



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

**TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

# **PROYECTO DE INSTALACIÓN DE ALUMBRADO ALIMENTADA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN UNA ESTACIÓN DE FERROCARRIL EN PICANYA**

AUTOR: CARLES SIMÓN ARGUDO

TUTOR: CARLOS ROLDÁN BLAY

**Curso Académico: 2019-20**



# **RESUMEN**

El objetivo del presente proyecto es la renovación de alumbrado en los andenes y vestíbulo de la estación de ferrocarril de superficie en la localidad de Picanya, sustituyendo las lámparas actuales a lámparas LED y redistribuyendo y añadiendo nuevos puntos de luz para cumplir con los niveles mínimos luminotécnicos. También se diseñará un sistema fotovoltaico de apoyo para abastecer energéticamente a las luminarias y que contará con un grupo de baterías para la acumulación de la energía obtenida.

Para ello, el proyecto se basa en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red del Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, a los cuales se hará referencia a lo largo del desarrollo de la memoria. Asimismo, se tendrá en cuenta la eficiencia de la instalación junto a la seguridad de las personas y protección de los elementos eléctricos.

A continuación, se expondrá en la memoria todo el desarrollo que junto a los planos y el presupuesto, conformarán los documentos en los cuales queda reflejado todo lo necesario para la realización del proyecto. Así pues, se trata de un Trabajo Fin de Grado bastante completo proporcionando la capacidad de desarrollar habilidades como proyectista.

# INSTALACIÓN DE ALUMBRADO ALIMENTADA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA



# RESUM

L'objectiu d'aquest projecte és la renovació de l'enllumenat en les andanes i vestíbul de l'estació de ferrocarril de superfície en la localitat de Picanya, substituint les lluminàries actuals a llums de tecnologia LED i redistribuint i afegint nous punts de llum per a complir amb els nivells mínims luminotècnics. També, es dissenyarà un sistema fotovoltaic de suport per a abastir energèticament a les lluminàries i que comptarà amb un grup de bateries per a l'acumulació de l'energia obtinguda.

Per a fer-ho possible, el projecte es basa en el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió i en el Plec de Condicions Tècniques d'Instal·lacions Assistides de Red de l'Institut per a la Diversificació i Estalvi d'Energia, als quals es farà referència durant el desenvolupament de la memòria. Així mateix, es tindrà en compte l'eficiència de la instal·lació junt a la seguretat de les persones i protecció dels elements elèctrics.

A continuació, s'exposarà a la memòria tot el desenvolupament que, junt als plànols i pressupost, conformaran els documents amb els quals queda reflectit tot el necessari per a la realització del projecte. Així mateix, es tracta d'un Treball Fi de Grau prou complet proporcionant la capacitat de desenvolupar habilitats com a projectista.

# INSTALACIÓN DE ALUMBRADO ALIMENTADA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA

# **ABSTRACT**

The main objective of this project is the renewal of the lighting in platforms and halls in the overground railway station in the locality of Picanya, replacing the current lamps to LED lamps and reorganising and adding new light points in order to accomplish with the minimum lighting levels. Furthermore, a supportive photovoltaic system will be designed in order to supply powerfully the luminaries and which will have a group of batteries for the accumulation of the energy obtained.

The project is based on the Low Voltage Electromechanical Regulation and in the Specifications of Technical Conditions of Isolated Installations of the Institute for the Diversification and Energy Saving, to which reference will be made throughout the essay. Likewise, the installation efficiency besides security and protection of the electric elements will be considered.

All the development will be exposed in the thesis together with the design and the budget, in these documents will be reflected all the necessary for the development of the project. So, it is a final degree project very complete because provides the ability to develop skills as a designer.

