridad, gafas protectoras).
- Señalización de la obligatoriedad de los útiles de protección en cada zona.
- Señalización de los trabajos con maquinaria peligrosa.
- Cuadro de protecciones provisional con protección diferencial.
- Extintores portátiles de protección contra incendios.

### **c. Medidas frente al riesgo de daños a terceros**

Contra el daño a personas ajenas a la obra se tomarán las siguientes medidas:

- Vallado perimetral: se colocará una valla en los dos accesos al túnel (norte y sur), que contará cada uno con una puerta con cerradura que solamente podrá mantenerse abierta en el momento en el que haya trabajadores operando en la obra. La valla deberá superar la altura de 2 metros. La puerta será doble y lo suficientemente ancha como para permitir el cruce de dos camiones de 3 metros de anchura.
- Carteles informativos: se colocarán carteles de "Peligro" y de "Prohibido el paso a personal ajeno a la obra" en los accesos a las zonas de trabajo.



**D. CONCLUSIÓN Y FIRMA**

Se concluye este apartado de seguridad y salud, asumiendo el proyectista toda la responsabilidad sobre el mismo. Y para que conste a los efectos oportunos, así lo firma:

Fdo.: Jesús Gómez García

En Béjar, a 4 de septiembre 2015

X. MEDICIONES  
Y  
PRESUPUESTO



## **ÍNDICE**

A. Presupuesto desglosado .....	1
B. Cuadro resumen del presupuesto .....	8
C. Conclusión y firma .....	9

**A. PRESUPUESTO DESGLOSADO**

Cod	Descripción	Ud.	Precio	Parcial
Capítulo 1: MEDIA TENSIÓN				
1.01 CENTROS DE SECCIONAMIENTO Y MEDIDA				
	Edificio ECS 24. Centro de seccionamiento Prefabricado de hormigón. Hasta 24 Kv.	2	890,69	1781,38
	Celda de entrada de línea con seccionamiento de puesta a tierra.	2	308,90	617,80
	Celda de medida de tensión en intensidad con entrada superior por barras y salida inferior por cable.	2	215,90	431,80
	Transformador de intensidad: ARTECHE ACJ-24.	4	138,65	554,60
	Transformador de tensión bipolar: ARTECHE VCL-24.	4	145,65	582,60
	Armario. Pronutec - CMAT-ID telemedida tipo 3.	2	27,80	55,60
	Contador. Actaris - ACE3000 Tipo 520.	2	116,05	232,10
	Excavación foso + lecho de arena.	2	18,65	37,30
	Acera perimetral de hormigón con mallazo electrosoldado.	2	100,32	200,64
	Hora de mano de obra.	64	21,00	1344,00
			<b>SUBTOTAL:</b>	<b>5837,82</b>
1.02 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN				
	Edificio PTE. Centro prefabricado de hormigón. Hasta 24kV.	1	1240,69	1240,69
	Celda de Conmutación Automática de red prioritaria (N) y red de socorro (S).	1	497,89	497,89
	Celda de Interruptor Automático - Fusible combinados. Protección Transformador.	1	337,89	337,89
	Fusibles Fusar CF Calibre: 50 A.	3	9,90	29,70
	Transformador con neutro accesible en el secundario, de 1000 kVA, grupo de conexión Dyn11, relación de tensiones 20 kV/400 V.	1	4248,70	4248,70
	Cable unipolar RHZ1 25 mm <sup>2</sup> 15/25 kV aluminio con aislamiento XLPE + pantalla de hilos de cobre y cubierta de Poliolefina 25 mm <sup>2</sup>	8	19,50	156,00
	Cable unipolar RZ1-K 500/700 V de 300 mm <sup>2</sup>	40	12,40	496,00
	Terminales bimetálicos AL/CU de 300 mm <sup>2</sup>	20	0,29	5,80
	Tubo de pared múltiple. Curvable. 50 mm <sup>2</sup>	9	1,20	10,80
	Señales de riesgo eléctrico "ALTA TENSIÓN	1	1,90	1,90

## PELIGRO DE MUERTE".

Señal de primeros auxilios.	1	1,90	1,90
Señal "5 Reglas de oro para trabajar sin tensión".	1	1,90	1,90
Armario de salvamento y primeros auxilios	1	159,80	159,80
Excavación foso + lecho de arena	2	18,65	37,30
Acera perimetral de hormigón con mallazo electrosoldado.	2	100,32	200,64
Hora de mano de obra	48	21,00	1008,00
		<b>SUBTOTAL:</b>	<b>8434,91</b>

## 1.03 INTERCONEXIÓN CT - CS

Cable unipolar RHZ1 25 mm <sup>2</sup> 15/25 kV aluminio con aislamiento XLPE + pantalla de hilos de cobre y cubierta de Poliolefina	189 0	19,50	36855,00
Tubo de pared múltiple. Curvable. 50 mm <sup>2</sup>	189 0	1,20	2268,00
Hora de mano de obra	16	21,00	336,00
		<b>SUBTOTAL:</b>	<b>39459,00</b>

## 1.03 PUESTAS A TIERRA

Conductor desnudo de cobre de 50 mm <sup>2</sup>	39	15,10	588,90
Picas de acero-cobre, de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro	16	4,80	76,80
Conductor de cobre aislado de 50 mm <sup>2</sup> tipo DN-RA 0,6/1 kV	9	19,90	179,10
Tubo de pared múltiple. Curvable. 20 mm <sup>2</sup>	16	1,10	17,60
Grapa galvanizada con tornillo de acero inoxidable.	7	0,60	4,20
Grapa galvanizada de conexión para picas cilíndricas de acero cobre.	16	0,60	9,60
Hora de mano de obra	48	21,00	1008,00
		<b>SUBTOTAL:</b>	<b>1884,20</b>

## Capítulo 2: BAJA TENSIÓN

## 2.01 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS

Interruptor de caja moldeada: 4 polos, 1250 A, 70 kA	1	5986,59	5986,59
Interruptor de caja moldeada: 4 polos, 800 A, 70 kA	2	4380,62	8761,24

Interruptor de caja moldeada: 4 polos, 700 A, 70 kA	1	2940,12	2940,12
Interruptor magnetotérmico: 4 polos, 250 A, 6 kA, curva C.	2	855,45	1710,90
Interruptor magnetotérmico: 4 polos, 160 A, 6 kA, curva C.	2	610,61	1221,22
Interruptor magnetotérmico: 4 polos, 100 A, 6 kA, curva C.	16	398,42	6374,72
Interruptor magnetotérmico: 4 polos, 80 A, 6 kA, curva C.	9	281,93	2537,37
Interruptor magnetotérmico: 2 polos, 40 A, 6 kA, curva C.	16	42,56	680,96
Interruptor magnetotérmico: 2 polos, 32 A, 6 kA, curva C.	30	22,18	665,40
Interruptor magnetotérmico: 2 polos, 20 A, 6 kA, curva C.	4	21,25	85,00
Interruptor magnetotérmico: 2 polos, 16 A, 6 kA, curva C.	10	20,99	209,90
Interruptor magnetotérmico: 2 polos, 10 A, 6 kA, curva C.	59	20,87	1231,33
Transformador Toloidal + Relé diferencial selectivo: 4 polos, 1300 A, 500 mA	1	947,23	947,23
Transformador Toloidal + Relé diferencial selectivo: 4 polos, 700 A, 500 mA	1	582,66	582,66
Interruptor diferencial: 4 polos, 100 A, 300 mA	24	889,40	21345,60
Interruptor diferencial: 4 polos, 40 A, 300 mA	17	302,10	5135,70
Interruptor diferencial: 4 polos, 40 A, 30 mA	2	358,15	716,30
Interruptor diferencial: 4 polos, 25 A, 30 mA	1	327,75	327,75
Interruptor diferencial: 2 polos, 40 A, 300 mA	15	207,10	3106,50
Interruptor diferencial: 2 polos, 25 A, 300 mA	3	202,35	607,05
Interruptor diferencial: 2 polos, 25 A, 30 mA	3	205,10	615,30
Hora de mano de obra	64	21,00	1344,00
		<b>SUBTOTAL:</b>	<b>67132,84</b>

## 2.02 APARAMENTA ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN.

Contactador tripolar 115 A, mando 230 V AC	24	356,39	8553,36
Contactador monofásico 40 A, mando 230 V AC	15	92,75	1391,25
Contactador monofásico 32 A, mando 230 V AC	28	79,89	2236,92
Contactador monofásico 25 A, mando 230 V AC	4	52,81	211,24
Contactador monofásico 17 A, mando 230 V AC	7	31,90	223,30
Contactador monofásico 12 A, mando 230 V AC	51	13,79	703,29

Relé de vigilancia de red: trifásico hasta 690 V	1	177,60	177,60
Relé monofásico 7 A hasta 450 V, mando 230 V AC.	23	7,89	181,47
Arrancador electrónico 30 kW a 400 V.	8	976,24	7809,92
Arrancador electrónico 37 kW a 400 V.	16	1130,38	18086,08
Autómata LOGO! 0BA7 230RC	1	114,24	114,24
Módulo de ampliación LOGO! 24 ED 16 SD	1	64,96	64,96
Hora de mano de obra	48	37,00	1776,00
		<b>SUBTOTAL:</b>	<b>41529,63</b>

### 2.03 CABLES

Cable unipolar RZ1-K (AS) 500/700 V de 300 mm <sup>2</sup>	664	128,34	85215,10
Cable unipolar RZ1-K (AS) 500/700 V de 150 mm <sup>2</sup>	44	64,14	2822,16
Cable unipolar RZ1-K (AS) 500/700 V de 95 mm <sup>2</sup>	72	41,36	2977,92
Cable unipolar SZ1-K (AS+) 500/700 V de 35 mm <sup>2</sup>	662	15,30	101347,20
	4		
Cable unipolar SZ1-K (AS+) 500/700 V de 25 mm <sup>2</sup>	614	10,90	66947,80
	2		
Cable unipolar SZ1-K (AS+) 500/700 V de 16 mm <sup>2</sup>	990	7,03	69597,00
	0		
Cable unipolar SZ1-K (AS+) 500/700 V de 10 mm <sup>2</sup>	183	4,59	8399,70
	0		
Cable unipolar SZ1-K (AS+) 500/700 V de 6 mm <sup>2</sup>	140	2,71	3794,00
	0		
Cable unipolar RZ1-K (AS) 500/700 V de 2.5 mm <sup>2</sup>	66	1,17	77,22
Cable unipolar RZ1-K (AS) 500/700 V de 1.5 mm <sup>2</sup>	100	0,73	73,00
Manguera RZ1-K (AS) 500/700 V de 3x50 mm <sup>2</sup>	124	69,90	872561,70
	83		
Manguera RZ1-K (AS) 500/700 V de 3x35 mm <sup>2</sup>	417	48,96	20416,32
Manguera RZ1-K (AS) 500/700 V de 3x25 mm <sup>2</sup>	280	34,88	97838,40
	5		
Manguera RZ1-K (AS) 500/700 V de 3x16 mm <sup>2</sup>	346	22,50	77881,15
	2		
Manguera RZ1-K (AS) 500/700 V de 3x10 mm <sup>2</sup>	374	14,69	55035,94
	7		
Manguera RZ1-K (AS) 500/700 V de 3x6 mm <sup>2</sup>	891	8,67	7726,75
Manguera RZ1-K (AS) 500/700 V de 3x4 mm <sup>2</sup>	124	3,74	4650,05
	2		
Manguera SZ1-K (AS+) 500/700 V 2x6+1x1,5 mm <sup>2</sup>	662	12,45	8241,90
Hora de mano de obra	80	21,00	1680,00



**SUBTOTAL: 1487283,31****2.04 ARMARIOS**

Armario 80x120 empotrable IP 55 con visagra lateral	8	144,76	1158,08
Armario 100x120 con control de humedad IP 65 con doble puerta.	2	369,89	739,78
Conexiones prefabricadas Entrada /Salida de cables	32	7,89	252,48
Carril DIN (80 cm) para conexión de interruptores automáticos.	64	1,33	85,12
Tornillería	1	4,00	4,00
Hora de mano de obra	16	21,00	336,00

**SUBTOTAL: 2575,46****2.05 CANALIZACIONES**

Metros de canaleta cerrada 100x100	252	15,85	39942,00
	0		
Metros de bandeja perforada 400x100	112	12,20	1366,40
Metros de estructura soporte - bandeja perforada	120	129,00	154800,00
	0		
Horas de mano de obra	160	21,00	3360,00

**SUBTOTAL: 199468,40****CAPÍTULO 3: EQUIPOS****3.01 RECINTO GRUPO ELECTRÓGENO**

Grupo Electrónico HIMOINSA (o similar), 689 kW, 230/400 V	1	12179,00	12179,00
SAI ABB PowerScale (o similar), 50 kVA, 28x48 Ah, 230/400 V	2	2440,81	4881,62
Batería de Condensadores CIRCUTOR OPTIM 8-360-400 (o similar); 450 kVAr, 230/400 V	1	5231,15	5231,15
Hora de mano de obra	32	21,00	672,00

**SUBTOTAL: 22963,77****3.02 DETECTORES**

Sensor de luz LM21 0.1-40000 lux	1	16,90	16,90
Detector de humo A30XHS	132	6,45	851,40
Detector termovelocimétrico A30XV	393	6,95	2731,35

Detector de CO-Nox modelo CN20-IX	89	8,92	793,88
Fuente de Alimentación CX750M, 100-240 V, 750W, 20 V.	1	91,20	91,20
Hora de mano de obra	64	21,00	1344,00
		<b>SUBTOTAL:</b>	<b>5828,73</b>

## 3.03 ILUMINACIÓN

Luminaria VSAP Philips SRX509	460	642,00	295320,00
Luminaria LED Philips BVP 506	132	145,00	19140,00
Luminaria LED Philips BCP 560 (ECO 99)	158	246,00	38868,00
Luminaria LED Philips BCP 560 (GRN59)	228	218,00	49704,00
Luminaria LED Philips MX Powercore BCS419	820	189,00	154980,00
Luminaria LED Philips TCW060	41	92,00	3772,00
Luminaria de emergencia Legrand URA21LED	22	46,00	1012,00
Hora de mano de obra	320	21,00	6720,00
		<b>SUBTOTAL:</b>	<b>569516,00</b>

## 3.04 VENTILACIÓN Y EXTRACCIÓN

Ventilador SODECA Jet Fan VST-900-4T (o similar) + soportes	8	13868,55	110948,40
Ventilador SODECA Jet Fan VST-900-2T (o similar) + soportes	8	16883,05	135064,40
Ventilador SODECA THT - 160 - 6T / 6 - 50 (o similar) + soportes	8	15295,40	122363,20
Hora de mano de obra	64	21,00	1344,00
		<b>SUBTOTAL:</b>	<b>369720,00</b>

## 3.05 SEÑALIZACIÓN Y CONTROL DEL TRÁFICO

Paneles de señalización variable	6	515,90	3095,40
Carteles señalización puestos de emergencia	48	3,70	177,60
Carteles señalización salidas de emergencia	18	3,70	66,60
Semáforos	4	124,50	498,00
Barrera modelo VE-550 o similar	2	229,89	459,78
Barrera modelo VE-660 o similar	2	249,89	499,78

Horas de mano de obra	48	21,00	1008,00
		<b>SUBTOTAL:</b>	<b>5805,16</b>

## 3.06 EQUIPOS CONTRA INCENDIOS

Extintor de polvo ABC	24	29,49	707,76
Boca de incendios equipada, manguera 50 m.	12	59,49	713,88
Hidratante de columna	12	64,49	773,88
Pulsador de emergencia	12	14,49	173,88
Megáfono HD 210T	10	15,90	159,00
Amplificador para megafonía MP 3120M	1	75,90	75,90
Horas de mano de obra	48	21,00	1008,00
		<b>SUBTOTAL:</b>	<b>3612,30</b>

## CAPÍTULO 4: GESTIÓN DE RESIDUOS, SEGURIDAD Y SALUD

## 4.01 SEGURIDAD Y SALUD

Vallado y señalización	2	132,00	264,00
Semanas de alquiler caseta obra	7	167,00	1169,00
Botiquín de primeras emergencias	1	118,00	118,00
Ropa de trabajo	20	70,00	1400,00
Casco de seguridad	20	21,30	426,00
Otros enseres de seguridad	1	200,00	200,00
		<b>SUBTOTAL:</b>	<b>3577,00</b>

## 4.02 GESTIÓN DE RESIDUOS

Semanas alquiler contenedor trapezoidal 6 m3	21	22,50	472,50
Semanas alquiler contenedor trapezoidal 3 m3	7	18,50	129,50
Servicio de recogida y gestión de residuos (por m3)	16	11,00	176,00
		<b>SUBTOTAL:</b>	<b>778,00</b>

**B. CUADRO RESUMEN DEL PRESUPUESTO**

Cod.	Descripción	Precio (€)
Capítulo 1: MEDIA TENSIÓN		
1.01	Centros de seccionamiento y medida.	5837.82
1.02	Centro de transformación.	8434.91
1.03	Interconexión C.T. - C.S.	39459.00
1.03	Puestas a tierra.	1884.20
<b>SUBTOTAL CAPÍTULO 1:</b>		<b>55615.93</b>
Capítulo 2: BAJA TENSIÓN		
2.01	Interruptores automáticos.	67132.84
2.02	Aparatación eléctrica y automatización.	41529.63
2.03	Cables.	1487283.31
2.04	Armarios.	2575.46
2.05	Canalizaciones.	199468.40
<b>SUBTOTAL CAPÍTULO 2:</b>		<b>1797989.64</b>
CAPÍTULO 3: EQUIPOS		
3.01	Recinto grupo electrógeno.	22963.77
3.02	Detectores.	5828.73
3.03	Iluminación.	569516.00
3.04	Ventilación.	369720.00
3.05	Señalización y control del tráfico.	5805.16
3.06	Equipos contra incendios.	3612.30
<b>SUBTOTAL CAPÍTULO 3:</b>		<b>977445.96</b>
CAPÍTULO 4: GESTIÓN DE RESIDUOS, SEGURIDAD Y SALUD		
4.01	Seguridad y salud.	3577.00
4.02	Gestión de residuos.	778.00
<b>SUBTOTAL CAPÍTULO 4:</b>		<b>985413.26</b>
<b>IMPORTE TOTAL DE EJECUCIÓN MATERIAL: ...</b>		<b>2835406.53 €</b>
13% Gastos generales .....		368602.85 €
6% Beneficio industrial .....		170124.40 €
21% IVA .....		708568.10 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO .....</b>		<b>4 082 701.83 €</b>

Asciende el presente presupuesto de contrata a la cantidad total de CUATRO MILLONES OCHENTA Y DOS MIL SETECIENTOS UN EUROS CON OCHENTA Y TRES CÉNCIMOS.

**C. CONCLUSIÓN Y FIRMA**

Se concluye este apartado, asumiendo el proyectista toda la responsabilidad sobre el mismo. Y para que conste a los efectos oportunos, así lo firma:

Fdo.: Jesús Gómez García

En Béjar, a 4 de septiembre de 2015

## XI. PLANOS



## ÍNDICE DE PLANOS

Nombre de plano	Número
<b>A. GENERALES</b>	
Localización	1
Perfil de elevación	2
Vista exterior	3
Entrada Norte	4
Entrada Sur	5
Planta general	6
Planta Recintos	7
Elementos de protección Túnel Norte	8
Elementos de protección Túnel Sur	9
Detalles Señalización	10
Seguridad y Salud	11
<b>B. MEDIA TENSIÓN</b>	
Dimensiones C.S.	12
Foso C.S.	13
Dimensiones C.T.	14
Foso C.T.	15
Unifilar M.T.	16
<b>C. BAJA TENSIÓN. RECINTO DE PROTECCIÓN Y CONTROL</b>	
Detalles recinto de protección y control	17
Esquema unifilar: Cuadro General	18
Cableado Automata LOGO	19
<b>D. BAJA TENSIÓN. RECINTO DE GRUPO ELECTRÓGENO Y SAI</b>	
Detalles recinto del grupo electrógeno	20
Esquema unifilar: C_Grupo	21
Esquema unifilar: C_SAI	22
<b>E. INSTALACIONES DE VENTILACIÓN Y EXTRACCIÓN</b>	
Ventilación y extracción: Alzado y perfil Túnel Norte	23
Ventilación y extracción: Alzado y perfil Túnel Sur	24
Planta - Líneas alimentación ventiladores	25
Escape de humos grupo electrógeno	26
Pozos de extracción	27
Programación LOGO: ventilación y extracción	28
Esquema unifilar: C_VENT	29



## F. BAJA TENSIÓN. ALUMBRADO INTERIOR

Canalizaciones	30
Programación LOGO: iluminación	31
Puntos de luz: Primera mitad Túnel Norte	32
Puntos de luz: Segunda mitad Túnel Norte	33
Puntos de luz: Primera mitad Túnel Sur	34
Puntos de luz: Segunda mitad Túnel Sur	35
Líneas de alimentación luminarias de emergencia	36
Iluminación Túnel Norte: Alzado	37
Iluminación Túnel Sur: Alzado	38
Detalle de Montaje: Primer escalón Túnel Norte	39
Detalle de Montaje: Segundo escalón Túnel Norte	40
Detalle de Montaje: Tercer y cuarto escalón Túnel Norte	41
Detalle de Montaje: Quinto escalón Túnel Norte	42
Detalle de Montaje: Sexto escalón Túnel Norte	43
Esquema unifilar: C_ALU_Norte_Izq	44
Esquema unifilar: C_ALU_Norte_Der	45
Esquema unifilar: C_ALU_Sur_Izq	46
Esquema unifilar: C_ALU_Sur_Der	47





**VNiVERSiDAD  
D SALAMANCA**

PETICIONARIO: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TUTORES: DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR

DIBUJADO POR: JESÚS GÓMEZ GARCÍA

FECHA: SEPTIEMBRE - 2015

PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA

TRABAJO FIN DE GRADO

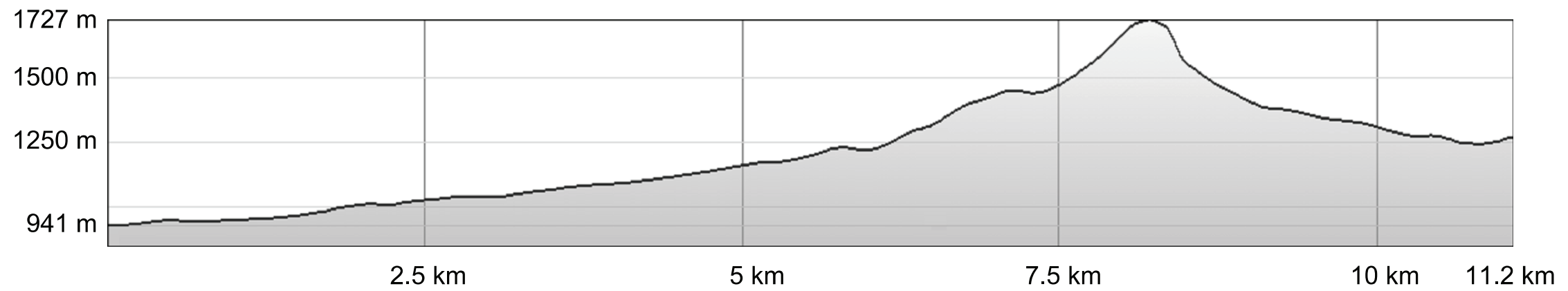
LOCALIZACIÓN

ESCALA: 1 : 50000

HOJA Nº: 01 SIGUE EN: 02

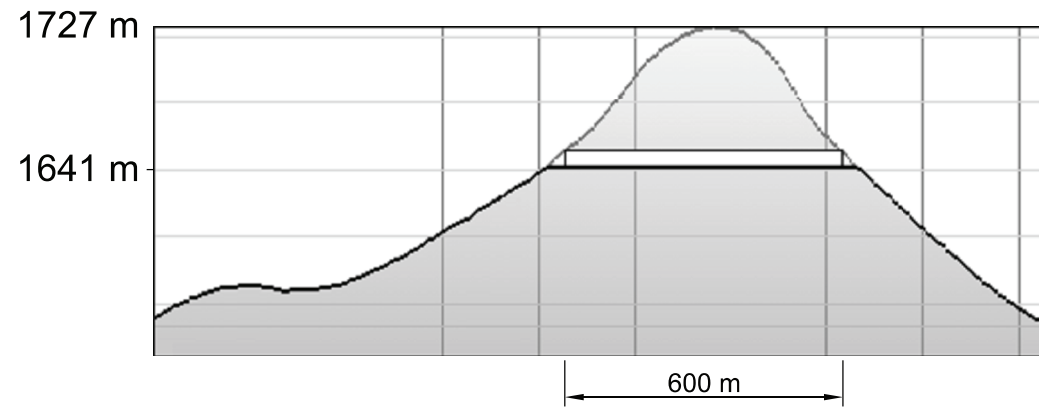


### PERFIL DE ELEVACIÓN DEL TRAMO DE LA AUTOPISTA A - 44



DISTANCIA TOTAL DEL TRAMO: 11.2 km      PENDIENTE MÁXIMA: 43%, -76% km  
 INCREMENTO / PÉRDIDA DE ELEVACIÓN: 873 m / -526 m      PENDIENTE MEDIA: 14%, -11%

### DETALLE DE LA UBICACIÓN DEL TÚNEL



**VNiVERSiDAD  
 D SALAMANCA**

PETICIONARIO: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
 ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TUTORES: DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
 DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR

DIBUJADO POR: JESÚS GÓMEZ GARCÍA

FECHA: SEPTIEMBRE - 2015

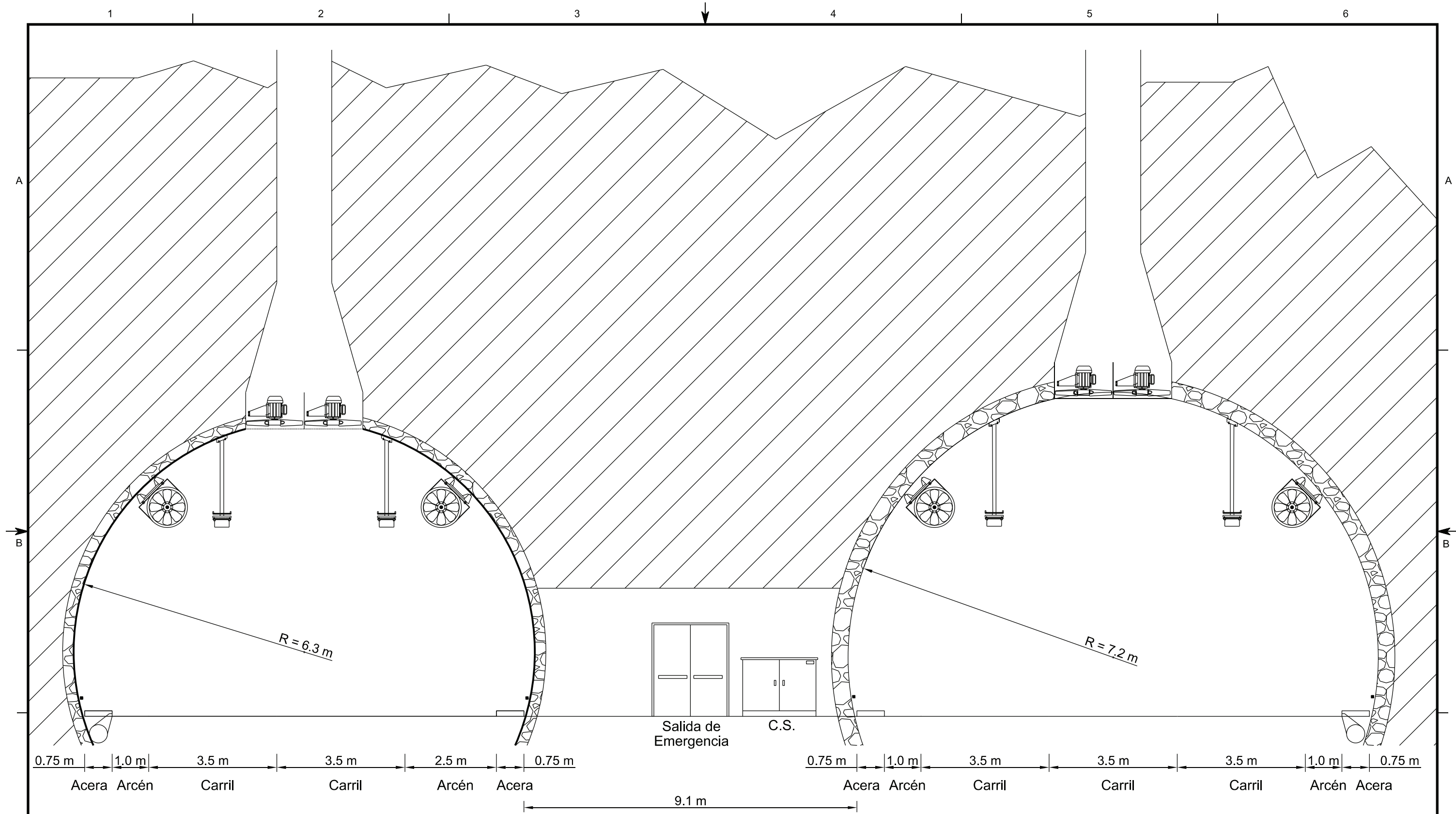
**PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
 DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA**

TRABAJO FIN DE GRADO

PERFIL DE ELEVACIÓN

ESCALA: 1 : 25

HOJA Nº: 02 SIGUE EN: 03



TÚNEL NORTE

TÚNEL SUR

Salida de Emergencia

C.S.

$R = 6.3 \text{ m}$

$R = 7.2 \text{ m}$



**VNiVERSiDAD**  
**DE SALAMANCA**

PETICIONARIO:	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
TUTORES:	DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR
DIBUJADO POR:	JESÚS GÓMEZ GARCÍA
FECHA:	SEPTIEMBRE - 2015

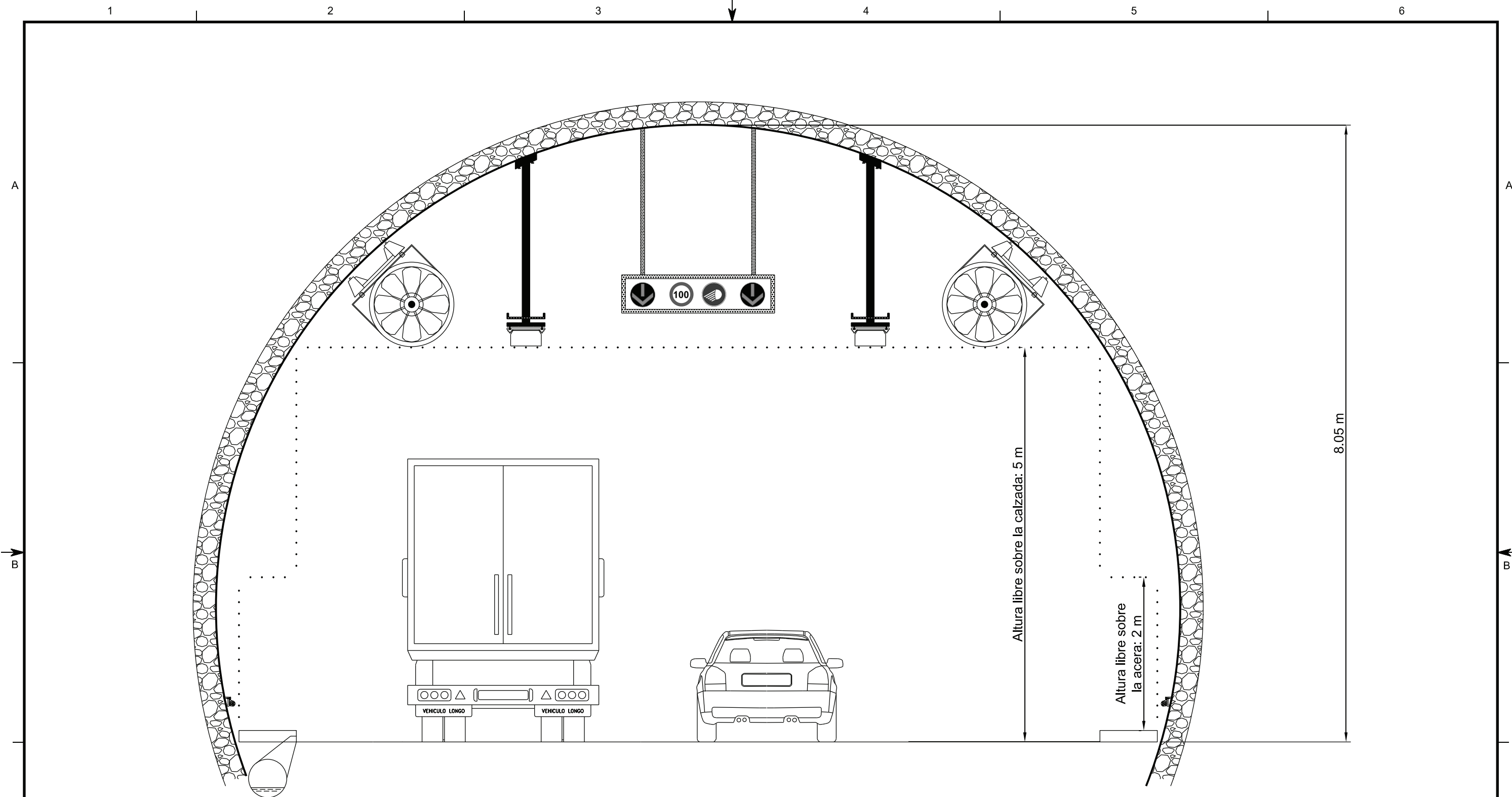
**PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA**

TRABAJO FIN DE GRADO

VISTA EXTERIOR

ESCALA: 1 : 100

HOJA Nº: 03 SIGUE EN: 04



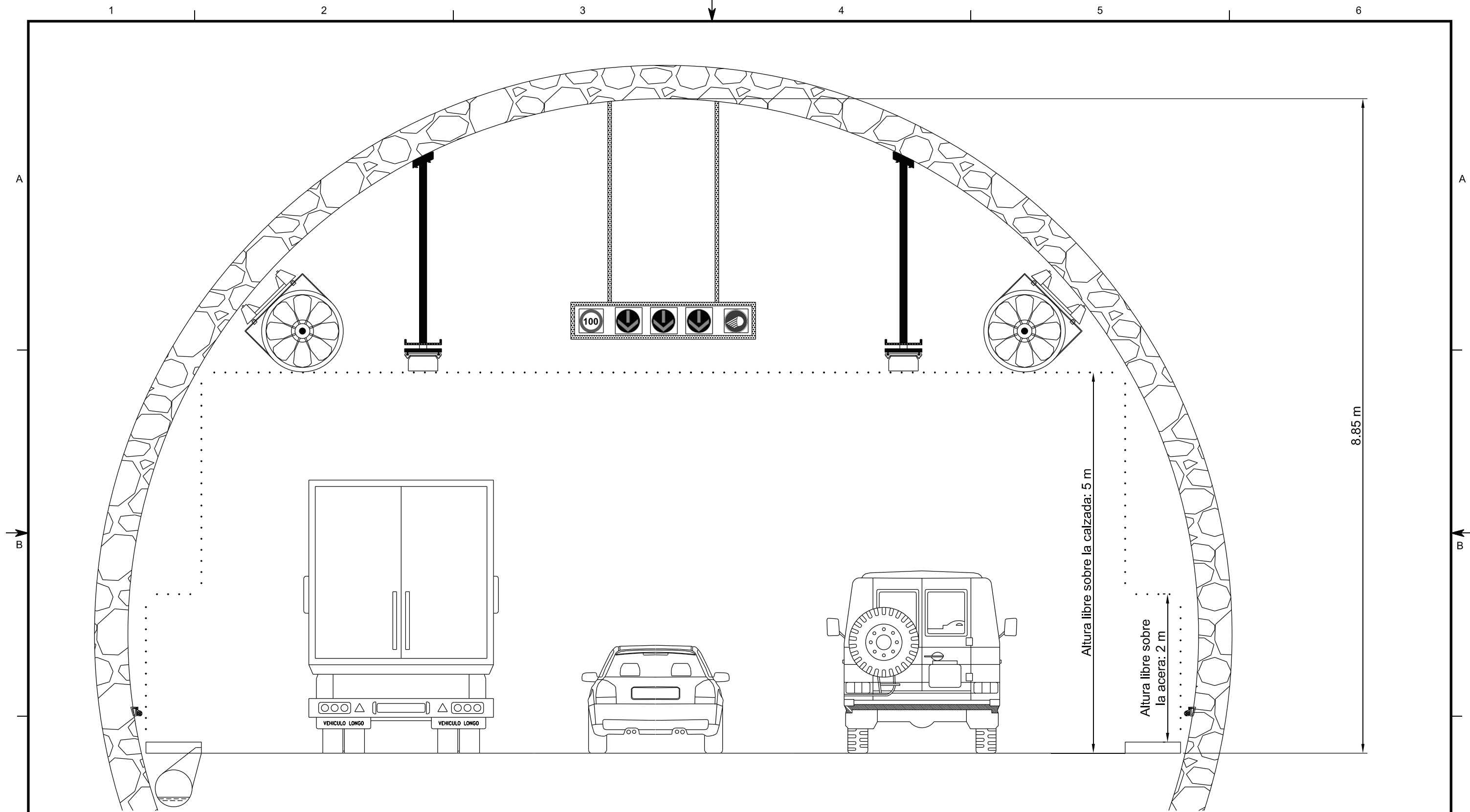
**VNiVERSiDAD  
D SALAMANCA**

PETICIONARIO:	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
TUTORES:	DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR
DIBUJADO POR:	JESÚS GÓMEZ GARCÍA
FECHA:	SEPTIEMBRE - 2015

**PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA  
TRABAJO FIN DE GRADO**

**ENTRADA NORTE**

ESCALA:	1 : 50
HOJA Nº:	04 SIGUE EN: 05



VNIVERSIDAD  
SALAMANCA

PETICIONARIO: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TUTORES: DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR

DIBUJADO POR: JESÚS GÓMEZ GARCÍA

FECHA: SEPTIEMBRE - 2015

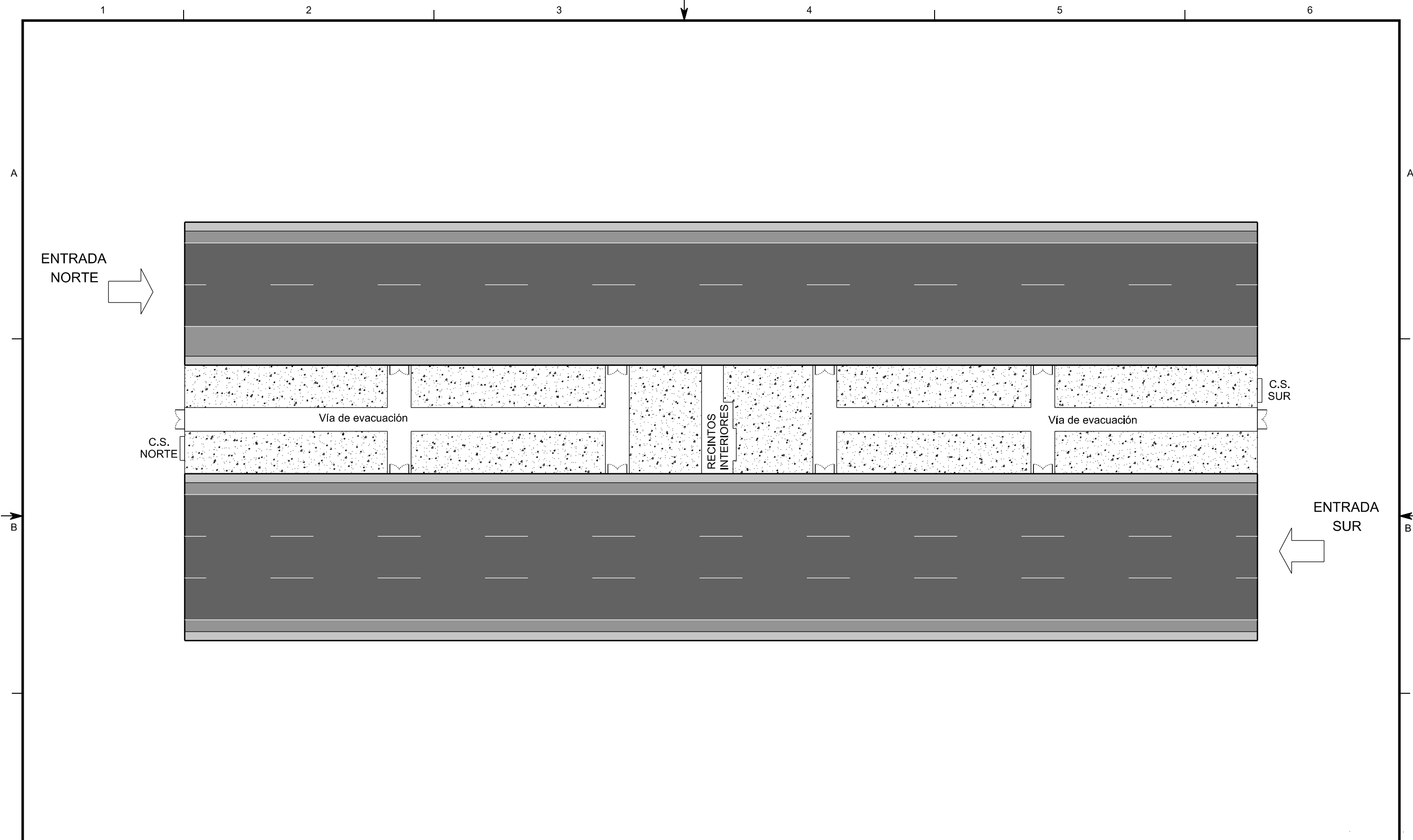
PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA

TRABAJO FIN DE GRADO

ENTRADA TÚNEL SUR

ESCALA: 1 : 50

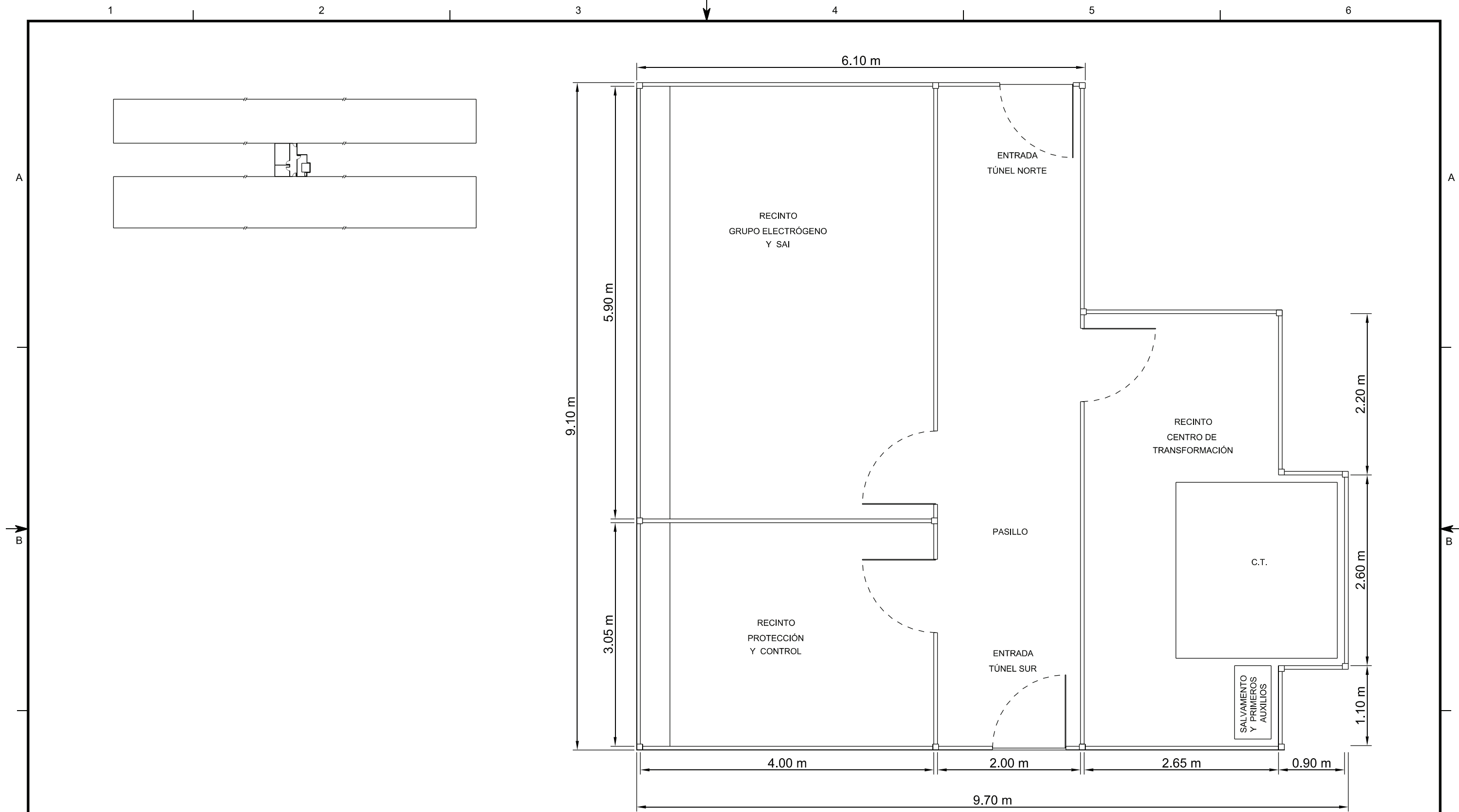
HOJA Nº: 05 SIGUE EN: 06



**VNiVERSiDAD  
D SALAMANCA**

PETICIONARIO:	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
TUTORES:	DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR
DIBUJADO POR:	JESÚS GÓMEZ GARCÍA
FECHA:	SEPTIEMBRE - 2015

<b>PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA</b> TRABAJO FIN DE GRADO	
<b>PLANTA GENERAL</b>	
ESCALA:	Horiz.: 1 : 2000 Vert.: 1 : 300
HOJA Nº:	06 SIGUE EN: 07



**VNiVERSiDAD  
D SALAMANCA**

PETICIONARIO: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TUTORES: DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR

DIBUJADO POR: JESÚS GÓMEZ GARCÍA

FECHA: SEPTIEMBRE - 2015

**PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA**

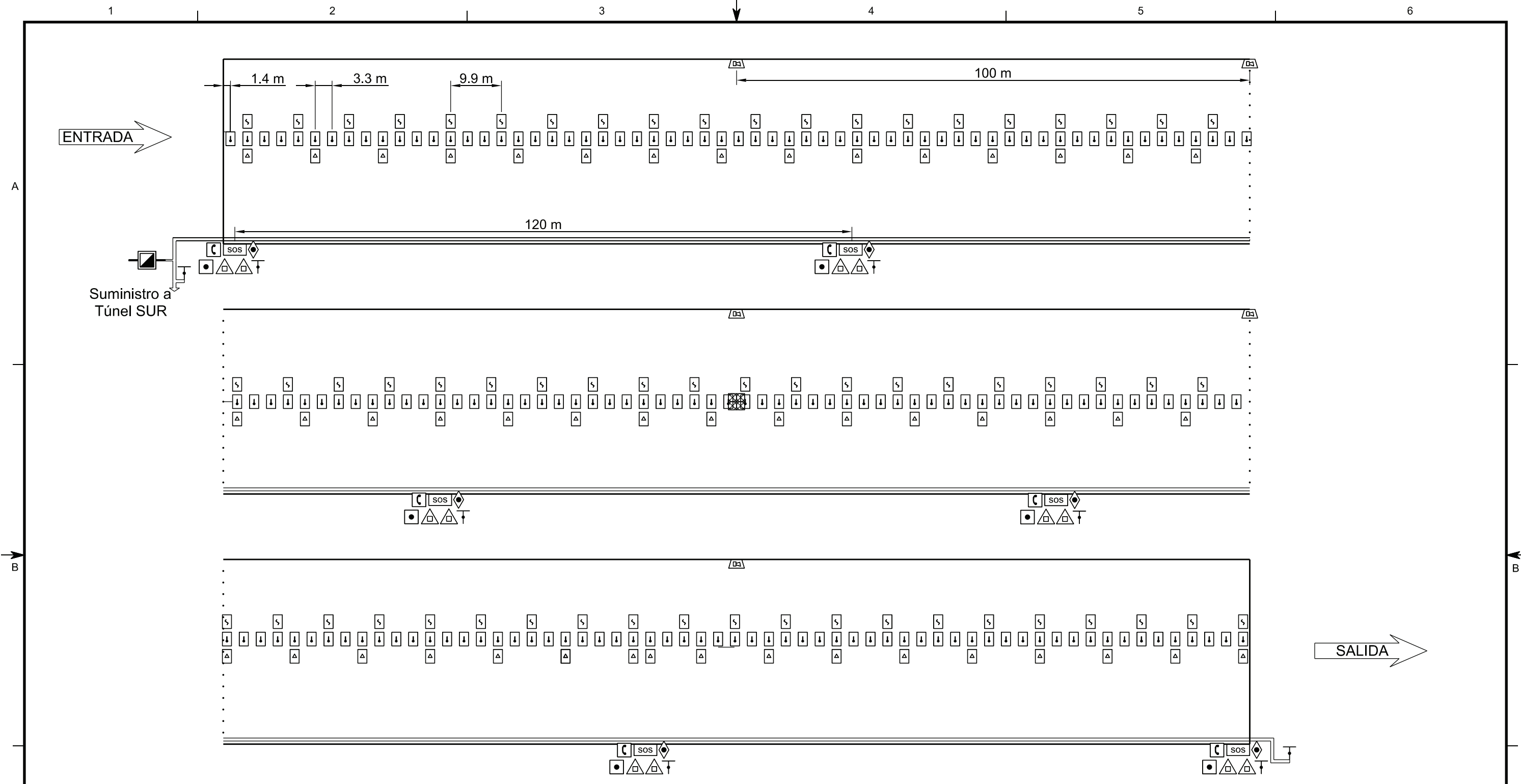
TRABAJO FIN DE GRADO

**PLANTA RECINTOS**

ESCALA: 1 : 50

HOJA Nº: 07 SIGUE EN: 08





☐	DETECTOR DE HUMO	⋮	HIDRATANTE DE COLUMNA	☐	TELÉFONO
⊥	DETECTOR TERMOVELOCIMÉTRICO	△	EXTINTOR DE POLVO BC	⊠	CONTADOR DE AGUA
△	DETECTOR DE GAS: CO - NOx	☒	AVISADOR DE ALARMA POR MEGAFONÍA	☐ SOS	PUESTO DE EMERGENCIA
◇	SISTEMA FIJO DE EXTINCIÓN POR AGUA (BIE)	●	PULSADOR DE ALARMA	—	TUBERÍA DE SUMINISTRO DE AGUA



PETICIONARIO: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
 ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TUTORES: DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
 DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR

DIBUJADO POR: JESÚS GÓMEZ GARCÍA

FECHA: SEPTIEMBRE - 2015

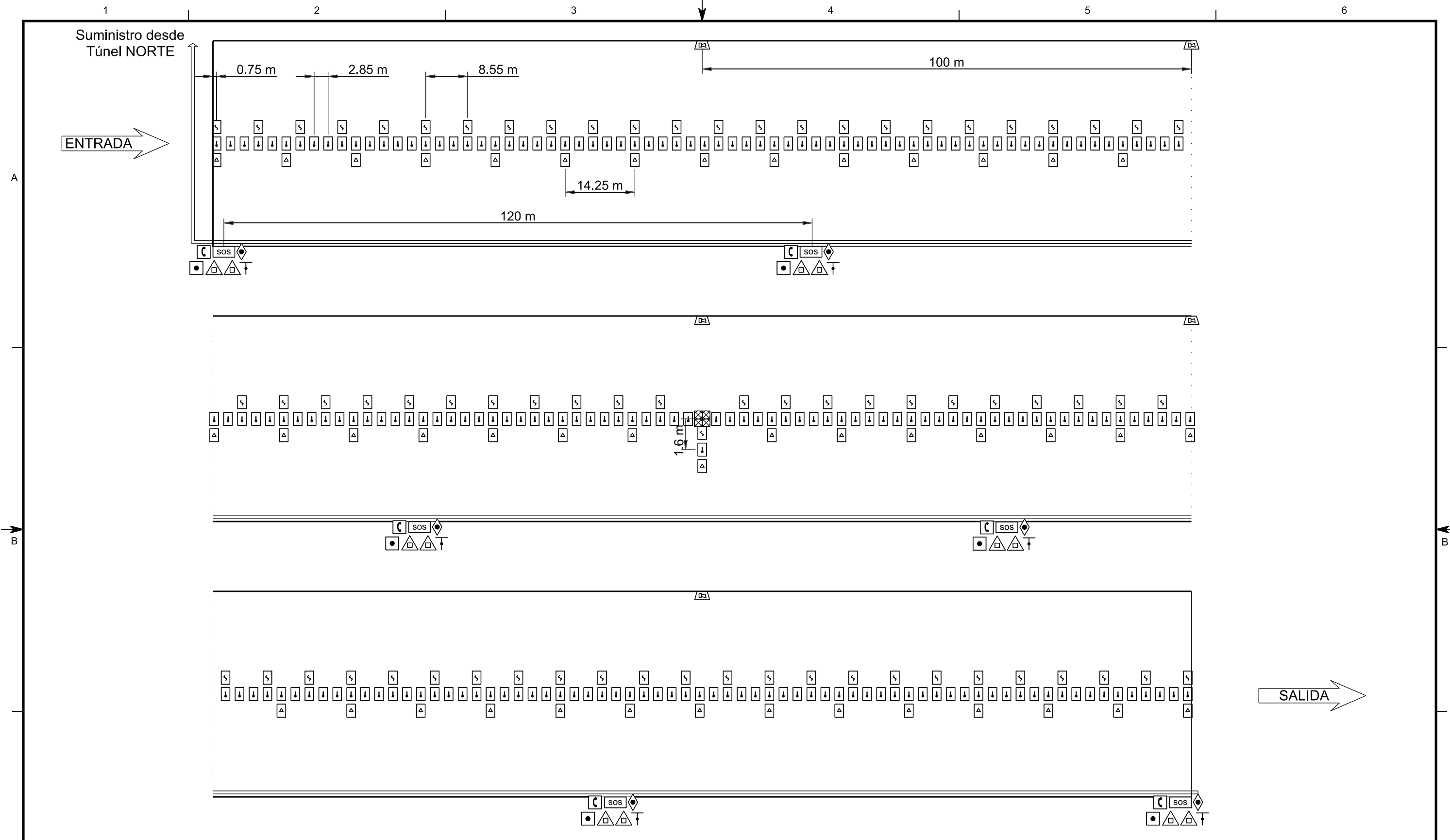
PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
 DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA

TRABAJO FIN DE GRADO


ELEMENTOS DE PROTECCIÓN: Túnel NORTE

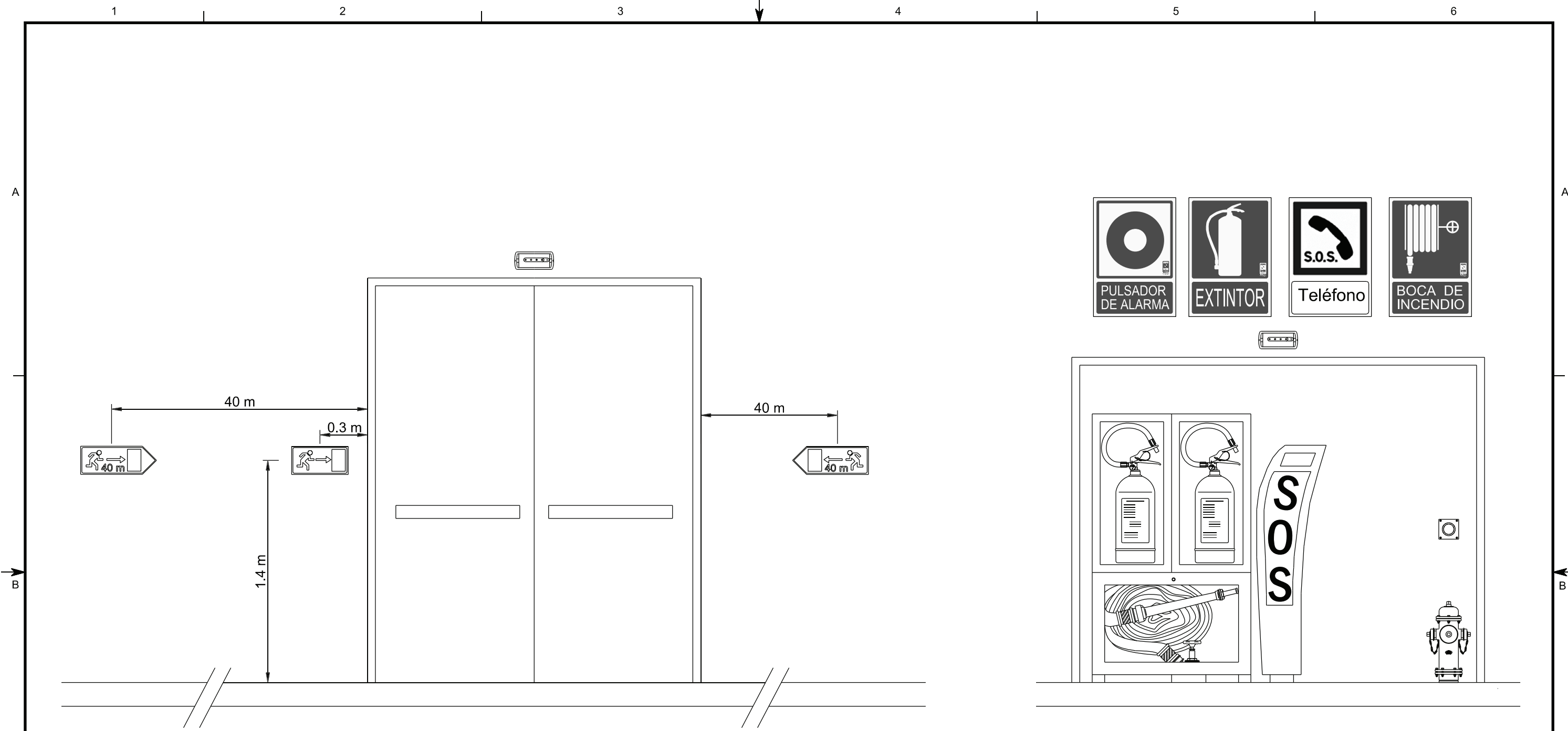
ESCALA: Horiz.: 1 : 750  
 Vert.: 1 : 250

HOJA Nº: 08 SIGUE EN: 09




SIMBOLOGÍA IDÉNTICA A LA DEL PLANO ANTERIOR

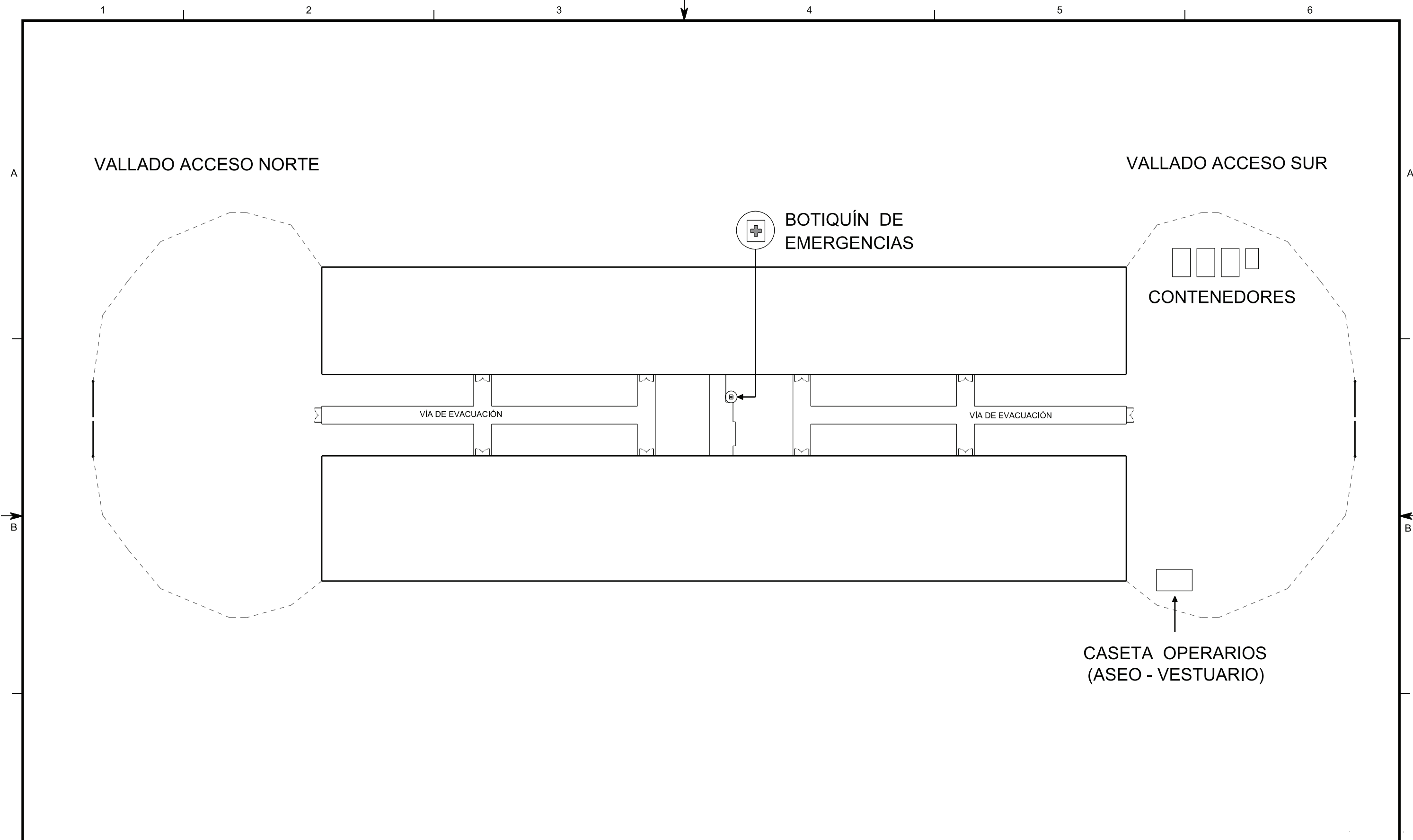
 <b>VNiVERSiDAD</b> <b>DE SALAMANCA</b>	<b>PETICIONARIO:</b> ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	<b>PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b> <b>DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA</b> TRABAJO FIN DE GRADO	
	<b>TUTORES:</b> DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR		
	<b>DIBUJADO POR:</b> JESÚS GÓMEZ GARCÍA	<b>ELEMENTOS DE PROTECCIÓN: Túnel SUR</b>	
	<b>FECHA:</b> SEPTIEMBRE - 2015		
		<b>HOJA Nº:</b> 09	<b>SIGUE EN:</b> 10



DETALLE SEÑALIZACIÓN: SALIDA DE EMERGENCIA

DETALLE SEÑALIZACIÓN: PUESTO DE EMERGENCIA

 <b>VNiVERSiDAD</b> <b>DE SALAMANCA</b>	<b>PETICIONARIO:</b> ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	<b>PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b> <b>DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA</b> TRABAJO FIN DE GRADO		
	<b>TUTORES:</b> DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR			
	<b>DIBUJADO POR:</b> JESÚS GÓMEZ GARCÍA	<b>DETALLES SEÑALIZACIÓN</b>		<b>ESCALA:</b> 1 : 25
	<b>FECHA:</b> SEPTIEMBRE - 2015			<b>HOJA Nº:</b> 10



**VNiVERSiDAD  
D SALAMANCA**

PETICIONARIO:	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
TUTORES:	DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR
DIBUJADO POR:	JESÚS GÓMEZ GARCÍA
FECHA:	SEPTIEMBRE - 2015

**PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA**  
TRABAJO FIN DE GRADO

<b>SEGURIDAD Y SALUD</b>	ESCALA:	Horiz.: 1 : 2000 Vert.: 1 : 300
	HOJA Nº:	11 SIGUE EN: 12

1

2

3

4

5

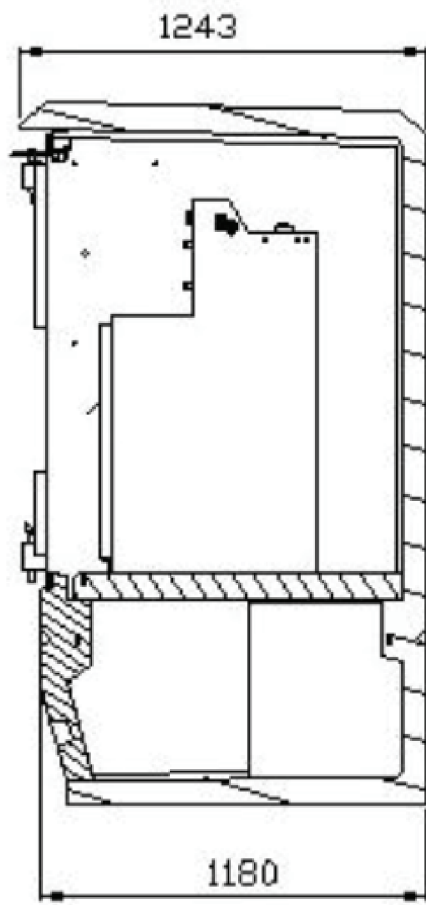
6

A

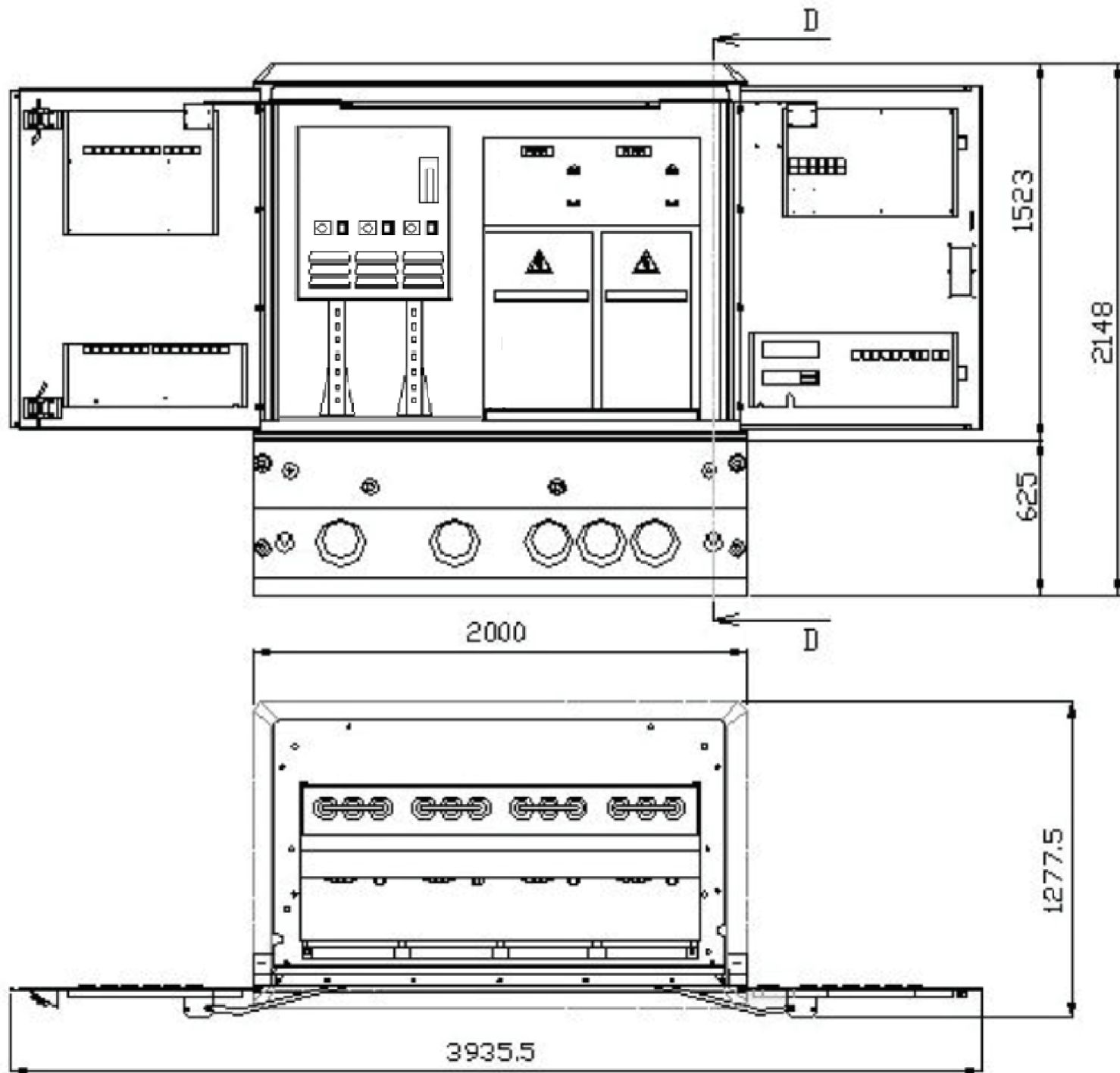
B

A

B



SECCIÓN D-D



VNiVERSiDAD  
D SALAMANCA

PETICIONARIO: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TUTORES: DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR

DIBUJADO POR: JESÚS GÓMEZ GARCÍA

FECHA: SEPTIEMBRE - 2015

PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA

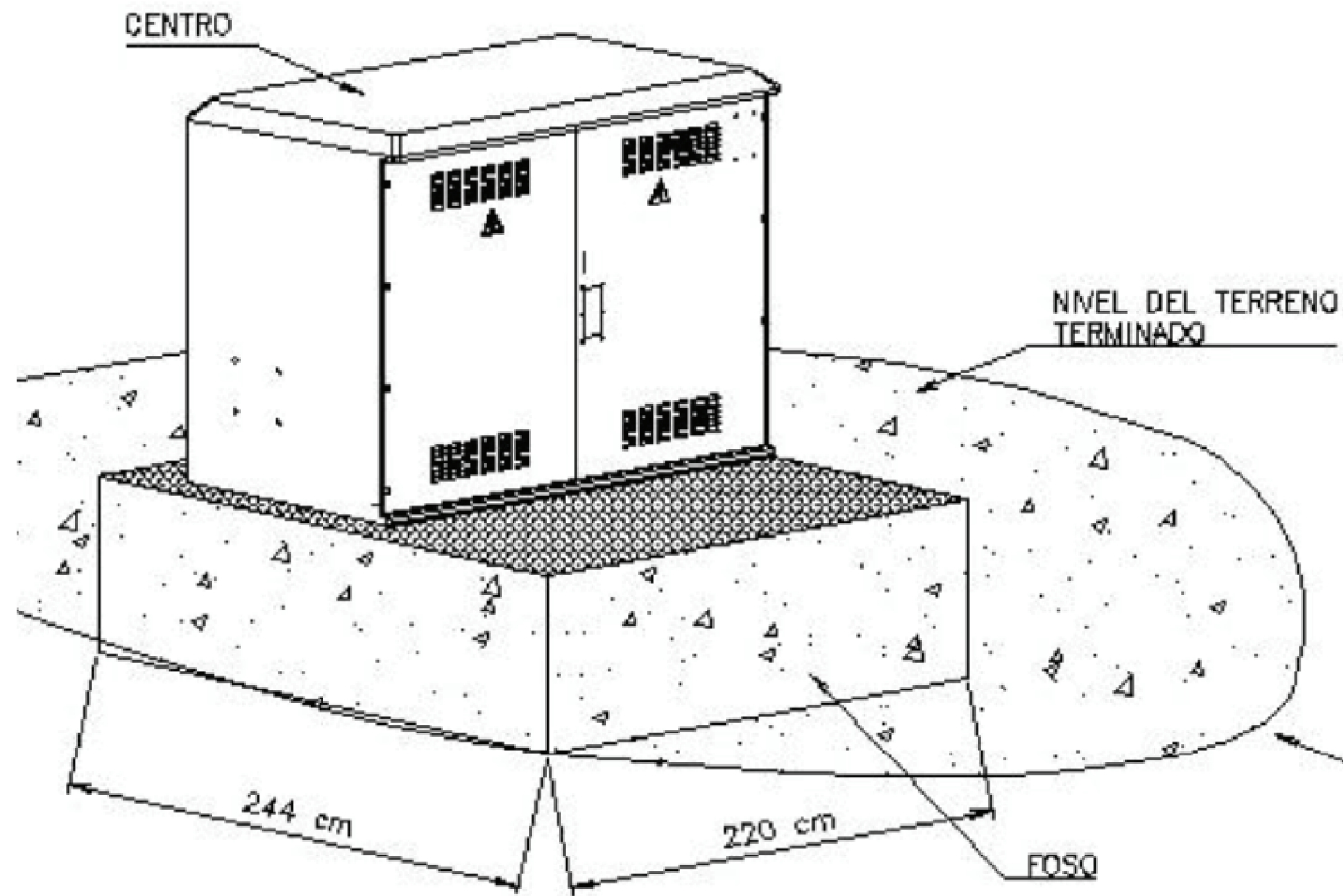
TRABAJO FIN DE GRADO

DIMENSIONES C.S.

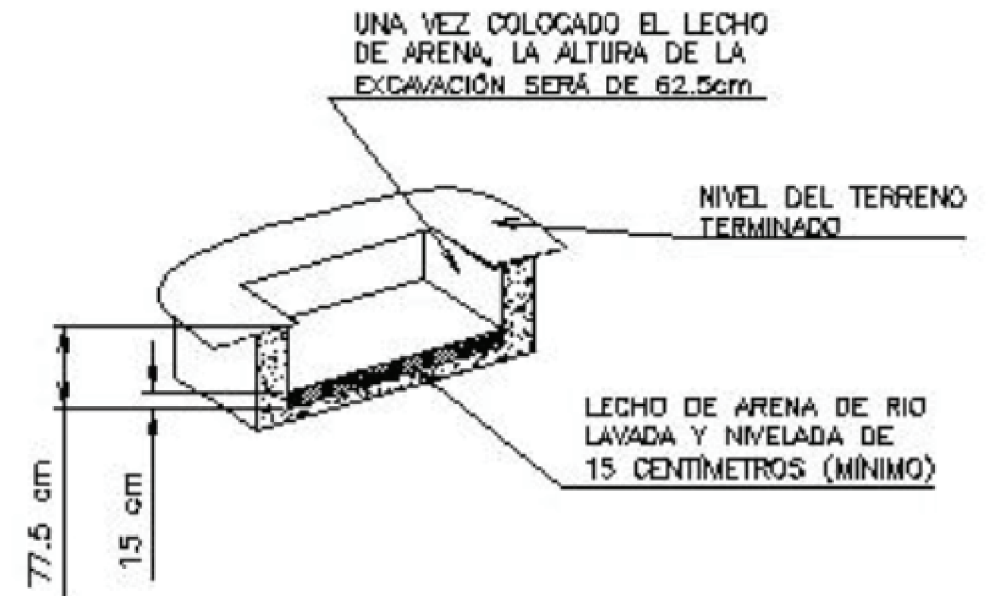
ESCALA: -

HOJA Nº: 12 SIGUE EN: 13

### VISTA DE LA EXCAVACIÓN



### SECCIÓN DE FOSO



VISTA FRONTAL



**VNiVERSiDAD  
D SALAMANCA**

PETICIONARIO: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TUTORES: DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR

DIBUJADO POR: JESÚS GÓMEZ GARCÍA

FECHA: SEPTIEMBRE - 2015

PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA

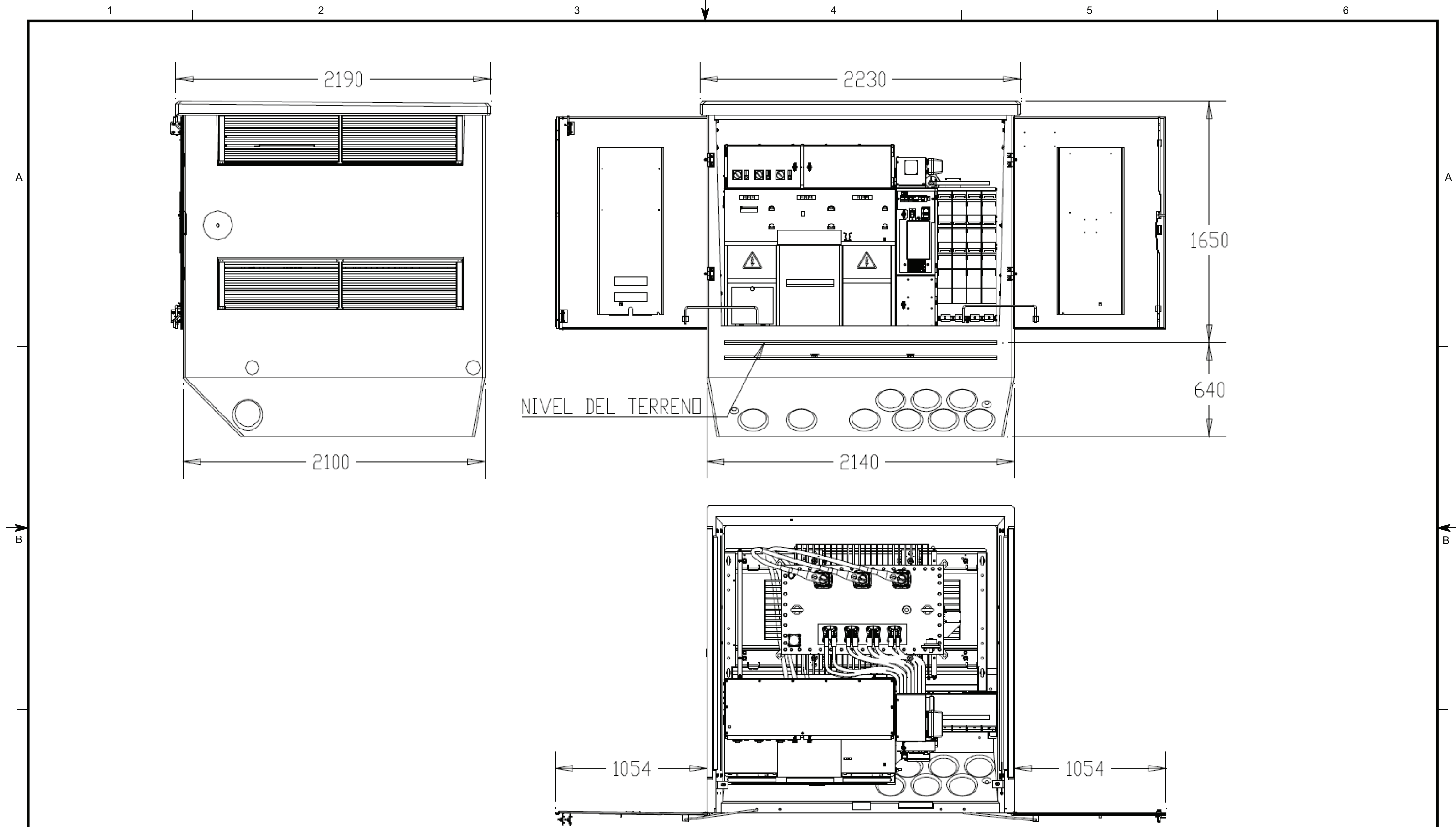
TRABAJO FIN DE GRADO

FOSO C.S.

ESCALA: -

HOJA Nº: 13 SIGUE EN: 14





**VNiVERSiDAD  
D SALAMANCA**

PETICIONARIO:	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
TUTORES:	DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR
DIBUJADO POR:	JESÚS GÓMEZ GARCÍA
FECHA:	SEPTIEMBRE - 2015

**PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA**  
TRABAJO FIN DE GRADO

DIMENSIONES C.T.