# INSTALACIÓN DE ALUMBRADO ALIMENTADA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA

# ÍNDICE

MEMORIA .....	1
1. MOTIVACIÓN Y ANTECEDENTES .....	3
2. OBJETO DEL PROYECTO .....	3
3. LOCALIZACIÓN Y USO DE LA INSTALACIÓN .....	4
4. CONSUMO ENERGÉTICO ACTUAL DE LA ESTACIÓN .....	5
5. INSTALACIÓN DE ALUMBRADO .....	8
5.1. Clasificación de la Instalación y Requisitos Fotométricos .....	8
5.1.1. Alumbrado Exterior .....	8
5.1.2. Alumbrado Interior .....	9
5.2. Situación Actual .....	9
5.2.1. Alumbrado Exterior .....	11
5.2.2. Alumbrado Interior .....	14
5.3. Solución LED .....	15
5.3.1. Alumbrado Exterior .....	15
5.3.2. Alumbrado Interior .....	18
5.4. Eficiencia Energética .....	19
6. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA .....	21
6.1. Datos de Irradiación Solar y Ángulo de Inclinación .....	23
6.2. Potencia y Régimen de Funcionamiento Previsto .....	25
6.3. Paneles Fotovoltaicos .....	27
6.3.1. Paneles Fotovoltaicos Elegidos .....	29
6.3.2. Rendimiento Energético de la Instalación .....	31
6.3.3. Número Máximo de Paneles Fotovoltaicos .....	32
6.3.4. Número de Paneles Necesarios .....	34
6.3.5. Estructura de Soporte .....	34
6.3.6. Agrupación de Paneles Fotovoltaicos .....	36
6.4. Grupo de Baterías .....	36
6.5. Regulador .....	37
6.6. Inversor .....	39
6.7. Producción Anual Esperada .....	40
6.8. Mantenimiento de la Instalación Fotovoltaica .....	43
7. INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN .....	43
7.1. Conductores .....	43
7.1.1. Métodos de Instalación y Tipo de Cable Utilizado en Instalación Fotovoltaica ..	44

7.1.2.	Métodos de Instalación y Tipo de Cable Utilizado en Instalación de Alumbrado	45
7.1.3.	Resumen de Métodos de Instalación y Tipos de Cable	45
7.1.4.	Dimensionado por Criterio Térmico	46
7.1.5.	Dimensionado por Caída de Tensión	46
7.1.6.	Secciones de Diseño de los Conductores	47
7.2.	Protecciones	49
7.2.1.	Puesta a Tierra	49
7.2.1.1.	Puesta a Tierra de la Instalación de Alumbrado	49
7.2.1.2.	Puesta a Tierra de la Instalación Fotovoltaica	50
7.2.1.3.	Conductores de Protección	51
7.2.2.	Vigilante de Aislamiento	52
7.2.3.	Contactos Directos	53
7.2.4.	Contactos Indirectos	53
7.2.5.	Sobreintensidades	55
7.2.5.1.	Sobrecargas	55
7.2.5.2.	Cortocircuitos	56
7.2.6.	Sobretensión	57
7.3.	Elementos de Maniobra	58
7.4.	Resumen de Aparatación Eléctrica	59
8.	VIABILIDAD ECONÓMICA	61
8.1.	Viabilidad Económica de la Instalación de Alumbrado	61
8.2.	Viabilidad Económica de la Instalación Fotovoltaica	61
9.	CONCLUSIONES	63
10.	BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	64
ANEXO 1 – CÁLCULOS		65
1.	CÁLCULO DE LA VARIACIÓN DE POTENCIA, VOLTAJE E INTENSIDAD EN PANELES	67
2.	CÁLCULO DE LA DISTANCIA MÍNIMA ENTRE FILAS DE PANELES	69
3.	NÚMERO DE PANELES FOTOVOLTAICOS NECESARIOS	70
4.	CÁLCULO DE LA GARGA DE VIENTO SOBRE EL PANEL FOTOVOLTAICO	71
5.	CÁLCULO DEL ACUMULADOR	72
6.	CÁLCULO SECCIÓN DE CONDUCTORES	72
6.1.	Sección del Conductor de L0.2	72
6.1.1.	Criterio Térmico del Conductor L0.2	73
6.1.2.	Criterio de Caída de Tensión del Conductor L0.2	73
6.2.	Sección del Conductor de Alumbrado del Vestíbulo	75
6.2.1.	Criterio Térmico del Conductor de Alumbrado del Vestíbulo	75
6.2.2.	Criterio de Caída de Tensión del Conductor de Alumbrado del Vestíbulo	76