ESCALA:	-
HOJA Nº:	14 SIGUE EN: 15

1

2

3

4

5

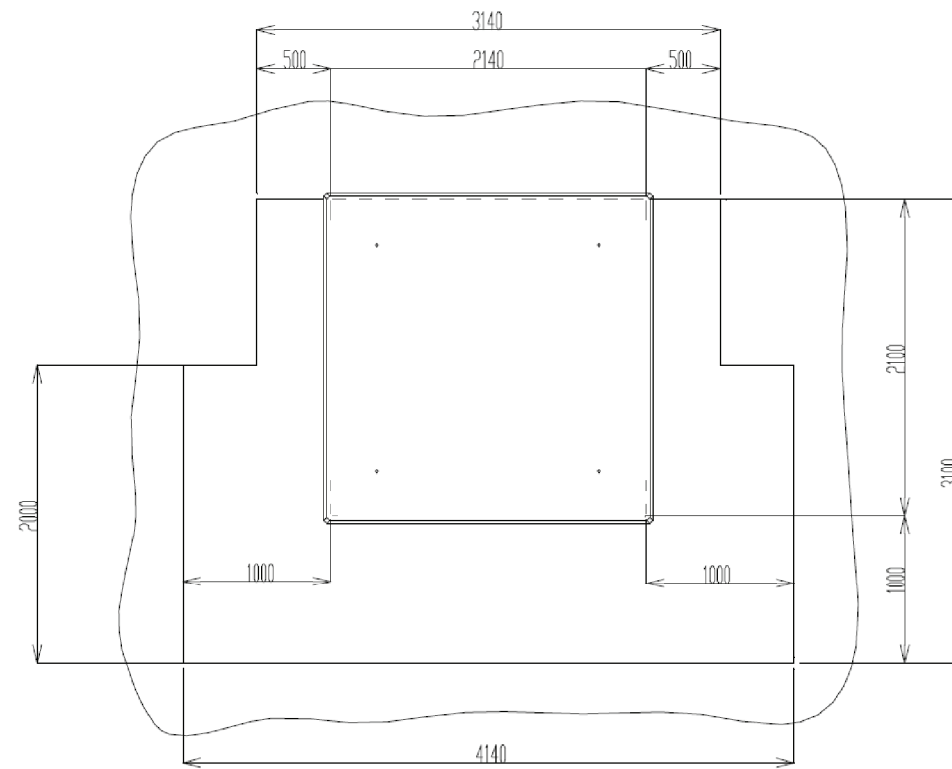
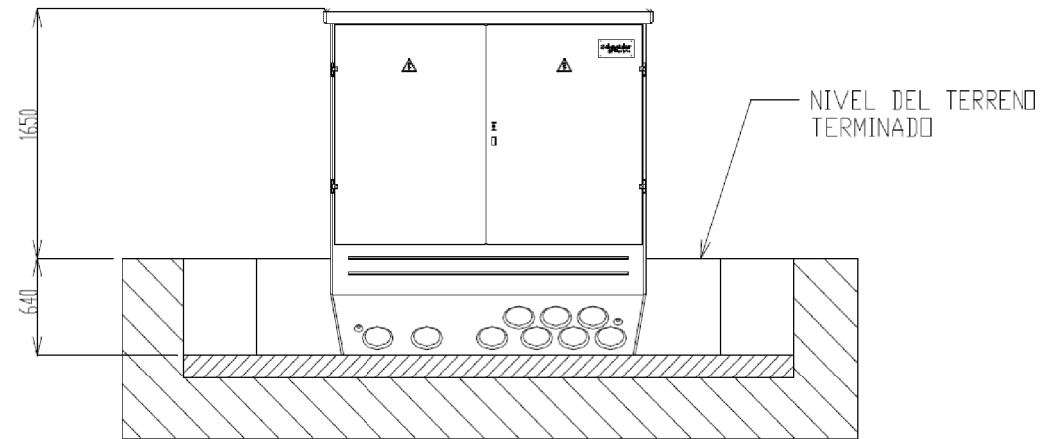
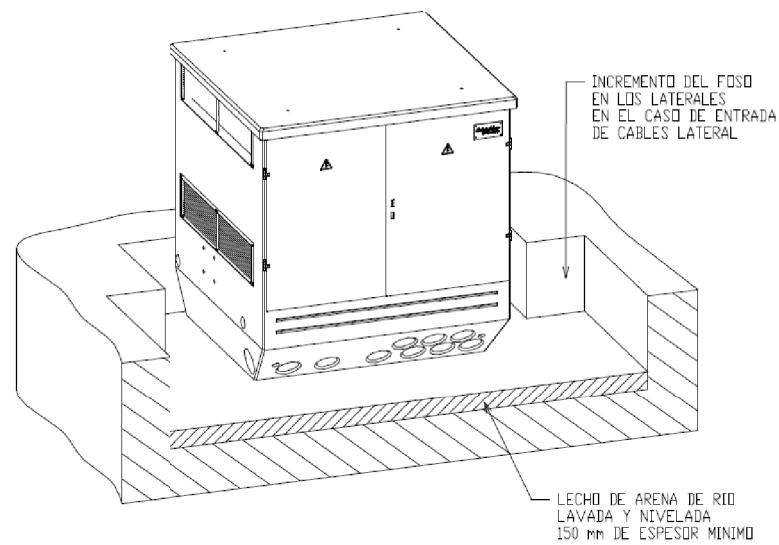
6

A

B

A

B



VNiVERSiDAD  
D SALAMANCA

PETICIONARIO: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TUTORES: DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR

DIBUJADO POR: JESÚS GÓMEZ GARCÍA

FECHA: SEPTIEMBRE - 2015

PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA

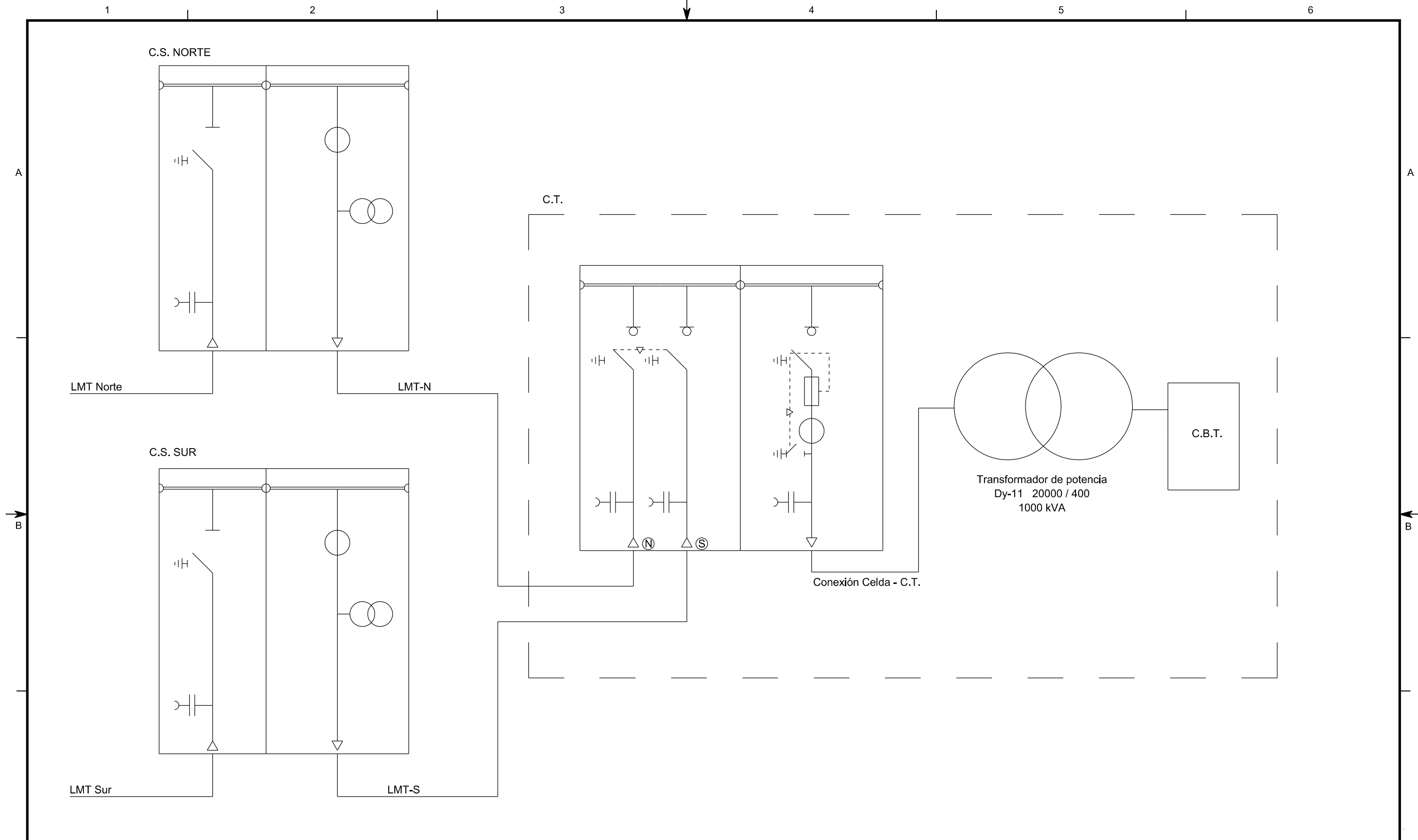
TRABAJO FIN DE GRADO

FOSO C.T.

ESCALA: -

HOJA Nº: 15 SIGUE EN: 16





**VNiVERSiDAD**  
**DE SALAMANCA**

PETICIONARIO: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TUTORES: DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR

DIBUJADO POR: JESÚS GÓMEZ GARCÍA

FECHA: SEPTIEMBRE - 2015

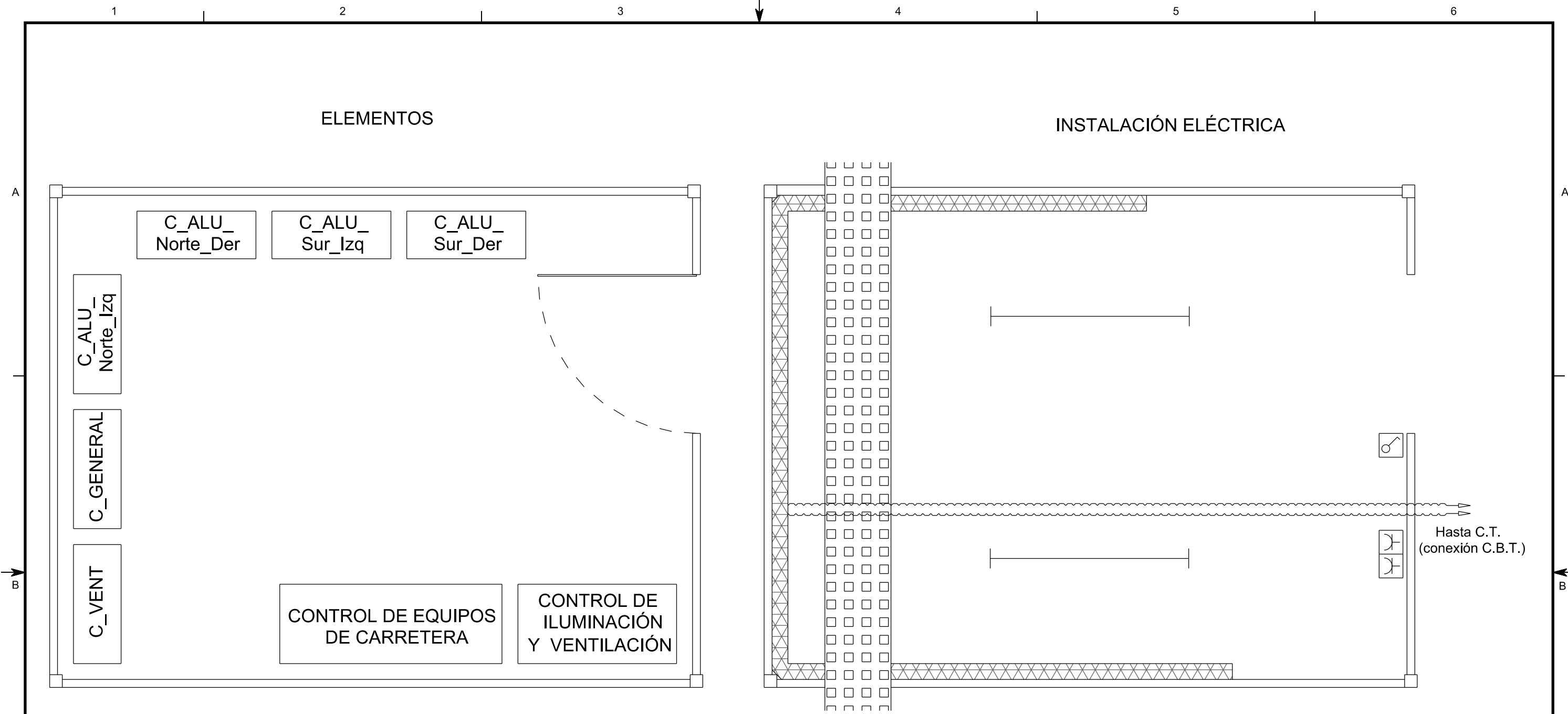
**PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA**

TRABAJO FIN DE GRADO

**ESQUEMA UNIFILAR MEDIA TENSIÓN**

ESCALA: -

HOJA Nº: 16 SIGUE EN: 17



	Toma de Fuerza		Tubo subterráneo
	Interruptor		Bandeja perforada
	Luminaria 36 W		Canaleta cerrada



PETICIONARIO: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TUTORES: DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR

DIBUJADO POR: JESÚS GÓMEZ GARCÍA

FECHA: SEPTIEMBRE - 2015

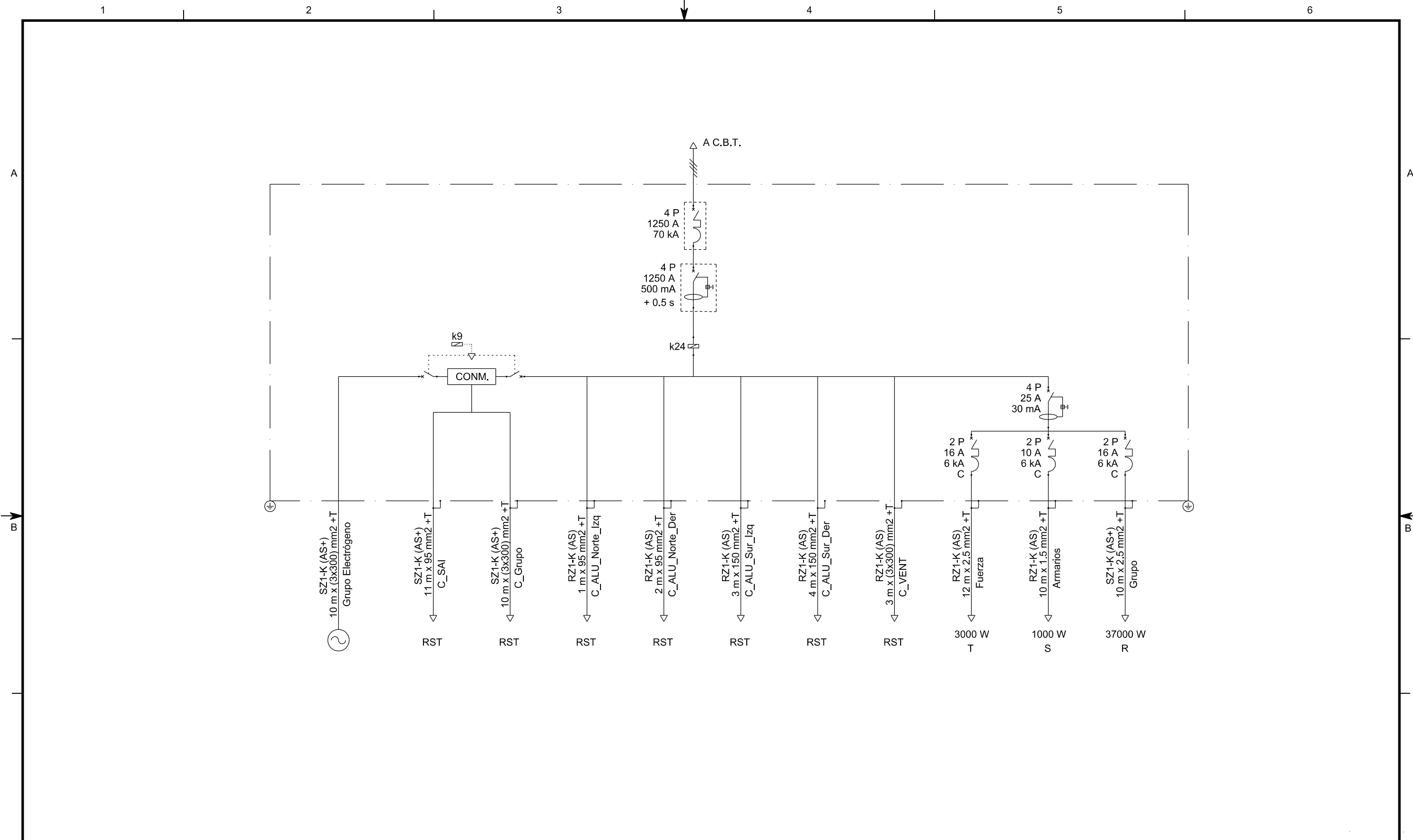
**PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA**

TRABAJO FIN DE GRADO

**DETALLES RECINTO PROTECCIÓN Y CONTROL**

ESCALA: 1 : 50

HOJA Nº: 17 SIGUE EN: 18



**VNiVERSiDAD**  
**DE SALAMANCA**

PETICIONARIO:	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
TUTORES:	DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR
DIBUJADO POR:	JESÚS GÓMEZ GARCÍA
FECHA:	SEPTIEMBRE - 2015

<b>PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA</b> TRABAJO FIN DE GRADO	
<b>ESQUEMA UNIFILAR: CUADRO GENERAL</b>	ESCALA: - HOJA Nº: 18 SIGUE EN: 19

1

2

3

4

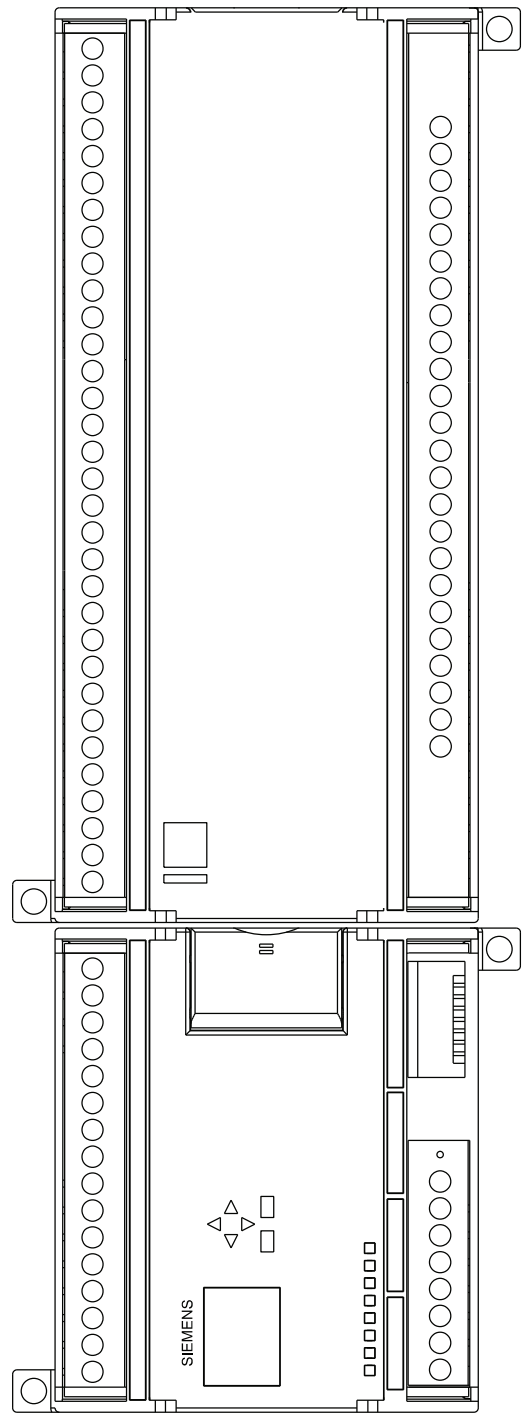
5

6

AUTÓMATA LOGO! SIEMENS + MÓDULO DE AMPLIACIÓN

- Detectores CO-NOx NORTE k10 I 01
- Detectores CO-NOx NORTE k11 I 02
- Detectores de Humo NORTE k12 I 03
- Detectores de Humo NORTE k13 I 04
- Detectores de Temperatura NORTE k14 I 05
- Detectores de Temperatura NORTE k15 I 06
- Detectores CO-NOx SUR k16 I 07
- Detectores CO-NOx SUR k17 I 08
- Detectores de Humo SUR k18 I 09
- Detectores de Humo SUR k19 I 10
- Detectores de Temperatura SUR k20 I 11
- Detectores de Temperatura SUR k21 I 12
- Interruptor manual Alumbrado k22 I 13
- Luxómetro k23 I 14
- Vigilancia de Red k24 I 15

- Q 1 k5 Ventilación NORTE
- Q 2 k6 Ventilación SUR
- Q 3 k7 Extracción NORTE
- Q 4 k8 Extracción SUR
- Q 5 k1 Alumbrado: Nivel SOLEADO
- Q 6 k2 Alumbrado: Nivel NUBLADO
- Q 7 k3 Alumbrado: Nivel NOCHE
- Q 8 k4 Alumbrado: Nivel EMERGENCIA
- Q 9 k9 Conmutador



**VNiVERSiDAD**  
**DE SALAMANCA**

PETICIONARIO: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TUTORES: DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR

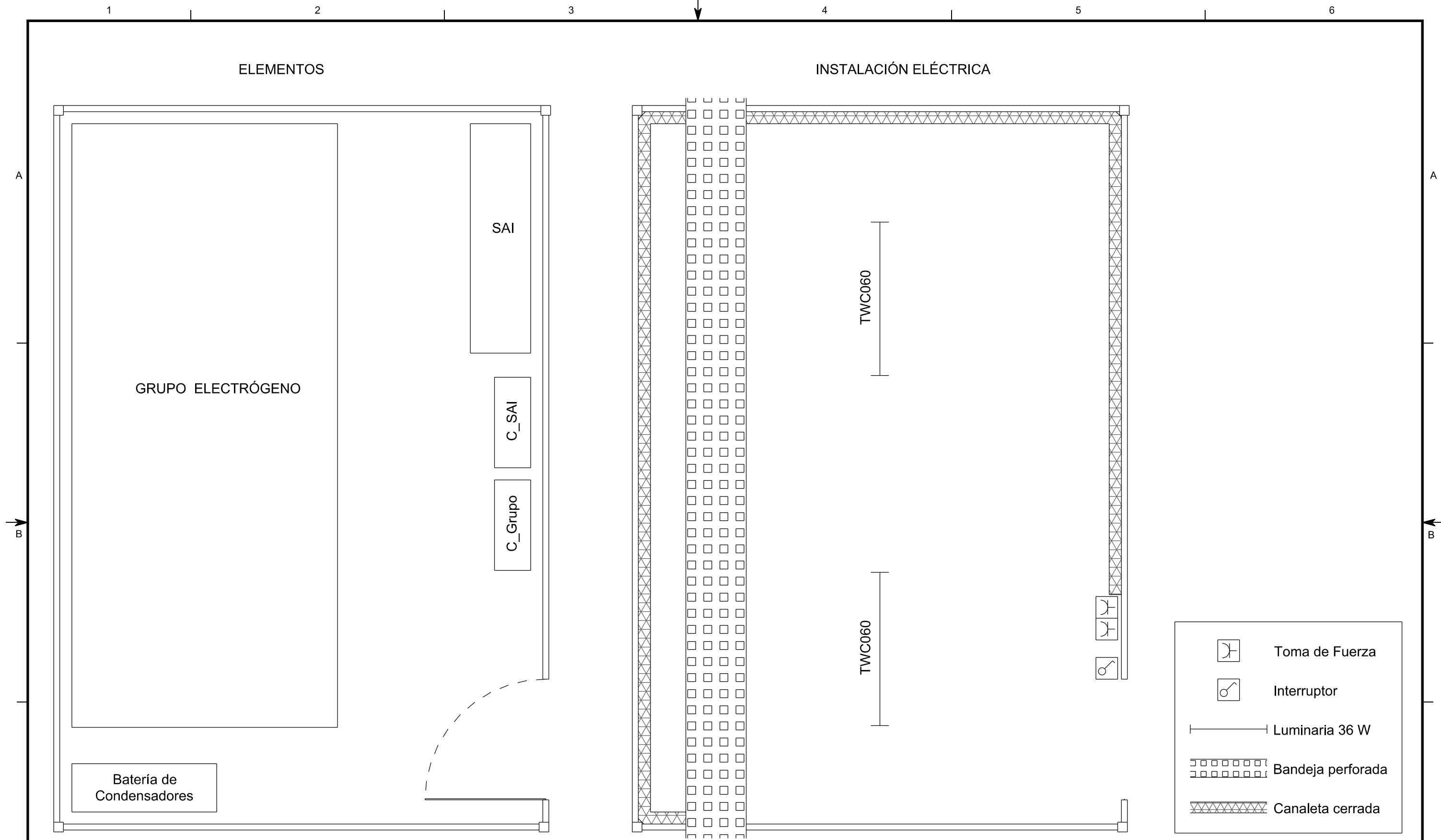
DIBUJADO POR: JESÚS GÓMEZ GARCÍA

FECHA: SEPTIEMBRE - 2015

PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA  
TRABAJO FIN DE GRADO

CABLEADO AUTÓMATA LOGO

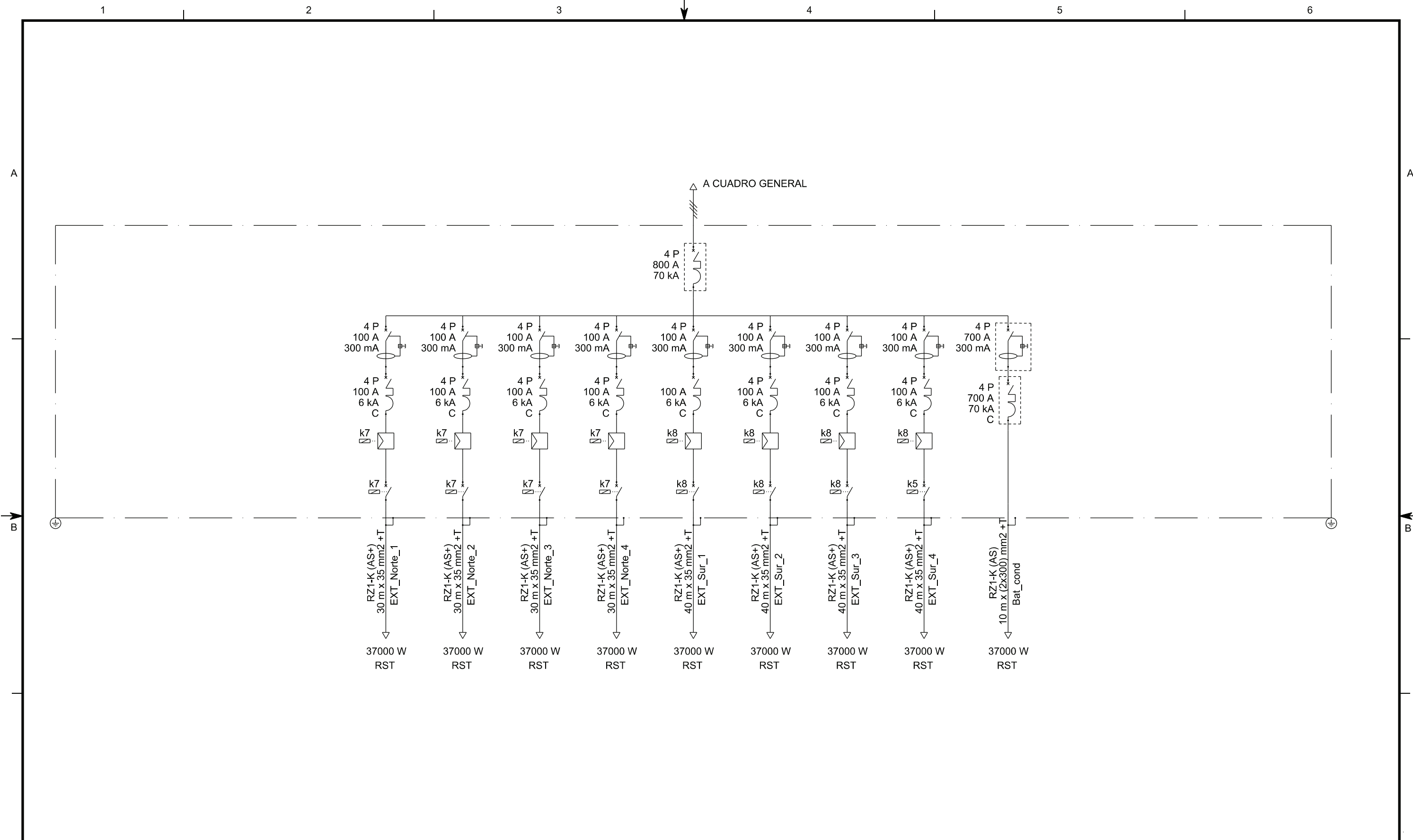
ESCALA: -  
HOJA Nº: 19 SIGUE EN: 20



**UNIVERSIDAD  
DE SALAMANCA**

PETICIONARIO:	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
TUTORES:	DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR
DIBUJADO POR:	JESÚS GÓMEZ GARCÍA
FECHA:	SEPTIEMBRE - 2015