6.3.	Sección del Conductor A.1.1.....	76
6.3.1.	Criterio Térmico del Conductor A1.1 .....	77
6.3.2.	Criterio de Caída de Tensión del Conductor A1.1 .....	78
7.	CÁLCULO DE PROTECCIONES.....	79
7.1.	Cálculo de Cortocircuitos.....	79
7.2.	Dispositivos de Protección Contra Sobreintensidades .....	82
7.2.1.	Selección de Fusible para la Línea L0.1.....	82
7.2.2.	Selección de PIA para la Línea A.1.1 .....	82
7.2.3.	Selección de PIA para Cuadro General de Protección .....	83
	ANEXO 2 – ESTUDIO LUMINOTÉCNICO.....	85
	PRESUPUESTO .....	151
1.	DEFINICIÓN DE LAS UNIDADES QUE INTERVIENEN .....	153
1.1.	Listado de Precios de Mano de Obra.....	153
1.2.	Listado de Precios de Materiales.....	153
1.3.	Listado de Precios de Maquinaria .....	155
2.	UNIDADES DE OBRA .....	156
3.	CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS .....	162
4.	PRESUPUESTOS PARCIALES .....	170
5.	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DEL MATERIAL .....	178
6.	PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN .....	179
	PLANOS .....	181

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resultados luminotécnicos actuales en andenes .....	13
Tabla 2: Resultados luminotécnicos actuales en andenes .....	14
Tabla 3: Resultados luminotécnicos solución en andenes.....	17
Tabla 4: Resultados luminotécnicos solución en andenes.....	18
Tabla 5: Cálculo de áreas e iluminancias medias en andenes .....	20
Tabla 6: Resultados de eficiencia energética en andenes.....	20
Tabla 7: Cálculo de áreas e iluminancias medias en vestíbulo .....	21
Tabla 8: Resultados de eficiencia energética en vestíbulo .....	21
Tabla 9: Datos de irradiación en diferentes ángulos y temperatura a lo largo del año.....	24
Tabla 10: Datos de irradiación y hora sol pico para cada mes del año .....	24
Tabla 11: Datos de potencia, horas de funcionamiento, factor de potencia y energía en andenes y vestíbulo para verano e invierno en un día.....	26
Tabla 12: Especificaciones técnicas del panel fotovoltaico .....	30
Tabla 13: Especificaciones técnicas del regulador SmartSolar MPPT 250/100 .....	38
Tabla 14: Especificaciones técnicas del inversor Phoenix 48/3000.....	39
Tabla 15: Balance energético .....	40
Tabla 16: Balance Energético a los 25 años de uso .....	42
Tabla 17: Resumen conductores, instalación y longitud de los circuitos.....	46
Tabla 18: Parámetros técnicos líneas de la instalación .....	48
Tabla 19: Detalles de cada línea.....	48
Tabla 20: Relación entre secciones de conductores de protección y de fase. ....	51
Tabla 21: Datos técnicos PROAT Fac3 .....	52
Tabla 22: Datos técnicos de interruptor diferencial .....	54
Tabla 23: Parámetros para protección frente a sobrecargas. ....	56
Tabla 24: Datos de resistencias y cortocircuitos en líneas .....	57
Tabla 25: Características limitador de sobretensión SPV325 .....	58
Tabla 26: Especificaciones del contactor de andenes .....	59
Tabla 27: Lista de dispositivos eléctricos.....	60
Tabla 28: Balance energético y económico de la instalación de alumbrado.....	61
Tabla 29: TIR y VAN de la instalación fotovoltaica.....	62



# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Vista aérea de las superficies de los andenes y de los paneles fotovoltaicos (Fuente: Google Earth).....	4
Figura 2: Esquema cuartos del edificio .....	5
Figura 3: Potencia activa de la estación .....	5
Figura 4: Potencia reactiva de la estación .....	6
Figura 5: Potencia aparente de la estación .....	6
Figura 6: Esquema de arranque por cebador, balasto inductivo y compensación del factor de potencia en paralelo con la línea (Fuente: Manual de iluminación INDAL.....)	7
Figura 7: Croquis de los andenes con las superficies de cálculo utilizadas .....	12
Figura 8: Colores falsos de la iluminancia actual en andenes .....	13
Figura 9: Colores falsos de la iluminancia actual en vestíbulo .....	14
Figura 10: Colores falsos de la iluminancia simulada en andenes .....	17
Figura 11: Colores falsos de la iluminancia simulada en vestíbulo .....	18
Figura 12: Esquema instalación fotovoltaica .....	22
Figura 13: Unión p-n de polarización directa. Fuente: <a href="https://busy.org/@carloserp-2000/la-union-p-n-en-un-semiconductor">https://busy.org/@carloserp-2000/la-union-p-n-en-un-semiconductor</a> .....	27
Figura 14: Curva característica I-V (azul) y curva de potencia (rojo) para una radiación y temperatura. Fuente: <a href="http://www.saclimafotovoltaica.com/reguladores-mppt/">http://www.saclimafotovoltaica.com/reguladores-mppt/</a> .....	28
Figura 15: Curvas I-V en función de la temperatura y de la radiación. Fuente: Apuntes de Tecnología Energética, Tema 3b Energía Solar Fotovoltaica .....	28
Figura 16: Elementos del panel fotovoltaico. Fuente: <a href="http://inventhable.blogspot.com/2013/07/panel-solar-como-crear-uno.html">http://inventhable.blogspot.com/2013/07/panel-solar-como-crear-uno.html</a> .....	29
Figura 17: Módulo fotovoltaico BAUER 330Wp. Fuente: Catálogo BAUER .....	30
Figura 18: Potencia garantizada en el panel solar .....	31
Figura 19: Distancia entre filas de paneles. Fuente: <a href="https://www.aulafacil.com/cursos/medio-ambiente/energia-solar-termica-1/calculos-de-sombras-y-distancia-137843">https://www.aulafacil.com/cursos/medio-ambiente/energia-solar-termica-1/calculos-de-sombras-y-distancia-137843</a> .....	32
Figura 20: Fuerza del viento sobre el panel fotovoltaico. Fuente: <a href="http://solarbloc.es/wp-content/uploads/2014/02/Estudio-Carga-de-Viento-SOLARBLOC-CUBIERTAS-28%C2%BA-30%C2%BA-34%C2%BA-NBE-AE-88.pdf">http://solarbloc.es/wp-content/uploads/2014/02/Estudio-Carga-de-Viento-SOLARBLOC-CUBIERTAS-28%C2%BA-30%C2%BA-34%C2%BA-NBE-AE-88.pdf</a> .....	35
Figura 21: Regulador SmartSolar MPPT 250/100. Fuente: Catálogo Victron Energy .....	38
Figura 22: Inversor Phoenix. Fuente: Catálogo Victron Energy .....	39
Figura 23: Gráfica del balance energético mes a mes .....	41
Figura 24: Gráfica del balance energético mes a mes en 25 años .....	42
Figura 26: Diagrama embornamiento del vigilante de aislamiento fac3. Fuente: Catálogo PROAT .....	52
Figura 27: Funcionamiento diferenciales en serie. Fuente: Apuntes de Tecnología Eléctrica, capítulo 4.....	55
Figura 28: Limitador de sobretensión SPV325 .....	58
Figura 29: Contactor con mando manual ICT. Fuente: <a href="https://www.se.com/es/es/">https://www.se.com/es/es/</a> .....	59

# INSTALACIÓN DE ALUMBRADO ALIMENTADA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA

# **MEMORIA**

INSTALACIÓN DE ALUMBRADO ALIMENTADA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA  
MEMORIA

## 1. MOTIVACIÓN Y ANTECEDENTES

Con la creciente demanda energética y el agotamiento de recursos, se hace necesario reducir el consumo de energía y buscar alternativas renovables para la obtención de ésta. Así pues, en la actualidad se está apostando por reducir las emisiones de dióxido de carbono, para disminuir a su vez la huella de carbono, incrementando el uso de fuentes renovables. No obstante, también se puede apostar por el uso de elementos con más eficiencia energética de tal modo que también se obtenga la acción esperada con un consumo menor.

Una de las fuentes renovables que más se puede incentivar es la energía solar fotovoltaica. La obtención de energía eléctrica a partir de energía solar, mediante células fotovoltaicas, es un método sencillo de utilizar e instalar.

En España hubo una política expansiva por la cual se recompensaba económicamente la potencia fotovoltaica instalada, siendo el motivo principal por el que muchos decidían apostar por ésta. Pero, con la llegada de la crisis se suprimieron las ayudas a la generación fotovoltaica y se instauró el Real Decreto 900/2015 por el cual se debía seguir conectado a la red eléctrica, aunque no se hiciera uso de ella, asumiendo los costes. Esto hizo que no resultara viable económicamente utilizar sistemas fotovoltaicos.

En los últimos años el coste del kilovatio-hora producido se ha reducido considerablemente, llegando a competir con el resto de fuentes de generación de energía eléctrica, siendo el resultado de la reducción de precios de los módulos fotovoltaicos. Además, junto con la eliminación del Real Decreto 900/2015 y la evolución de la tecnología, abaratando los costes, se ha vuelto a incrementar el uso de esta fuente de energía.

Por otro lado, el precio de la tecnología LED también ha disminuido en los últimos años entre un 63% y un 83% desde el año 2010. Asimismo, esta tecnología de iluminación consigue la misma cantidad de lúmenes que otro tipo de lámparas con un consumo mucho menor y teniendo más eficiencia luminosa. También cabe destacar la durabilidad de estas lámparas, de hasta 120.000 horas en algunas luminarias, siendo mucho mayor que otro tipo de lámparas.

Así pues, con los conocimientos otorgados por el Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales, se pretende hacer uso de ambas tecnologías para mejorar el rendimiento energético en distintas aplicaciones. Para el proyecto presente se utilizarán dichos conocimientos para implantar estas tecnologías en una estación de metro de superficie, en especial se usarán conocimientos de la asignatura “Tecnología Eléctrica” en la cual se ha aprendido a diseñar instalaciones eléctricas de baja tensión, incluyéndose canalizaciones y elementos de protección de la instalación.

## 2. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente proyecto es el diseño de una instalación de alumbrado para los andenes y el vestíbulo de una estación de ferrocarril de superficie situada en la localidad de Picanya (Valencia), junto al diseño de una instalación fotovoltaica aislada de apoyo situada en la misma estación, de 5.280 W de potencia pico y con, aproximadamente, un día de autonomía para el abastecimiento energético de las luminarias.

Previamente se analizará el consumo energético de las luminarias actualmente instaladas, con el fin de ver más claramente el impacto que tendría la sustitución de las lámparas actuales por otras con mayor eficiencia energética, como las lámparas LED.

Por último, se realizará un estudio energético y económico de ambas instalaciones propuestas, junto a las conclusiones de los resultados obtenidos y posibles alternativas.

### 3. LOCALIZACIÓN Y USO DE LA INSTALACIÓN

La estación de ferrocarril se ubica en el municipio de Picanya, en la provincia de Valencia, con coordenadas geográficas 39°25'59''N 0°26'13''W, que se deben tener en cuenta en los cálculos fotovoltaicos.

La estación tiene como finalidad principal ser el lugar de espera y el acercamiento de los viajeros al medio de transporte para desplazarse a distintas estaciones de Metrovalencia mediante la circulación del metro por las líneas L1, L2 y L7 que pasan por la estación. No obstante, la estación también cuenta con cuartos para el servicio de limpieza y de mantenimiento.

La estación cuenta con 574 m<sup>2</sup> de superficie en los andenes y 62m<sup>2</sup> de superficie en el vestíbulo. Teniendo en cuenta que hay servicio nocturno y la peligrosidad del vehículo, es importante mantener unos buenos niveles de iluminación, con especial atención en el borde de los andenes y en el paso entre éstos.

Los paneles fotovoltaicos se situarán sobre el tejado de la cafetería de la estación, ya que su superficie es completamente horizontal y cuenta con una superficie libre de 85,5 m<sup>2</sup>. En cambio, el tejado del edificio tiene orientación Este-Oeste y resultaría más complicado orientar óptimamente los paneles.



Figura 1: Vista aérea de las superficies de los andenes y de los paneles fotovoltaicos (Fuente: Google Earth)

Dentro del edificio, habrá tres lugares clave para el proyecto: el vestíbulo, el cuarto de jefe de estación y el cuarto de elementos fotovoltaicos. El vestíbulo, contando aproximadamente con una superficie de 60 m<sup>2</sup>, es objeto de estudio para mejorar la iluminación. El cuarto de elementos fotovoltaicos, como su propio nombre indica, es el lugar donde se instalarán principalmente el regulador de carga, el inversor de onda sinusoidal y el conjunto de baterías de la instalación fotovoltaica. Por último, el cuarto de jefe de estación es el lugar donde están las protecciones de baja tensión de la estación.



Figura 2: Esquema cuartos del edificio

#### 4. CONSUMO ENERGÉTICO ACTUAL DE LA ESTACIÓN

Para poder estudiar el impacto energético en el consumo de la estación una vez instaladas las luminarias LED, es necesario realizar un estudio previo sobre el consumo actual. Se necesita conocer los valores de potencia activa, reactiva y aparente durante un período de tiempo lo suficientemente largo como para poder observar el impacto que tienen las luminarias sobre el consumo energético.