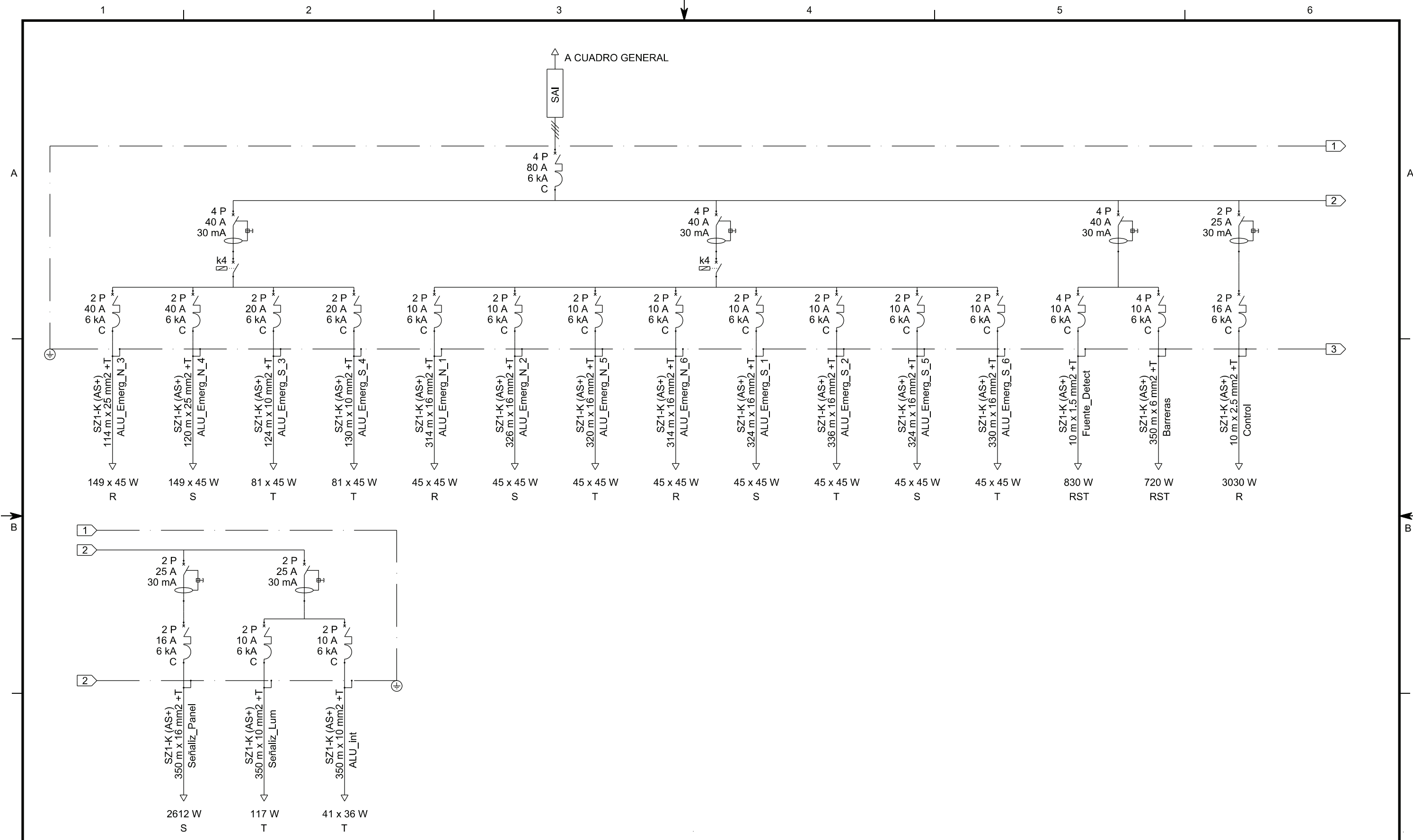
<b>PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA</b> TRABAJO FIN DE GRADO	
<b>DETALLES RECINTO GRUPO ELECTRÓGENO Y SAI</b>	ESCALA: 1 : 30 HOJA Nº: 20   SIGUE EN: 21



**VNiVERSiDAD  
D SALAMANCA**

PETICIONARIO:	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
TUTORES:	DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR
DIBUJADO POR:	JESÚS GÓMEZ GARCÍA
FECHA:	SEPTIEMBRE - 2015

<b>PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA</b> TRABAJO FIN DE GRADO	
<b>ESQUEMA UNIFILAR: C_GRUPO</b>	
ESCALA:	-
HOJA Nº:	21 SIGUE EN: 22



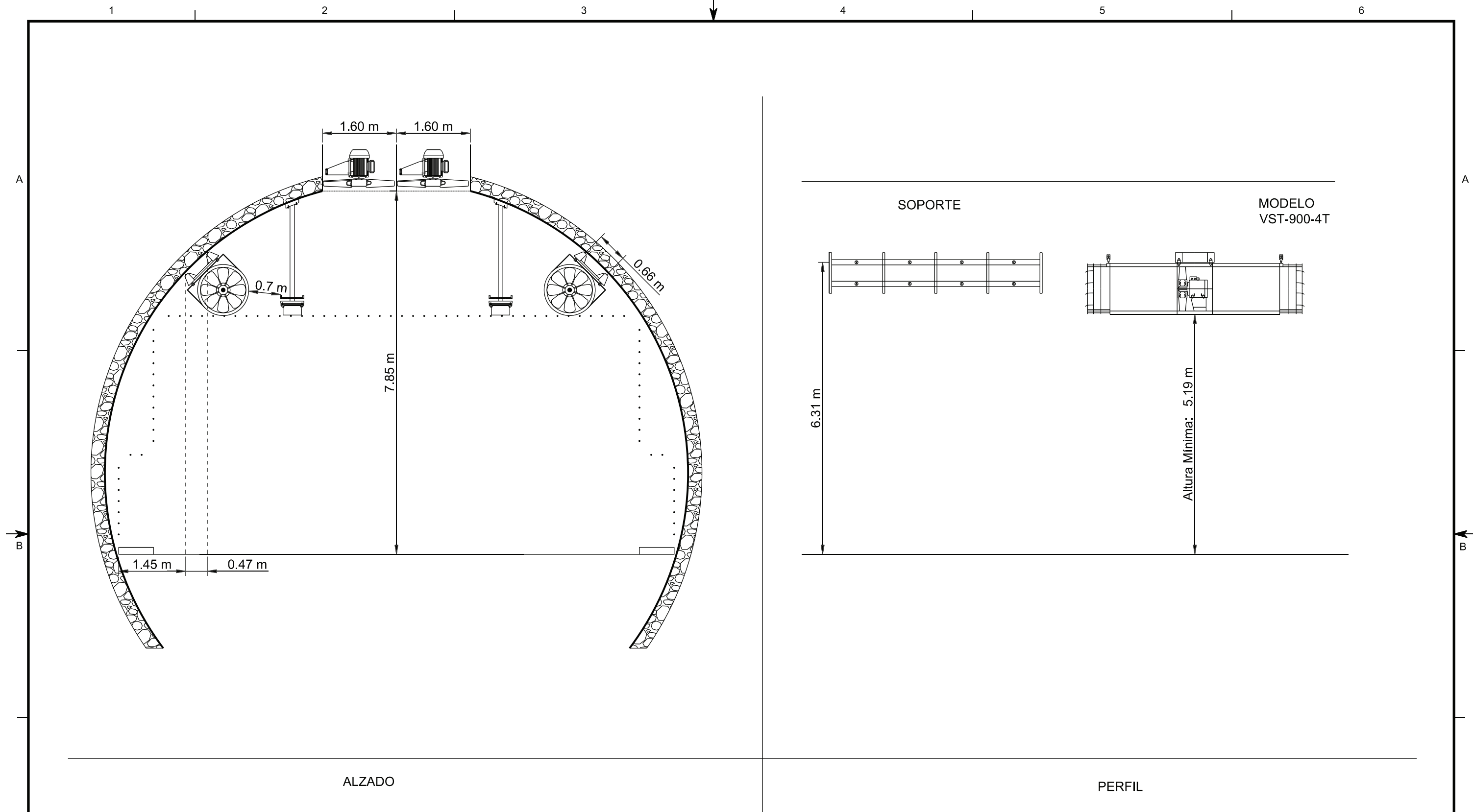
**VNIVERSIDAD  
SALAMANCA**

PETICIONARIO:	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
TUTORES:	DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR
DIBUJADO POR:	JESÚS GÓMEZ GARCÍA
FECHA:	SEPTIEMBRE - 2015

**PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA**  
TRABAJO FIN DE GRADO

ESQUEMA UNIFILAR: C\_SAI

ESCALA:	-
HOJA Nº:	22
SIGUE EN:	23



**UNIVERSIDAD  
DE SALAMANCA**

PETICIONARIO: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TUTORES: DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR

DIBUJADO POR: JESÚS GÓMEZ GARCÍA

FECHA: SEPTIEMBRE - 2015

**PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA**

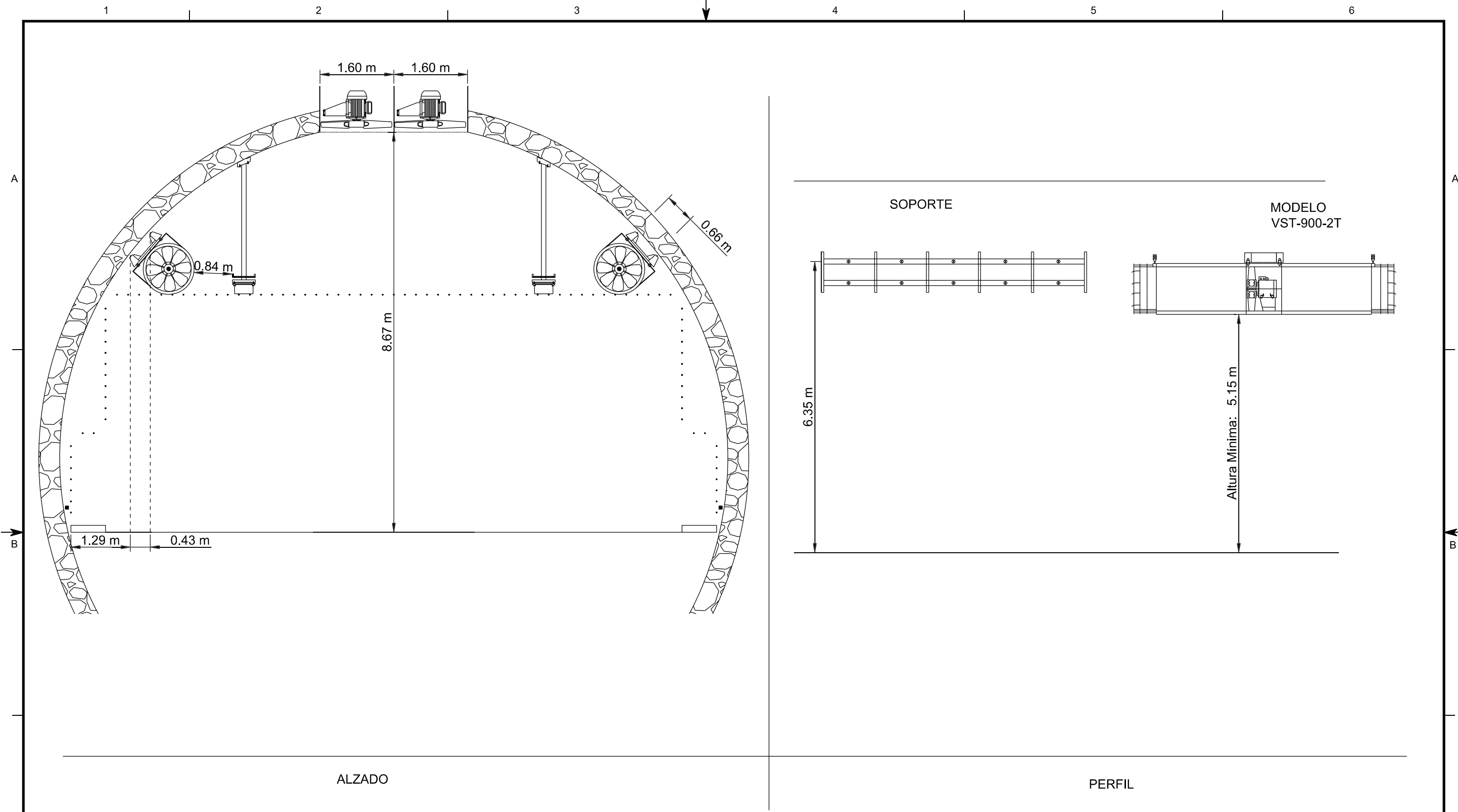
TRABAJO FIN DE GRADO

**VENTILACIÓN Y EXTRACCIÓN:**  
Alzado y perfil Túnel Norte

ESCALA: 1 : 80

HOJA Nº: 23 SIGUE EN: 24





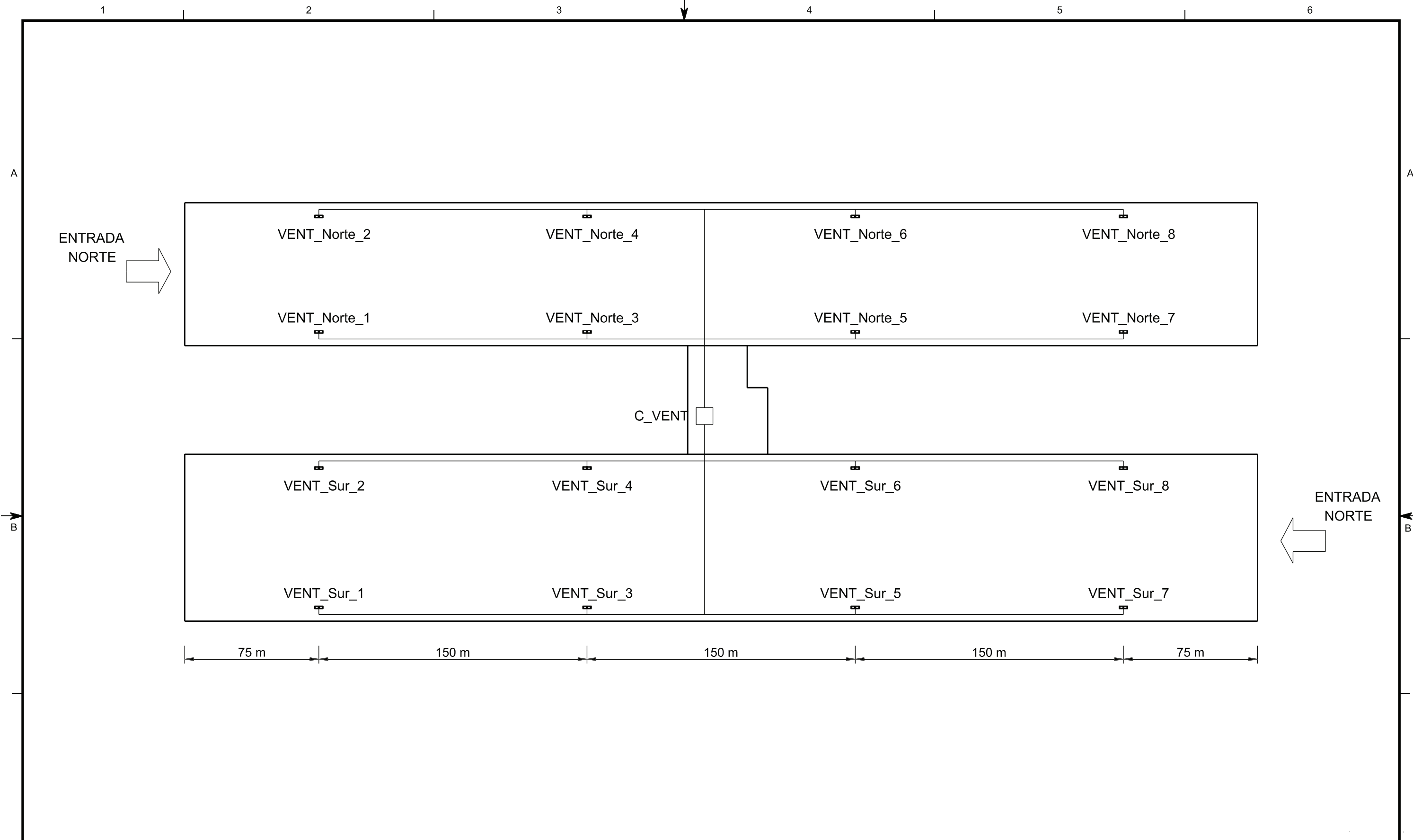
ALZADO

PERFIL



PETICIONARIO:	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
TUTORES:	DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR
DIBUJADO POR:	JESÚS GÓMEZ GARCÍA
FECHA:	SEPTIEMBRE - 2015

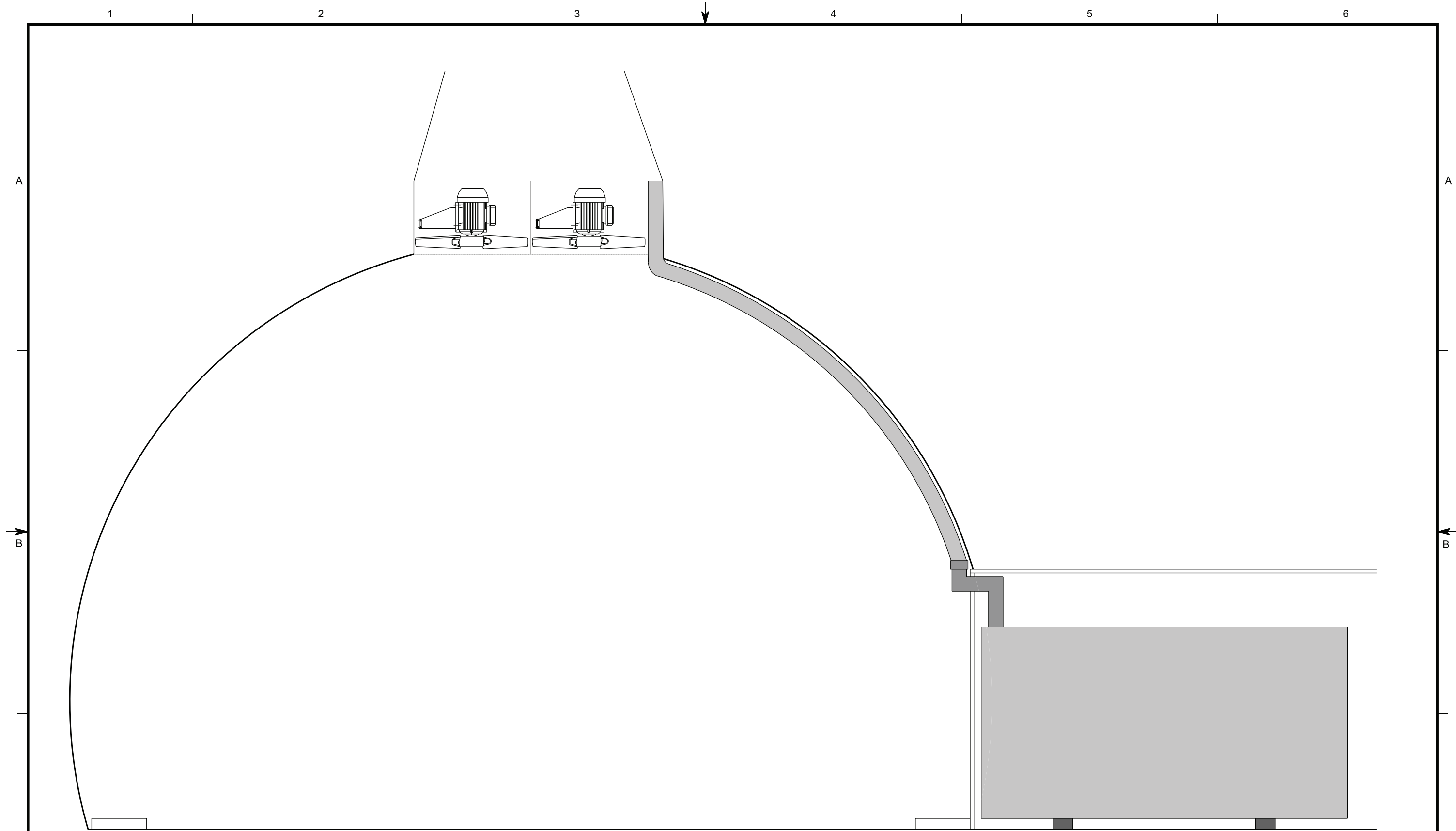
<b>PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA</b> TRABAJO FIN DE GRADO	
<b>VENTILACIÓN Y EXTRACCIÓN:</b> Alzado y perfil Sur	ESCALA: 1 : 80 HOJA Nº: 24 SIGUE EN: 25



**VNiVERSiDAD  
D SALAMANCA**

PETICIONARIO:	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
TUTORES:	DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR
DIBUJADO POR:	JESÚS GÓMEZ GARCÍA
FECHA:	SEPTIEMBRE - 2015

<b>PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA</b> TRABAJO FIN DE GRADO	
<b>PLANTA: Líneas de alimentación ventiladores</b>	ESCALA: Horiz.: 1 : 2000 Vert.: 1 : 300
	HOJA Nº: 25   SIGUE EN: 26



**VNiVERSiDAD  
D SALAMANCA**

PETICIONARIO: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TUTORES: DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR

DIBUJADO POR: JESÚS GÓMEZ GARCÍA

FECHA: SEPTIEMBRE - 2015

**PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA**

TRABAJO FIN DE GRADO

**ESCAPE DE HUMOS GRUPO ELECTRÓGENO**

ESCALA: 1 : 50

HOJA Nº: 26 SIGUE EN: 27

1

2

3

4

5

6

POZO EXTRACCIÓN TÚNEL SUR

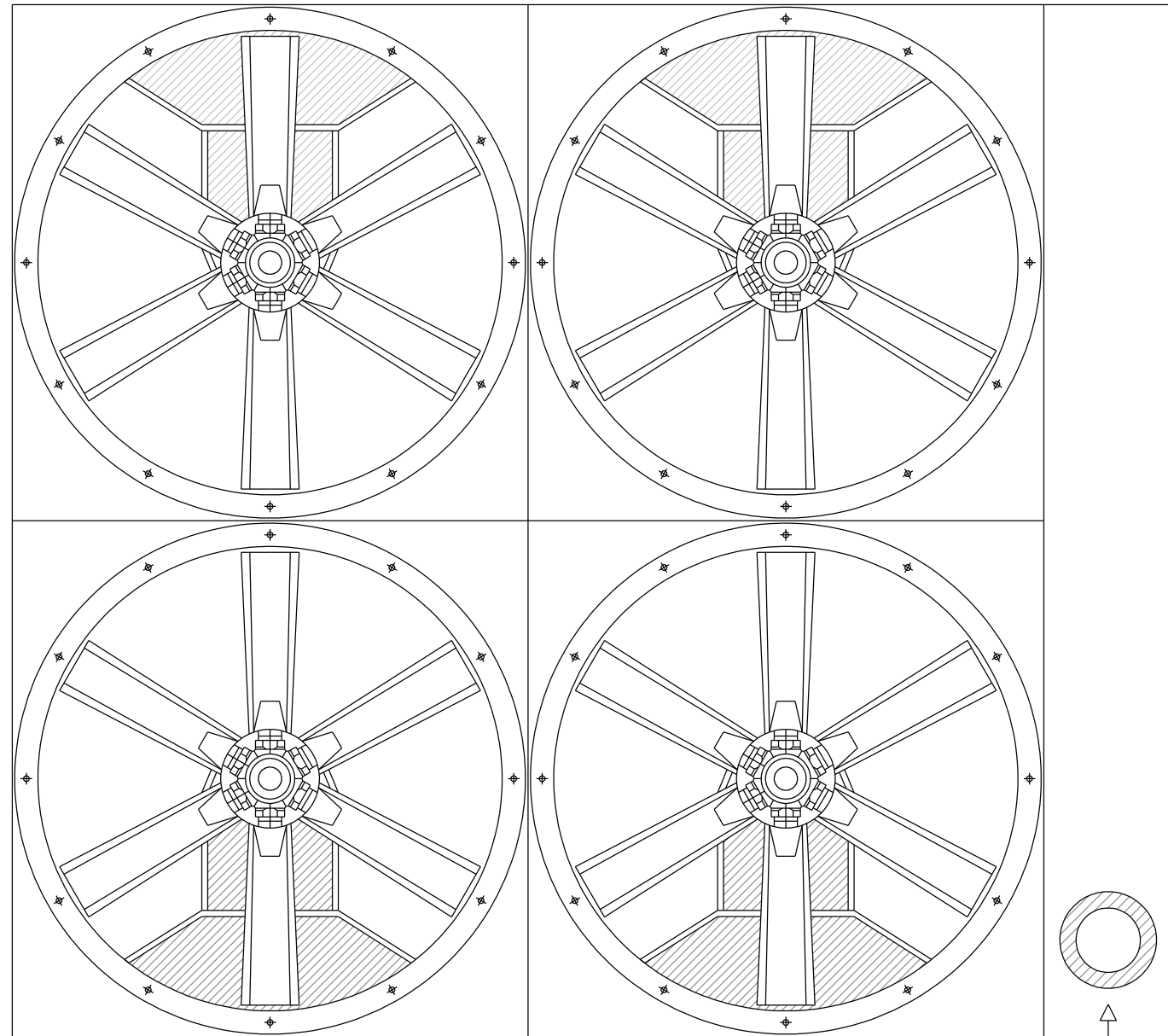
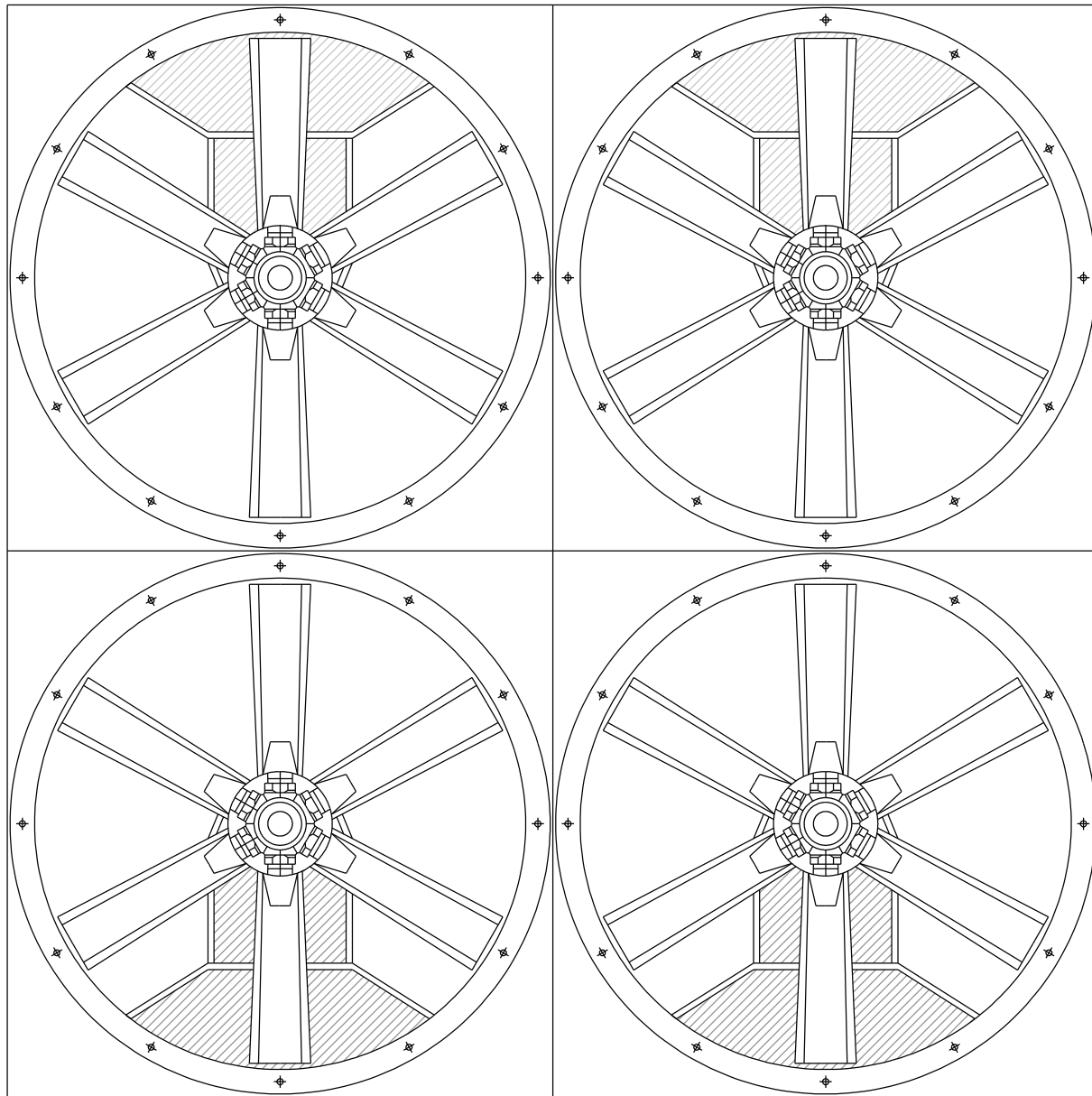
POZO EXTRACCIÓN TÚNEL NORTE

A

A

B

B



TUBO Ø200 mm ACERO INOXIDABLE  
GASES DE ESCAPE GRUPO ELECTRÓGENO



VNIVERSIDAD  
SALAMANCA

PETICIONARIO: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TUTORES: DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR

DIBUJADO POR: JESÚS GÓMEZ GARCÍA

FECHA: SEPTIEMBRE - 2015

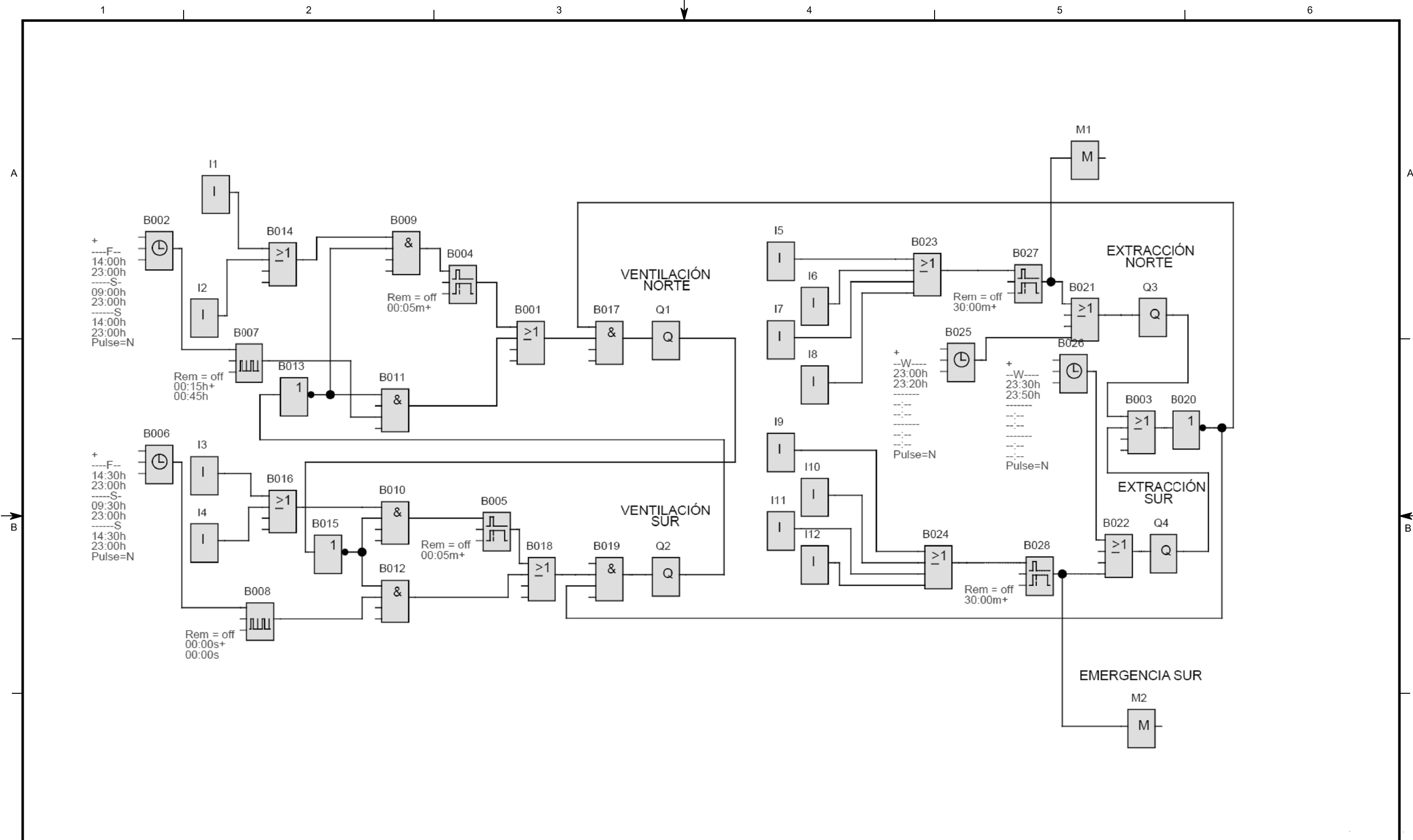
PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA


TRABAJO FIN DE GRADO

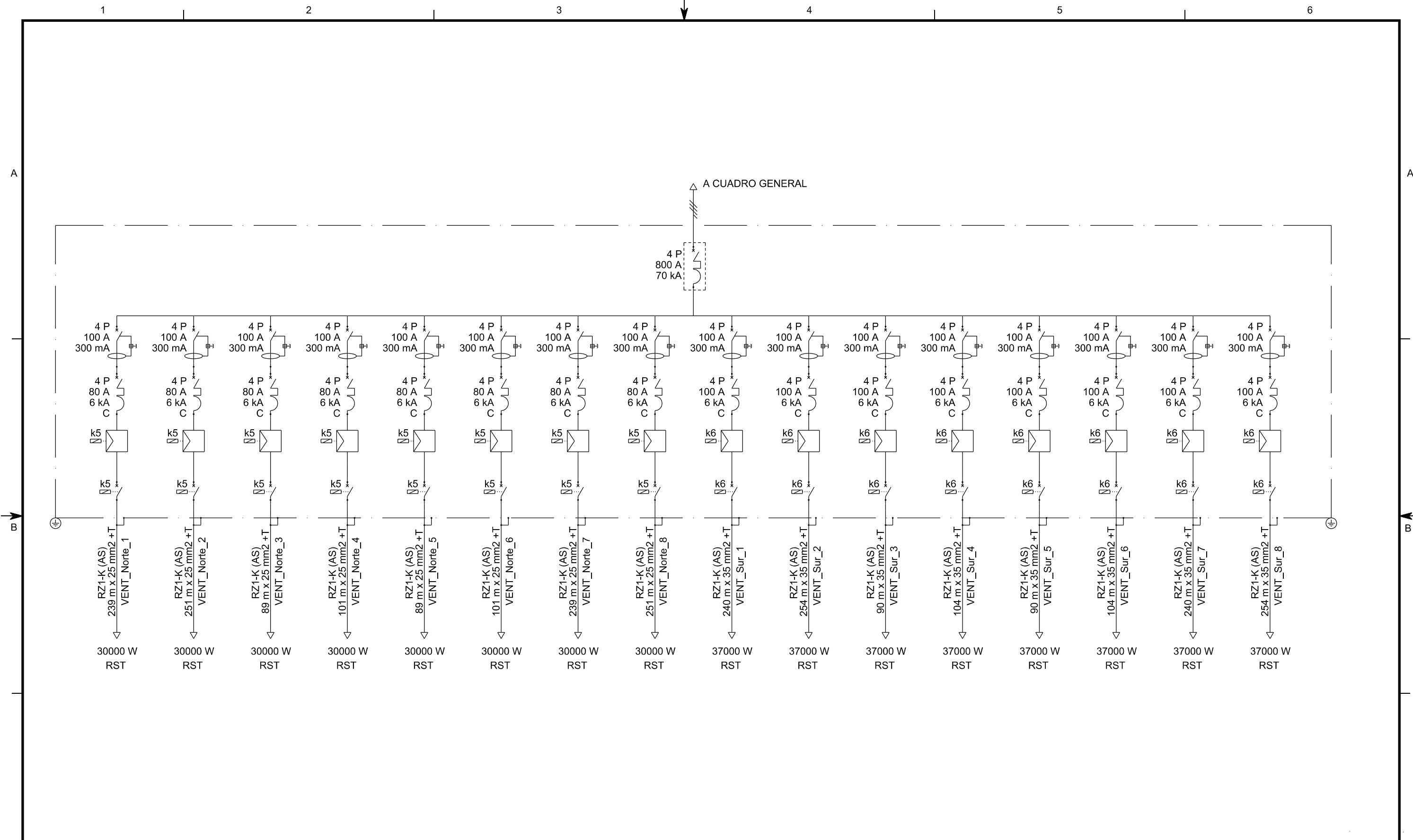
POZOS DE EXTRACCIÓN

ESCALA: 1 : 20

HOJA Nº: 27 SIGUE EN: 28



 <b>VNiVERSiDAD</b> <b>DE SALAMANCA</b>	<b>PETICIONARIO:</b> ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	<b>PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b> <b>DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA</b> TRABAJO FIN DE GRADO		
	<b>TUTORES:</b> DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR			
	<b>DIBUJADO POR:</b> JESÚS GÓMEZ GARCÍA	<b>PROGRAMACIÓN LOGO:</b> <b>VENTILACIÓN Y EXTRACCIÓN</b>		<b>ESCALA:</b> -
	<b>FECHA:</b> SEPTIEMBRE - 2015			<b>HOJA Nº:</b> 28



**VNiVERSiDAD**  
**DE SALAMANCA**

PETICIONARIO: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TUTORES: DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR

DIBUJADO POR: JESÚS GÓMEZ GARCÍA

FECHA: SEPTIEMBRE - 2015

**PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA**

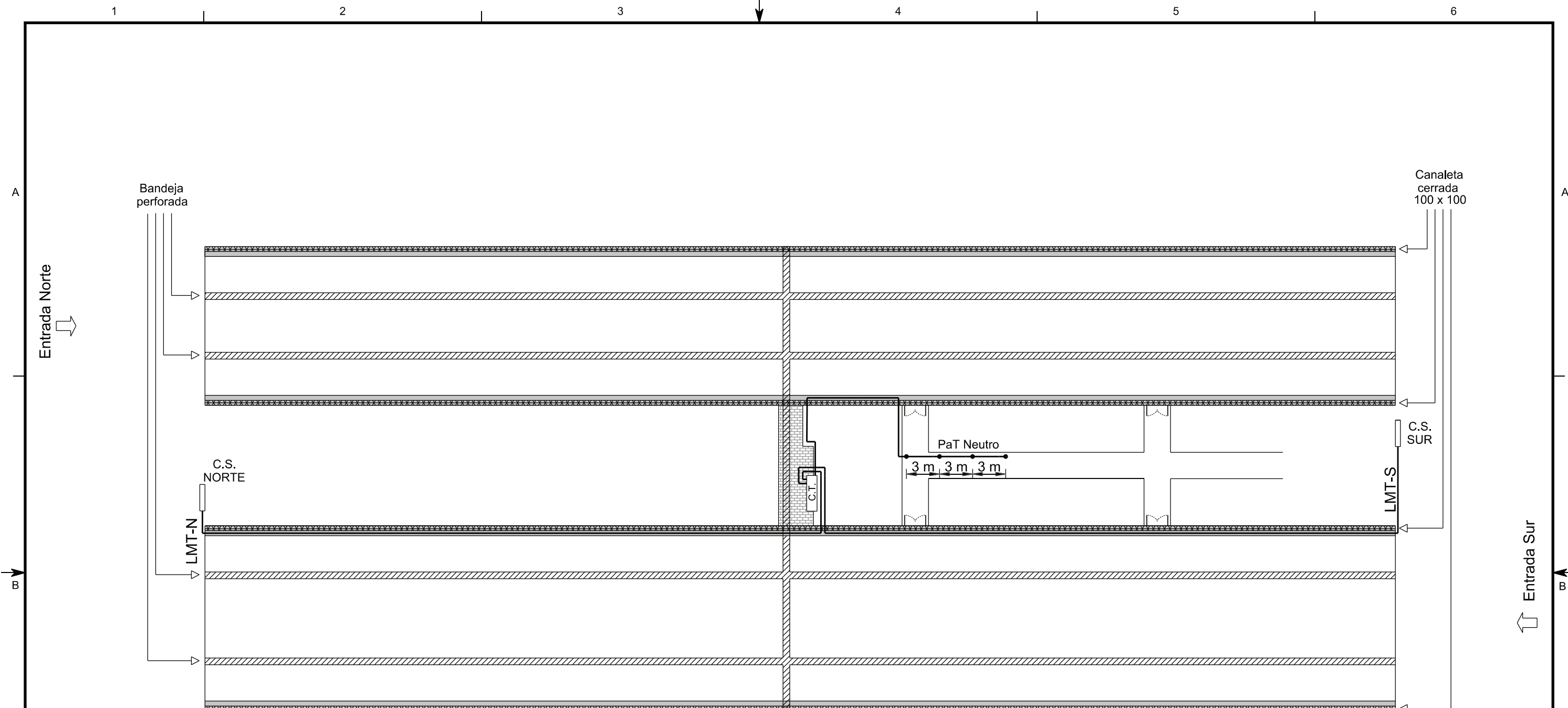
TRABAJO FIN DE GRADO

ESQUEMA UNIFILAR: C\_VENT

ESCALA: -

HOJA Nº: 29 SIGUE EN: 30



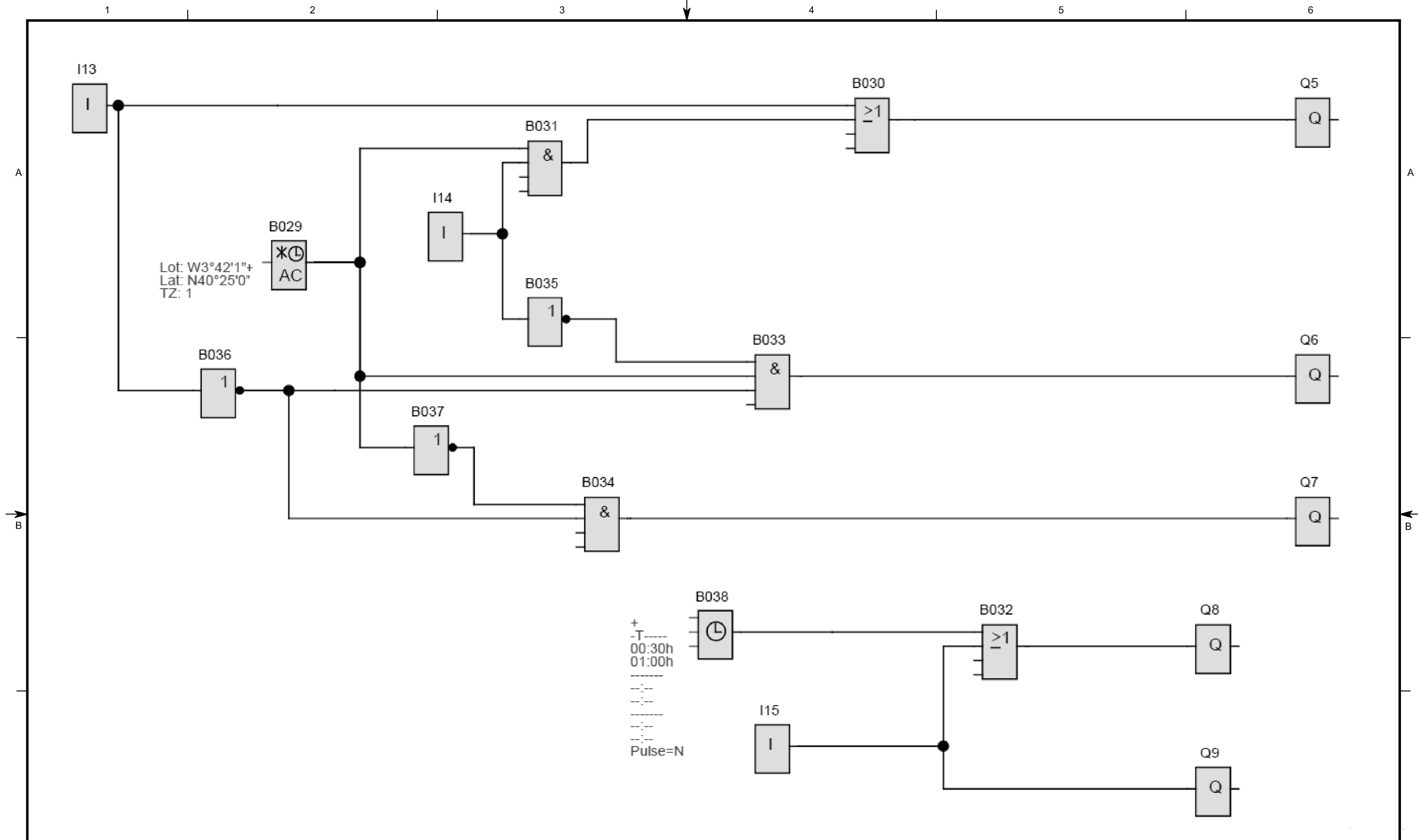



**VNiVERSiDAD  
D SALAMANCA**

PETICIONARIO:	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
TUTORES:	DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR
DIBUJADO POR:	JESÚS GÓMEZ GARCÍA
FECHA:	SEPTIEMBRE - 2015

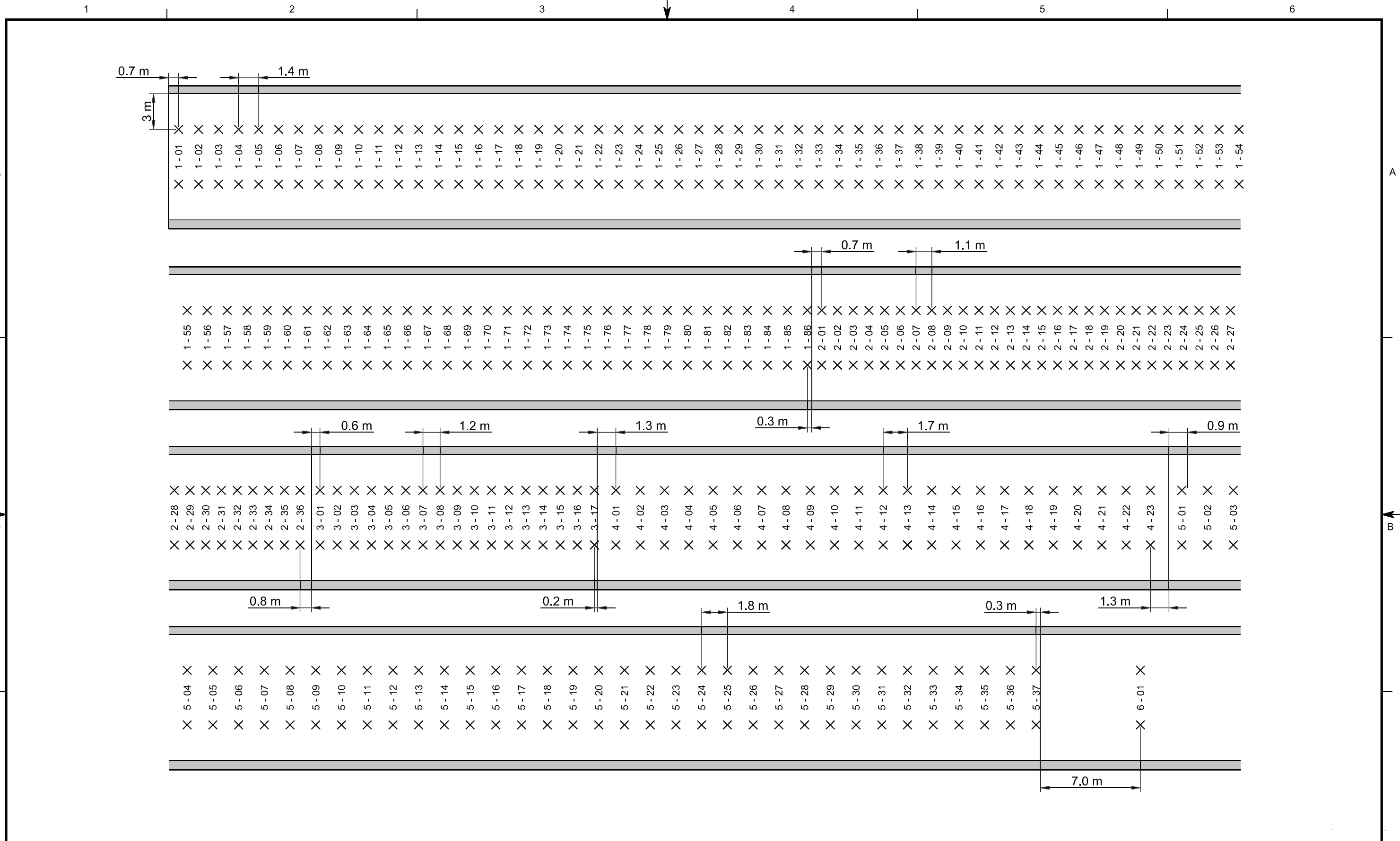
**PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA**  
TRABAJO FIN DE GRADO

<b>CANALIZACIONES</b>	ESCALA:	Horiz.: 1 : 2000 Vert.: 1 : 300
	HOJA Nº:	30 SIGUE EN: 31



 <b>VNiVERSiDAD</b> <b>DE SALAMANCA</b>	<b>PETICIONARIO:</b> ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	<b>PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA</b> TRABAJO FIN DE GRADO		
	<b>TUTORES:</b> DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR			
	<b>DIBUJADO POR:</b> JESÚS GÓMEZ GARCÍA	<b>PROGRAMACIÓN LOGO: ILUMINACIÓN</b>		<b>ESCALA:</b> -
	<b>FECHA:</b> SEPTIEMBRE - 2015			<b>HOJA Nº:</b> 31





**VNiVERSiDAD**  
**DE SALAMANCA**

PETICIONARIO: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TUTORES: DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR

DIBUJADO POR: JESÚS GÓMEZ GARCÍA

FECHA: SEPTIEMBRE - 2015

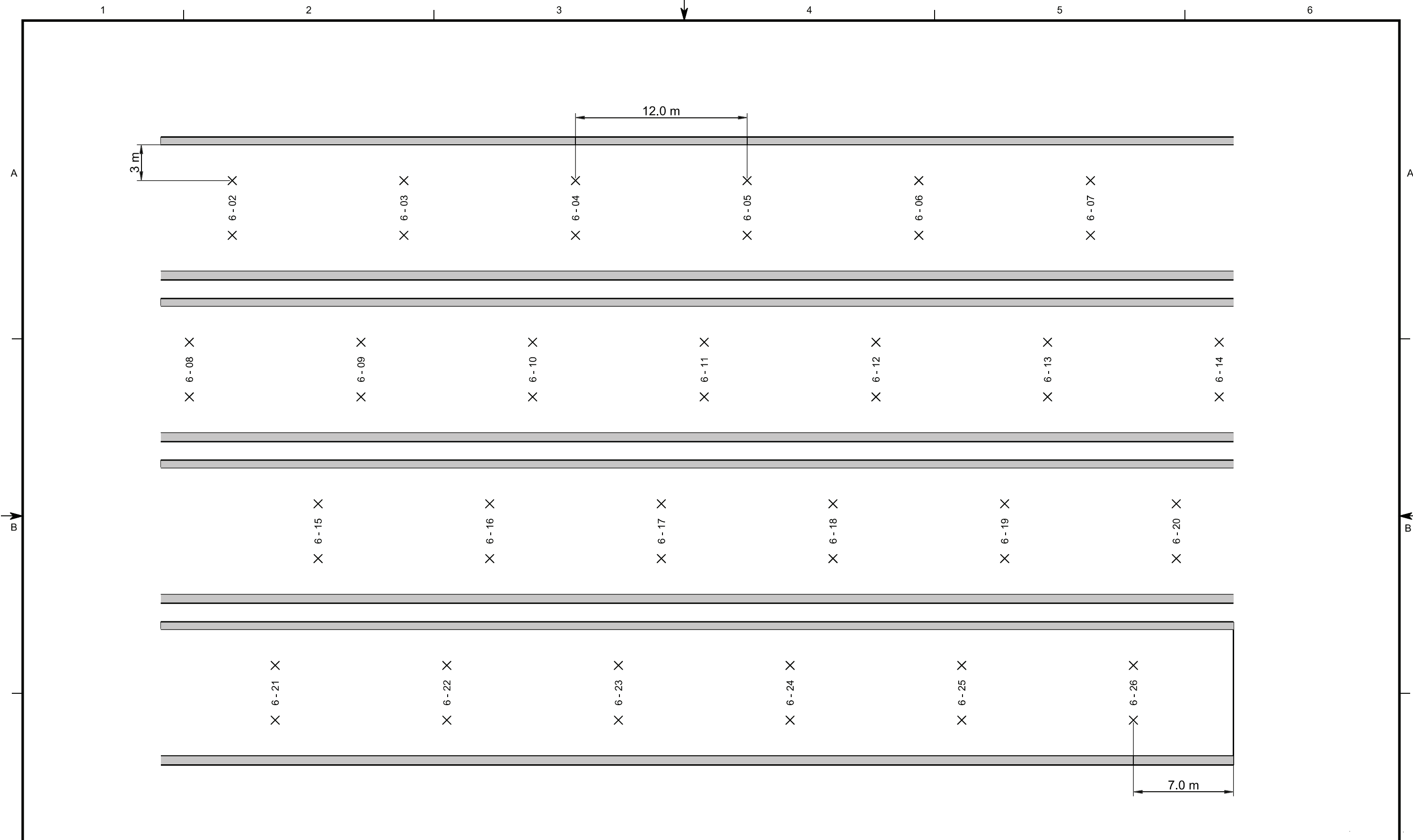
**PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA**

TRABAJO FIN DE GRADO

PUNTOS DE LUZ: Primera mitad Túnel NORTE.

ESCALA: Horiz.: 1 : 250  
Vert.: 1 : 400

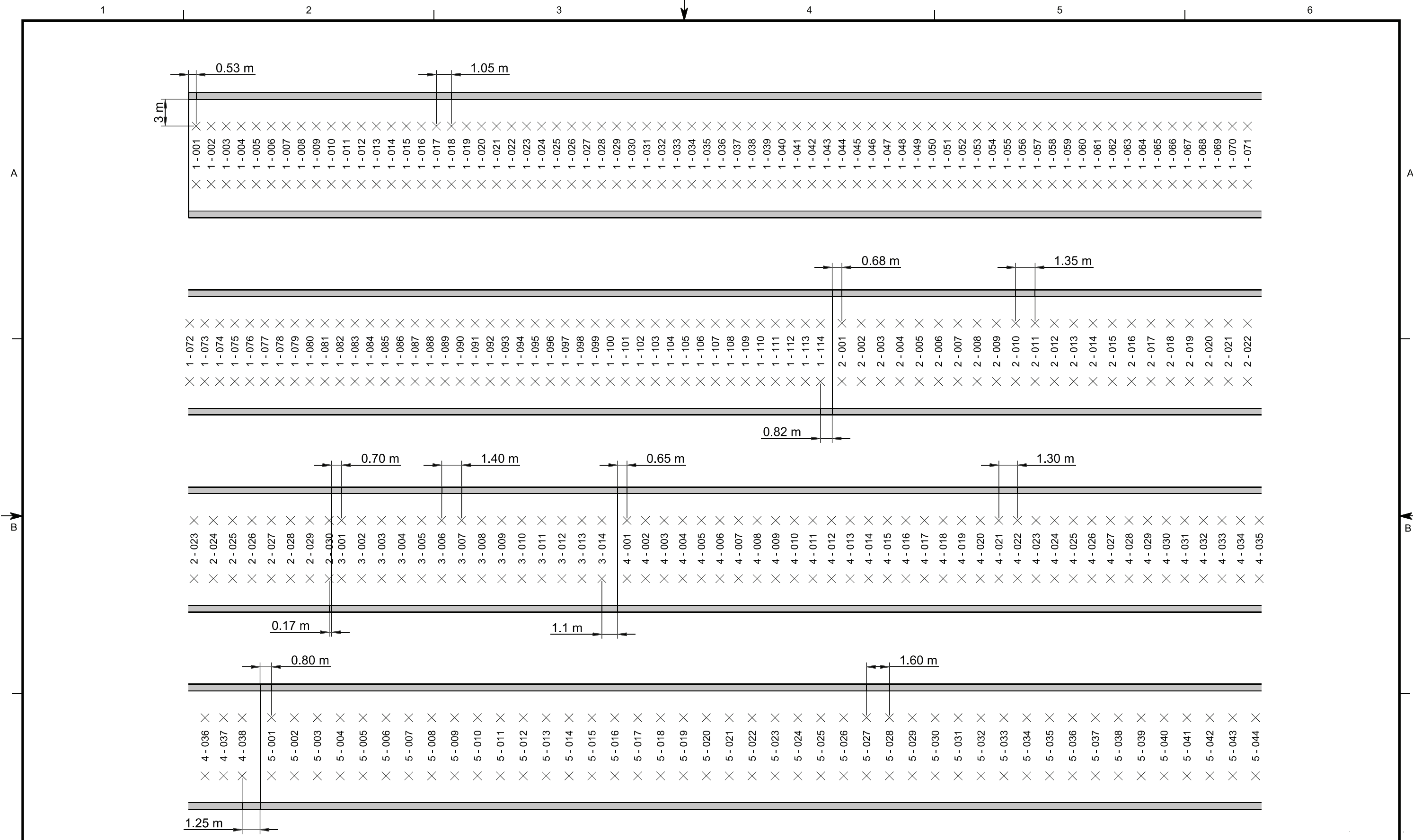
HOJA Nº: 32 SIGUE EN: 33



**VNiVERSiDAD  
D SALAMANCA**

PETICIONARIO:	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
TUTORES:	DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR
DIBUJADO POR:	JESÚS GÓMEZ GARCÍA
FECHA:	SEPTIEMBRE - 2015

<b>PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA</b> TRABAJO FIN DE GRADO	
<b>PUNTOS DE LUZ: Segunda mitad Túnel Norte</b>	ESCALA: Horiz.: 1 : 250 Vert.: 1 : 400
	HOJA Nº: 33   SIGUE EN: 34



**VNiVERSiDAD**  
**DSALAMANCA**

**PETICIONARIO:** ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**TUTORES:** DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR

**DIBUJADO POR:** JESÚS GÓMEZ GARCÍA

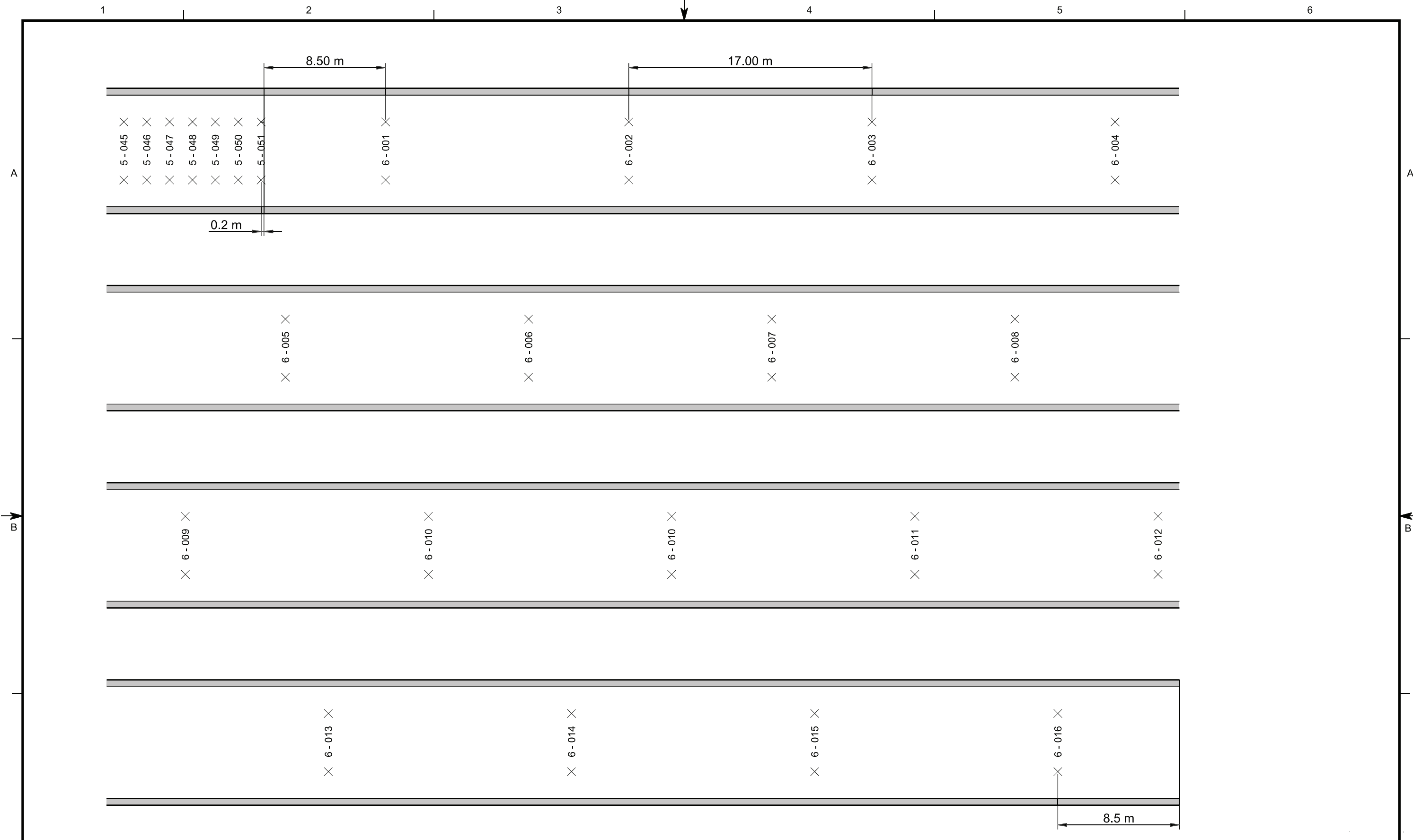
**FECHA:** SEPTIEMBRE - 2015

**PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA**

TRABAJO FIN DE GRADO

**PUNTOS DE LUZ: Primera mitad Túnel SUR.**

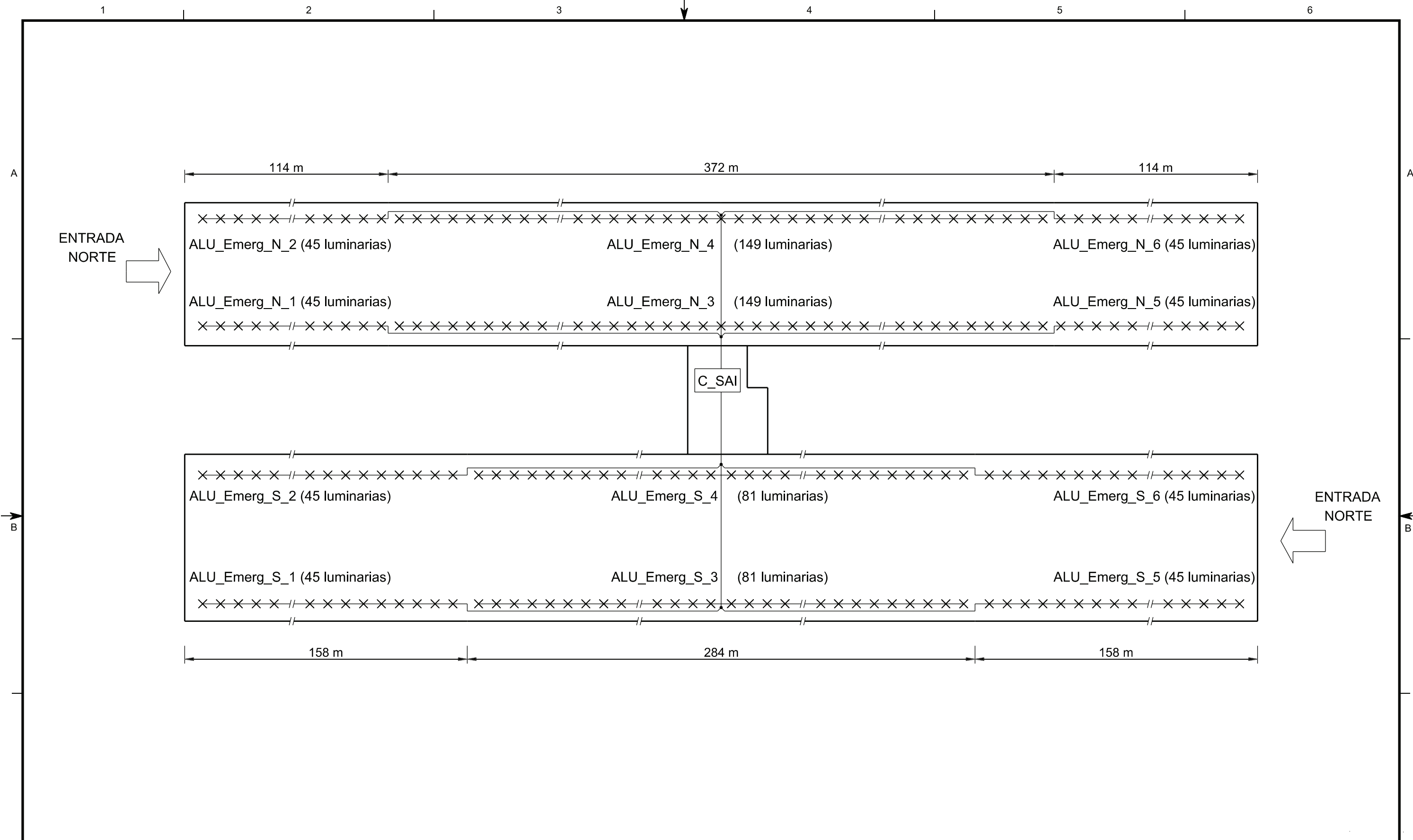
<b>ESCALA:</b>	Horiz.: 1 : 250 Vert.: 1 : 400
<b>HOJA Nº:</b> 34	<b>SIGUE EN:</b> 35



**VNiVERSiDAD  
D SALAMANCA**

PETICIONARIO:	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
TUTORES:	DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR
DIBUJADO POR:	JESÚS GÓMEZ GARCÍA
FECHA:	SEPTIEMBRE - 2015

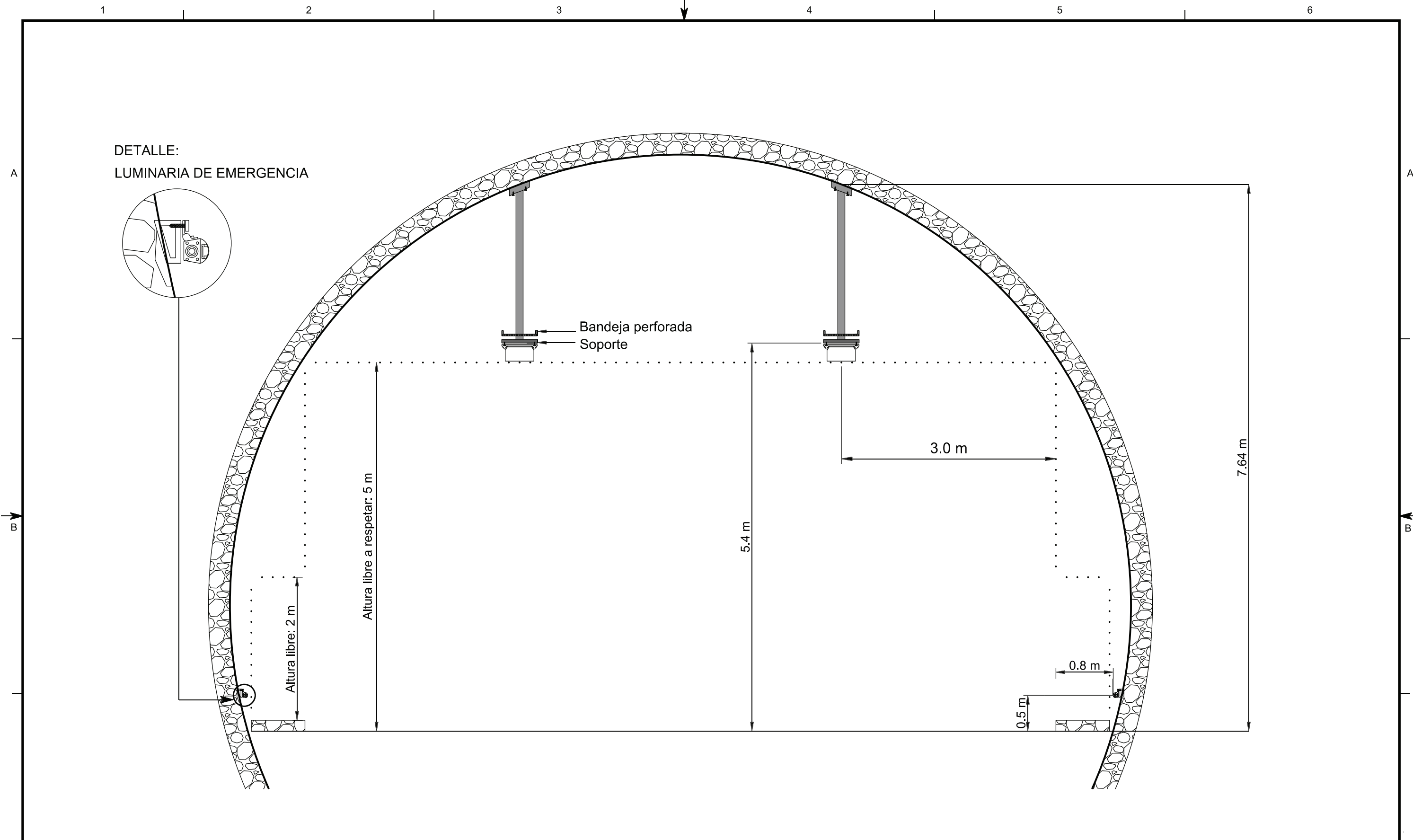
<b>PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA</b> TRABAJO FIN DE GRADO	
<b>PUNTOS DE LUZ: Segunda mitad Túnel SUR.</b>	ESCALA: Horiz.: 1 : 250 Vert.: 1 : 400
	HOJA Nº: 35 SIGUE EN: 36



**VNiVERSiDAD**  
**DE SALAMANCA**

PETICIONARIO:	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
TUTORES:	DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR
DIBUJADO POR:	JESÚS GÓMEZ GARCÍA
FECHA:	SEPTIEMBRE - 2015

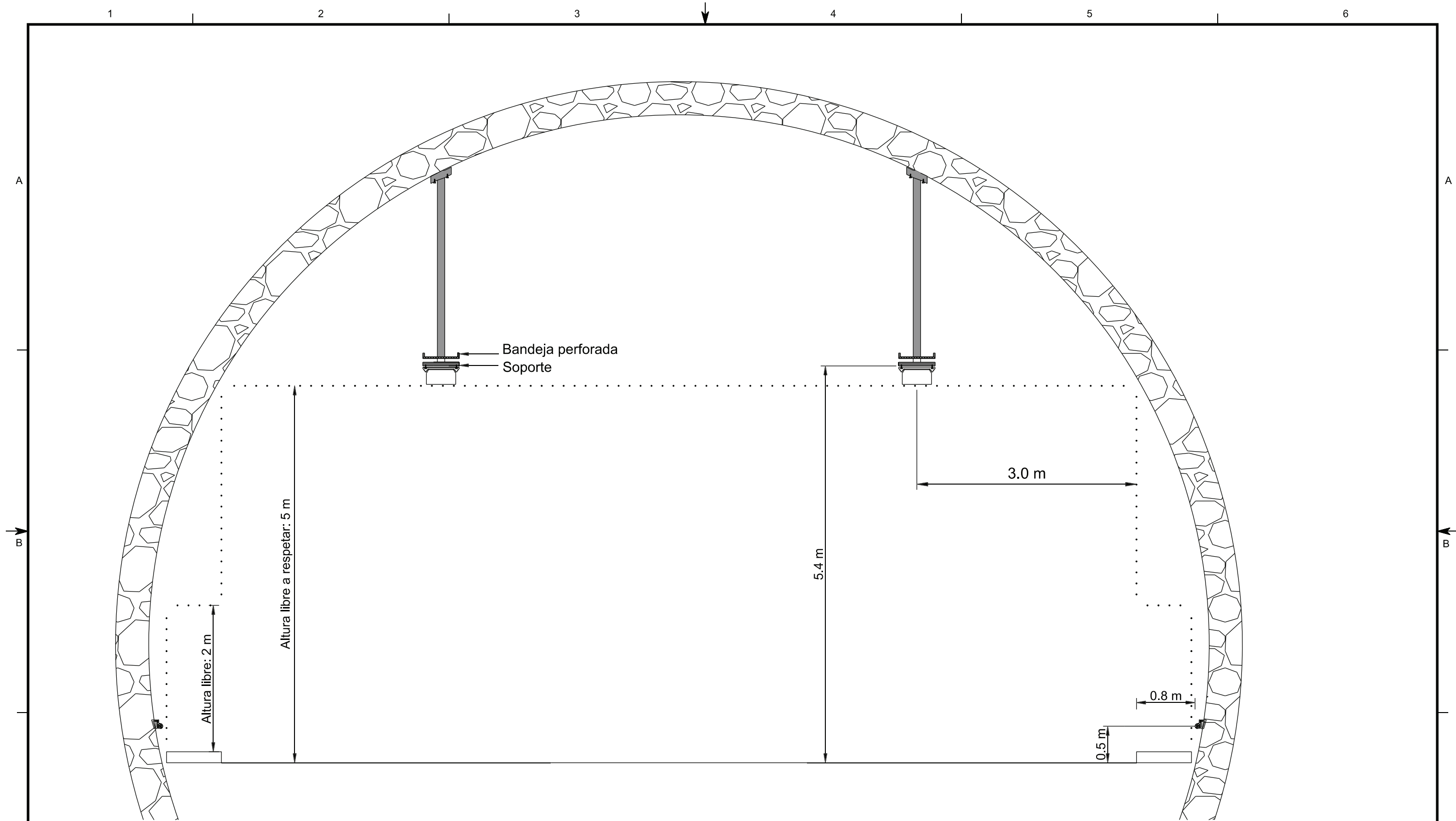
<b>PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA</b> TRABAJO FIN DE GRADO	
<b>LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN LUMINARIAS DE EMERGENCIA</b>	ESCALA: Horiz.: 1 : 2000 Vert.: 1 : 300 HOJA Nº: 36 SIGUE EN: 37



VNIVERSIDAD  
SALAMANCA

PETICIONARIO:	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
TUTORES:	DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR
DIBUJADO POR:	JESÚS GÓMEZ GARCÍA
FECHA:	SEPTIEMBRE - 2015

PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA TRABAJO FIN DE GRADO	
ILUMINACIÓN TÚNEL NORTE: ALZADO	ESCALA: 1 : 50 HOJA Nº: 37 SIGUE EN: 38



VNIVERSIDAD  
SALAMANCA

PETICIONARIO: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TUTORES: DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR

DIBUJADO POR: JESÚS GÓMEZ GARCÍA

FECHA: SEPTIEMBRE - 2015

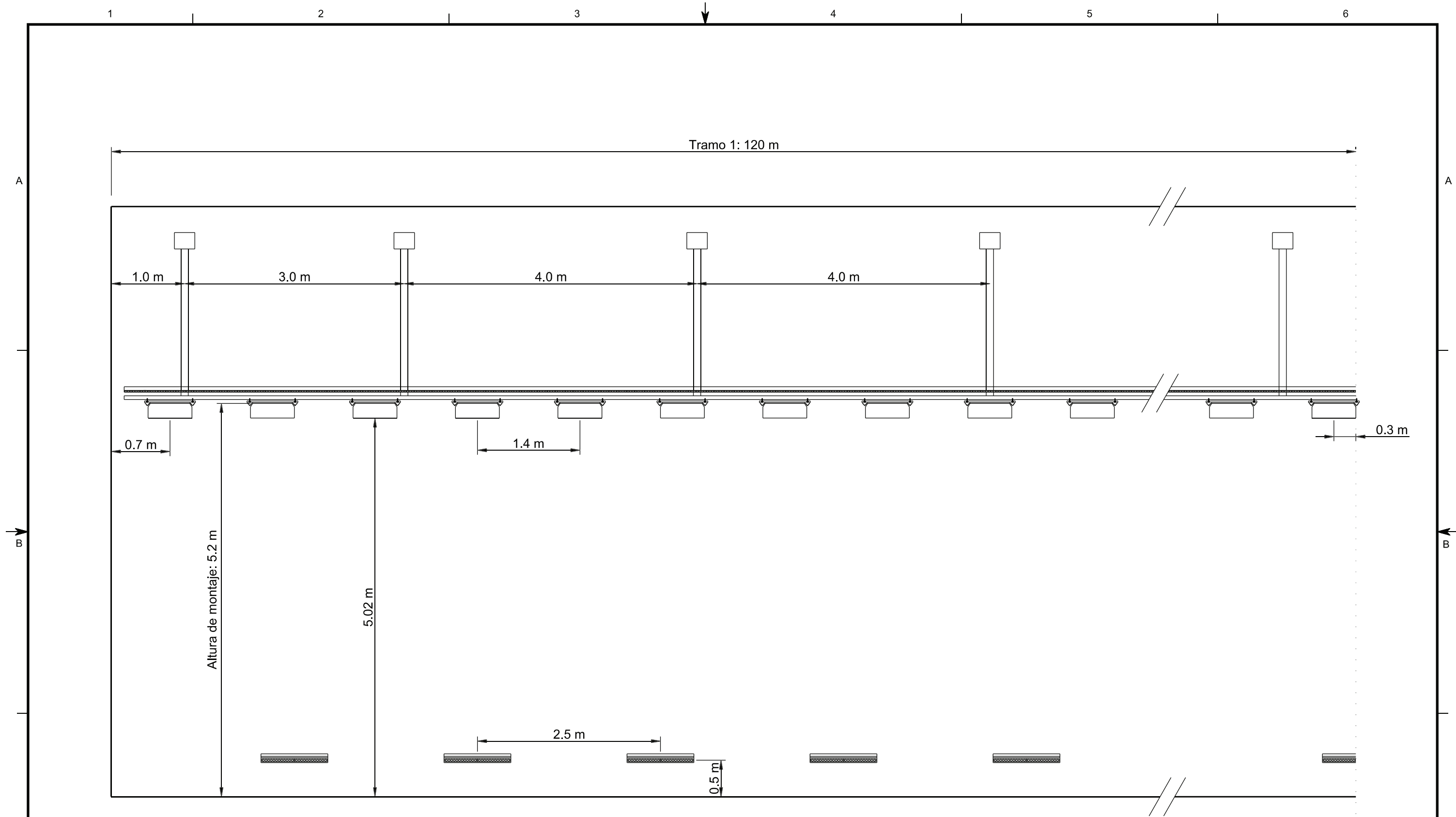
PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA

TRABAJO FIN DE GRADO

ILUMINACIÓN TÚNEL SUR: ALZADO

ESCALA: 1 : 50

HOJA Nº: 38 SIGUE EN: 39



VNIVERSIDAD  
SALAMANCA

PETICIONARIO: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TUTORES: DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR

DIBUJADO POR: JESÚS GÓMEZ GARCÍA

FECHA: SEPTIEMBRE - 2015

PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA

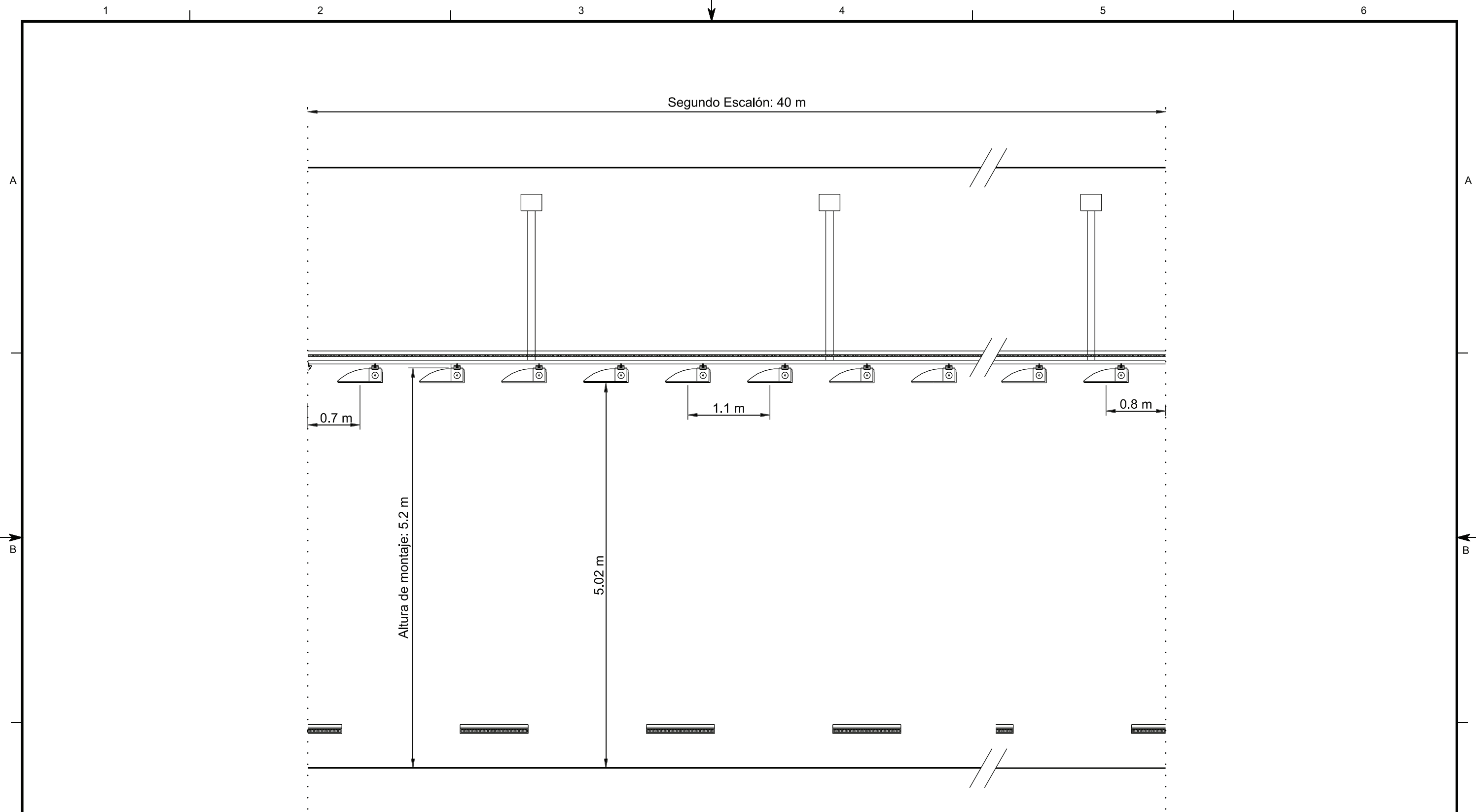
TRABAJO FIN DE GRADO

DETALLE DE MONTAJE  
Primer escalón Túnel Norte

ESCALA: 1 : 50

HOJA Nº: 39 SIGUE EN: 40





VNiVERSiDAD  
D SALAMANCA

PETICIONARIO: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TUTORES: DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR

DIBUJADO POR: JESÚS GÓMEZ GARCÍA

FECHA: SEPTIEMBRE - 2015

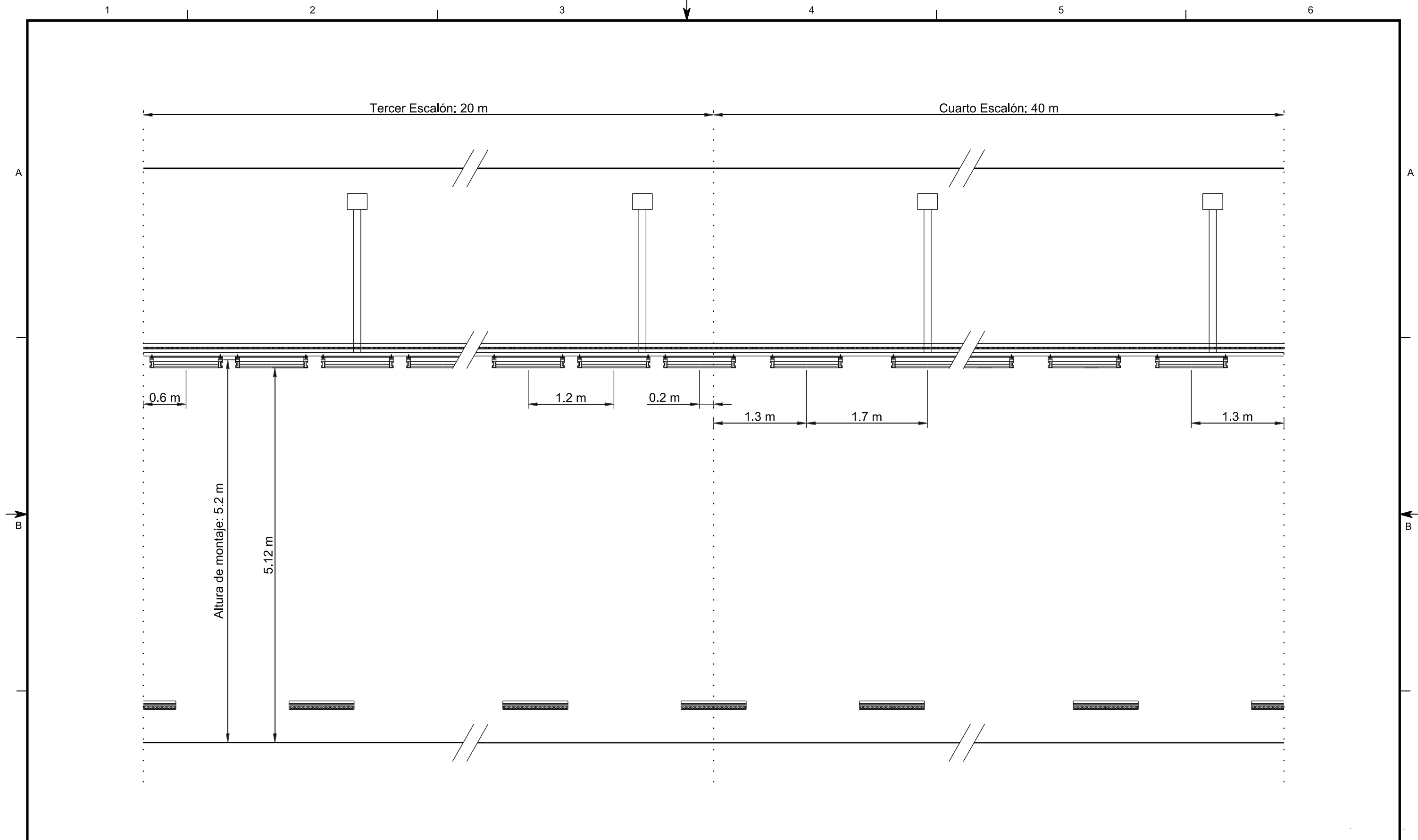
PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA

TRABAJO FIN DE GRADO

DETALLE DE MONTAJE  
Segundo escalón Túnel Norte

ESCALA: 1 : 50

HOJA Nº: 40 SIGUE EN: 41



**VNiVERSiDAD  
D SALAMANCA**

PETICIONARIO: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TUTORES: DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR

DIBUJADO POR: JESÚS GÓMEZ GARCÍA

FECHA: SEPTIEMBRE - 2015

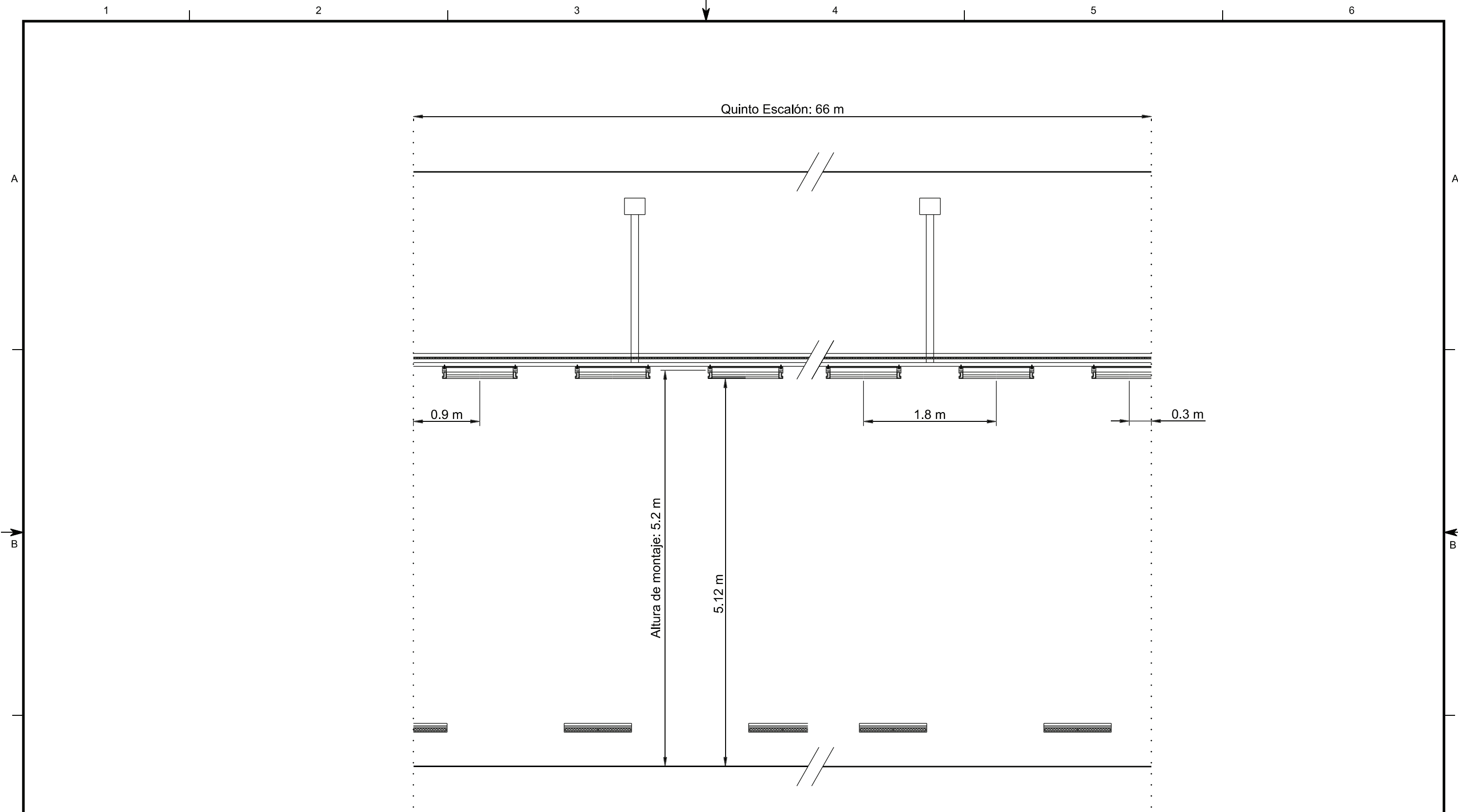
**PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA**

TRABAJO FIN DE GRADO

**DETALLE DE MONTAJE**  
Tercer y cuarto escalón Túnel Norte

ESCALA: 1 : 50

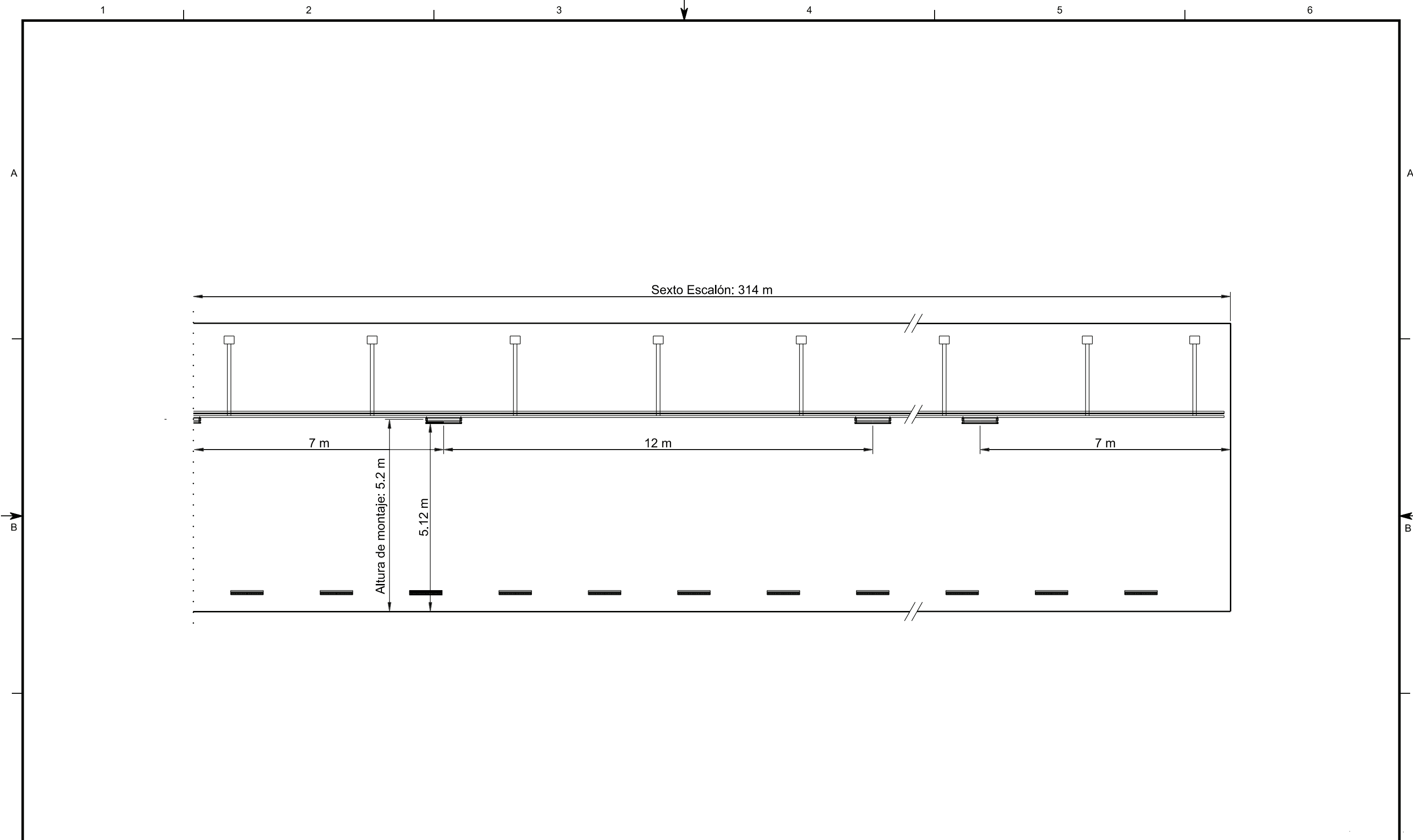
HOJA Nº: 41 SIGUE EN: 42



**VNiVERSiDAD**  
**DE SALAMANCA**

PETICIONARIO:	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
TUTORES:	DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR
DIBUJADO POR:	JESÚS GÓMEZ GARCÍA
FECHA:	SEPTIEMBRE - 2015

<b>PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA</b> TRABAJO FIN DE GRADO	
<b>DETALLE DE MONTAJE</b> Quinto escalón Túnel Norte	ESCALA: 1 : 50 HOJA Nº: 42   SIGUE EN: 43

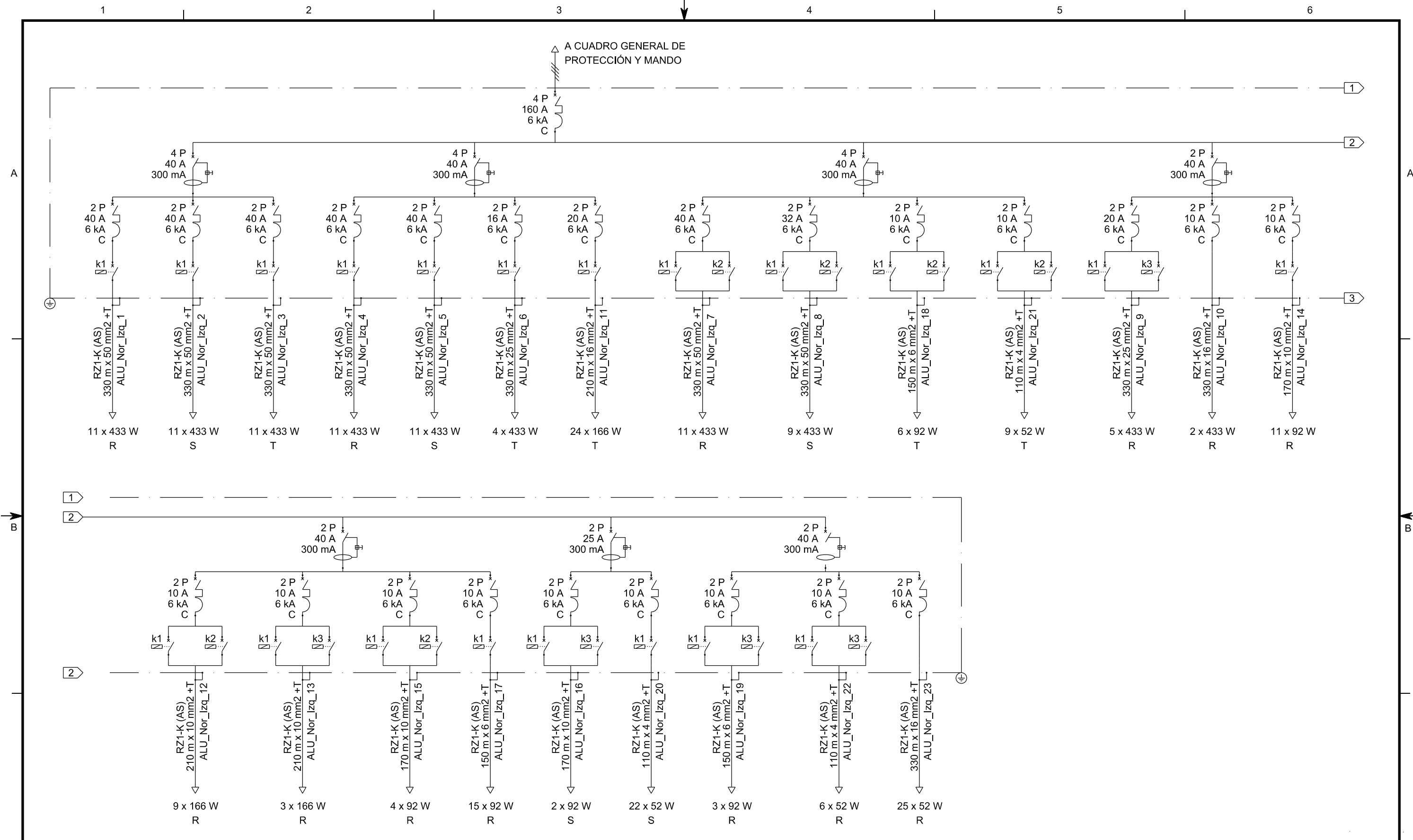


**VNiVERSiDAD  
D SALAMANCA**

PETICIONARIO:	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
TUTORES:	DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR
DIBUJADO POR:	JESÚS GÓMEZ GARCÍA
FECHA:	SEPTIEMBRE - 2015

<b>PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA</b> TRABAJO FIN DE GRADO	
<b>DETALLE DE MONTAJE</b> Sexto escalón Túnel Norte	ESCALA: 1 : 100 HOJA Nº: 43 SIGUE EN: 44

A CUADRO GENERAL DE PROTECCIÓN Y MANDO



**VNIVERSIDAD  
SALAMANCA**

PETICIONARIO: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TUTORES: DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR

DIBUJADO POR: JESÚS GÓMEZ GARCÍA

FECHA: SEPTIEMBRE - 2015

**PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA**

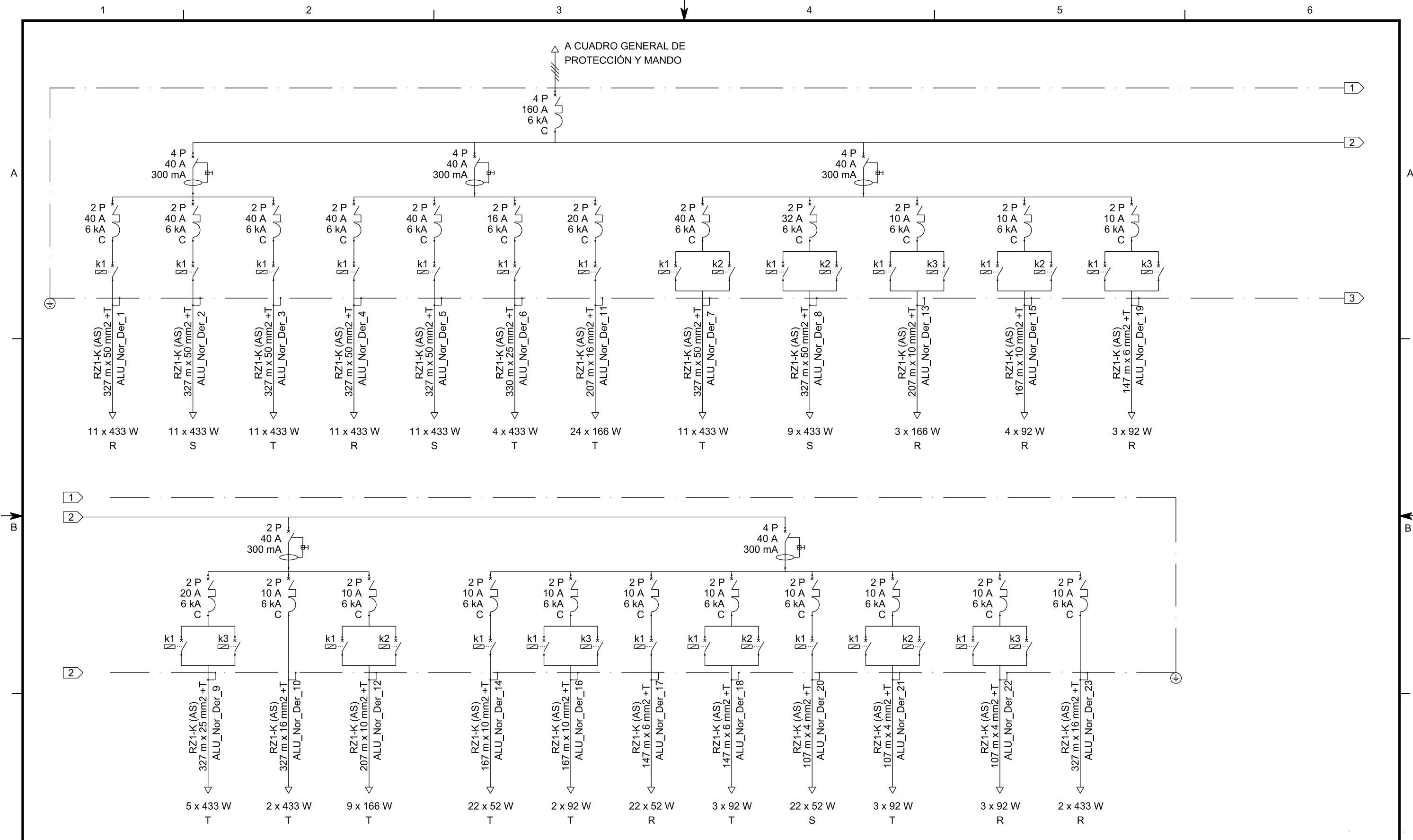
TRABAJO FIN DE GRADO

**CUADRO DE MANDO Y PROTECCIÓN**  
Alumbrado lado Izquierdo Túnel Norte

ESCALA: -

HOJA Nº: 44 SIGUE EN: 45

A CUADRO GENERAL DE PROTECCIÓN Y MANDO



VNIVERSIDAD  
SALAMANCA

PETICIONARIO: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TUTORES: DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR

DIBUJADO POR: JESÚS GÓMEZ GARCÍA

FECHA: SEPTIEMBRE - 2015

PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA

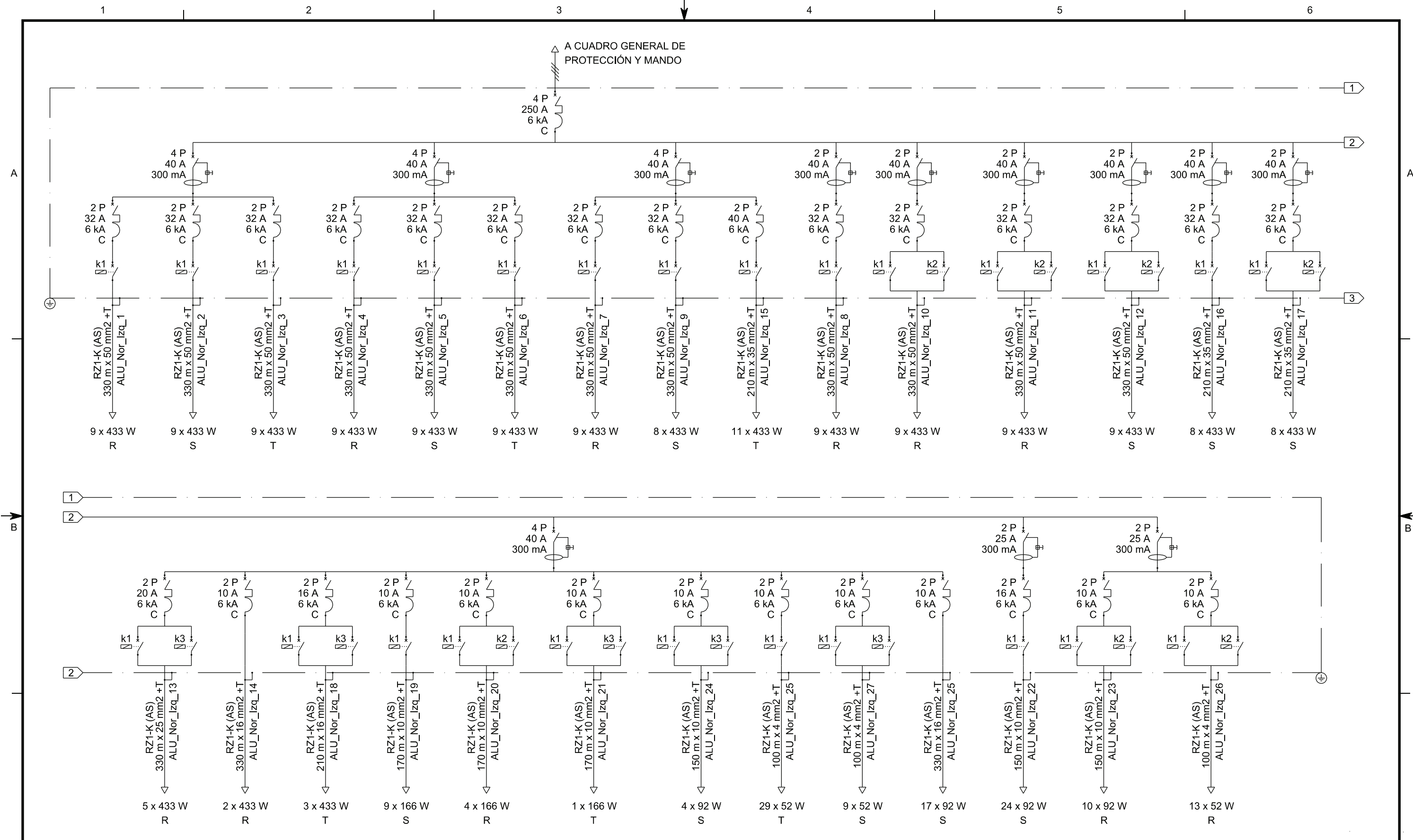
TRABAJO FIN DE GRADO

CUADRO DE MANDO Y PROTECCIÓN  
Alumbrado lado Derecho Túnel Norte

ESCALA: -

HOJA Nº: 45 SIGUE EN: 46

A CUADRO GENERAL DE PROTECCIÓN Y MANDO



**VNIVERSIDAD  
SALAMANCA**

PETICIONARIO: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TUTORES: DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR

DIBUJADO POR: JESÚS GÓMEZ GARCÍA

FECHA: SEPTIEMBRE - 2015

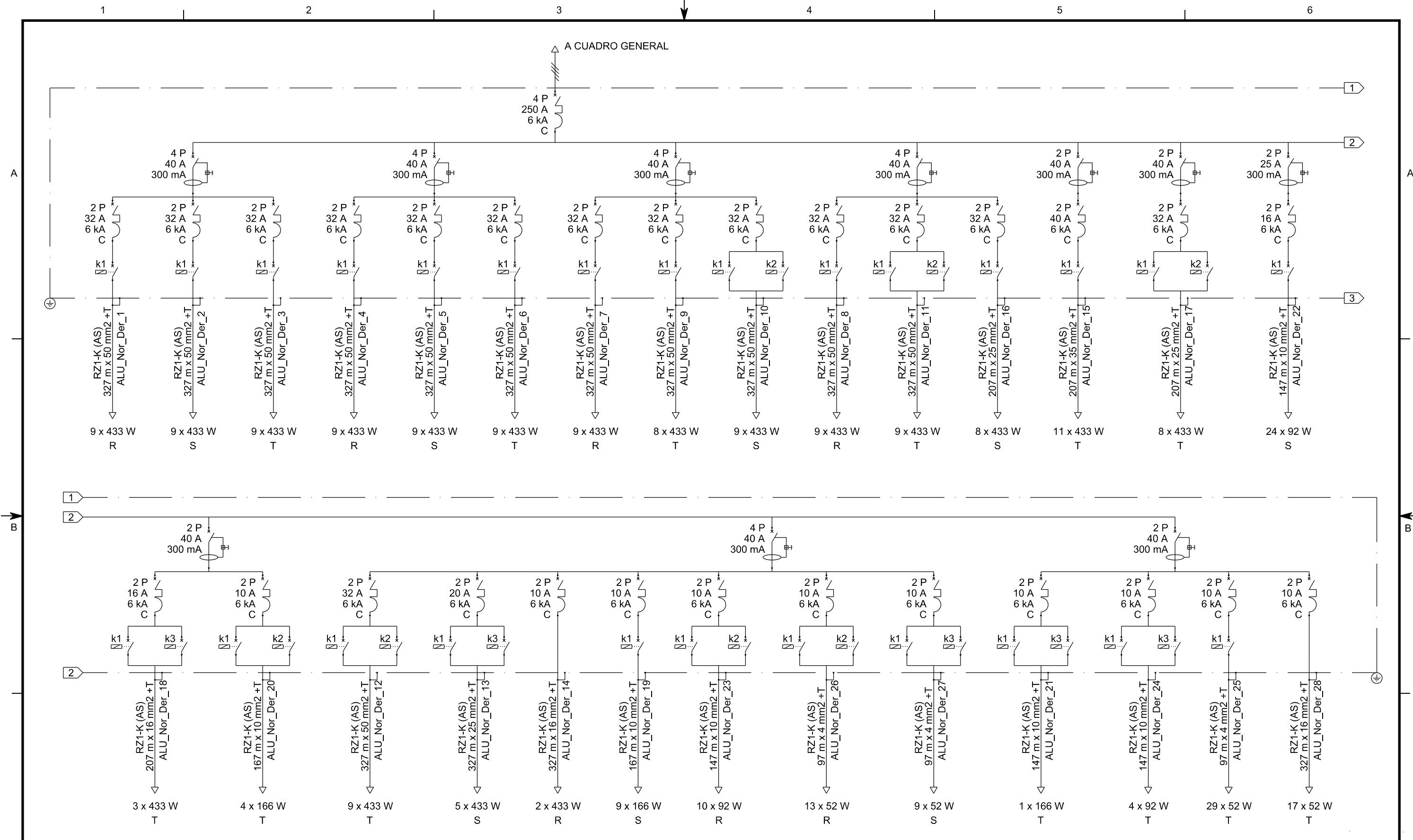
**PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA**

TRABAJO FIN DE GRADO

**CUADRO DE MANDO Y PROTECCIÓN**  
Alumbrado lado Izquierdo Túnel SUR

ESCALA: -

HOJA Nº: 46 SIGUE EN: 47



**VNIVERSIDAD  
SALAMANCA**

PETICIONARIO: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TUTORES: DR. NORBERTO REDONDO MELCHOR  
DR. ROBERTO CARLOS REDONDO MELCHOR

DIBUJADO POR: JESÚS GÓMEZ GARCÍA

FECHA: SEPTIEMBRE - 2015

**PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA  
DE UN TÚNEL DE AUTOPISTA**

TRABAJO FIN DE GRADO

**CUADRO DE MANDO Y PROTECCIÓN**  
Alumbrado lado derecho Túnel SUR

ESCALA: -

HOJA Nº: 47 SIGUE EN: -