Para ello, con ayuda del analizador de redes portátil trifásico AR5 Circutor (AR5-L), se ha tomado como fuente de datos la entrada de la acometida al cuadro general de baja tensión de la estación, situado en el interior del edificio. A continuación, se ha utilizado el programa informático Power Vision 1.8c para la interpretación de los datos tomados.

Como la entrada al cuadro general de baja tensión es monofásica, según el manual de instrucciones del analizador, se han situado dos pinzas eléctricas en los puntos de fase y neutro de la instalación para tomar el valor de la tensión y también una pinza amperimétrica alrededor de la línea de fase en la entrada.

A continuación se muestran los gráficos de potencia activa, reactiva y aparente respectivamente. Los datos se han tomado desde el viernes 12 de Abril de 2019 a las 12:16 horas hasta el domingo 14 de abril de 2019 a las 8:07 horas, tomando valores cada minuto y medio.

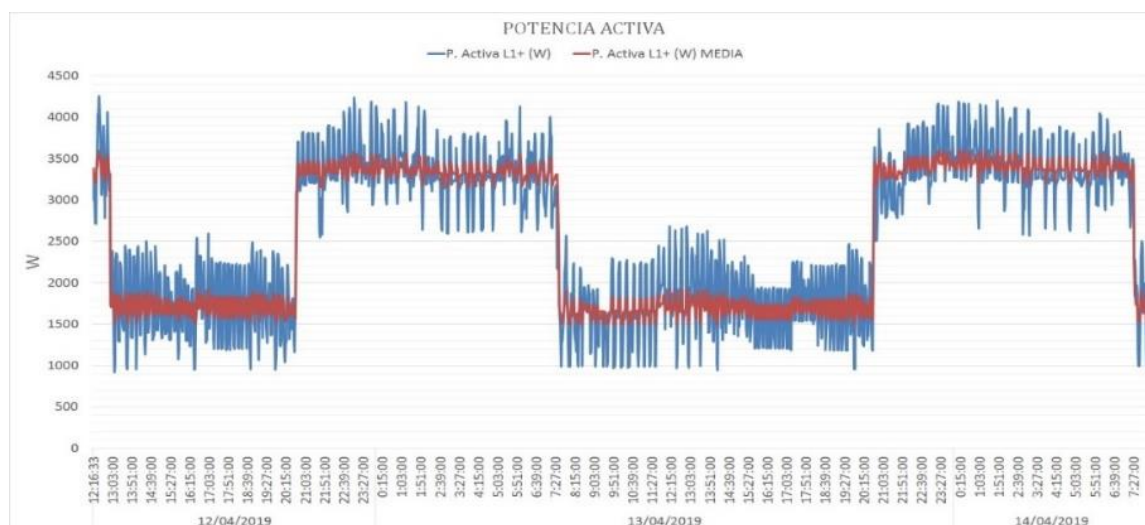


Figura 3: Potencia activa de la estación

## INSTALACIÓN DE ALUMBRADO ALIMENTADA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA MEMORIA

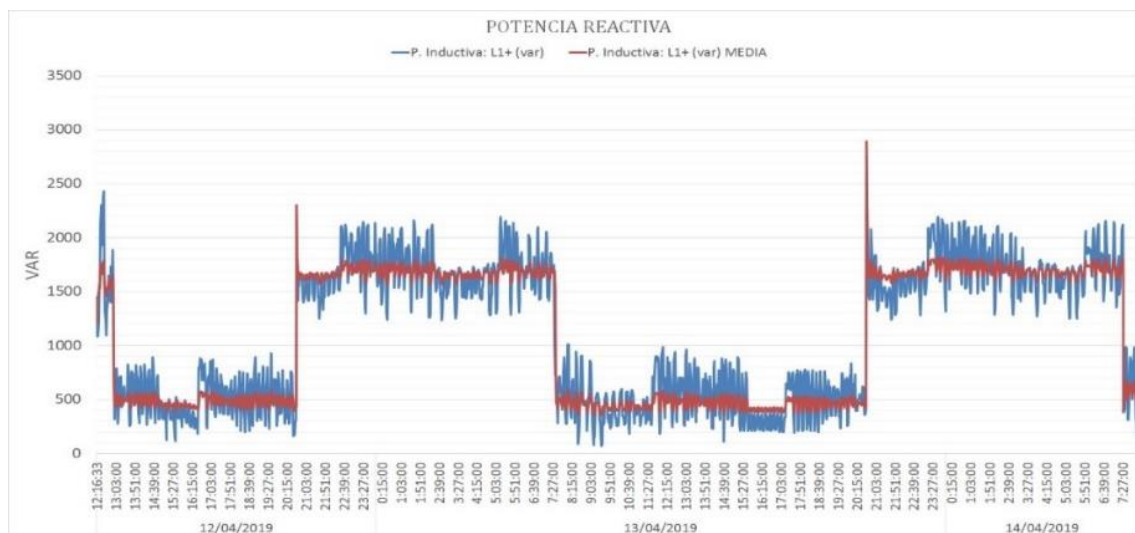


Figura 4: Potencia reactiva de la estación

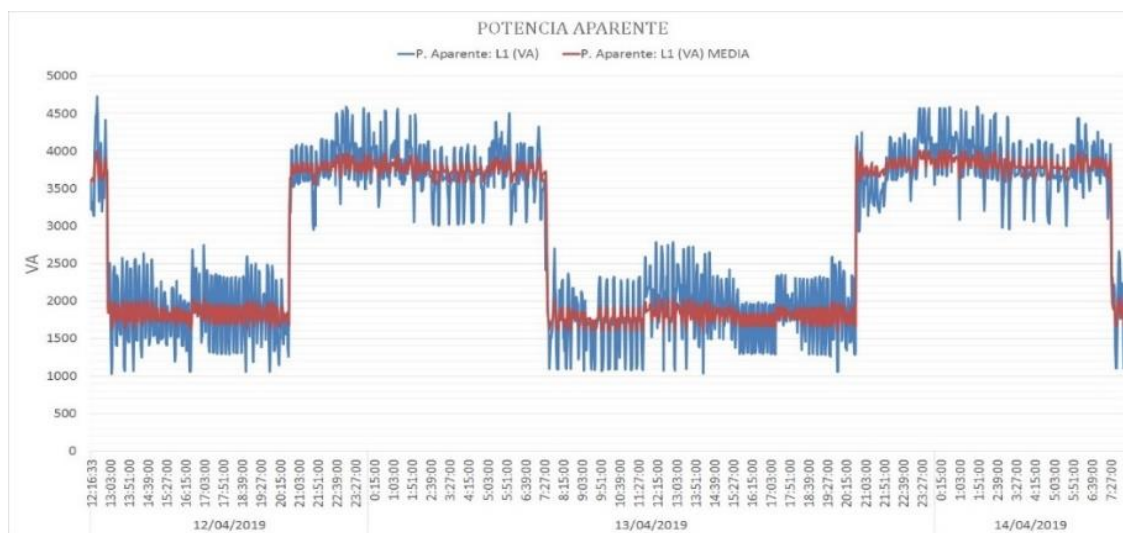


Figura 5: Potencia aparente de la estación

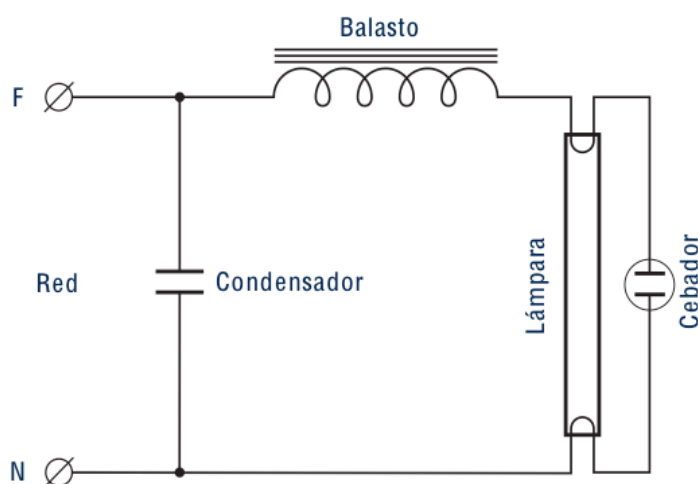
La línea azul muestra los datos recogidos por el analizador. Como se puede observar, en los tres gráficos aparecen picos de potencia bastante pronunciados a lo largo del tiempo, llegando a haber una diferencia de hasta 1500 VA. Esto puede deberse a los procesos cíclicos de arranques y paradas de motores producidos en las agujas para el movimiento de las vías, o bien por los procesos de climatización y máquinas 'vending'. Por este motivo se decide analizar el consumo a partir de las medias de las potencias activa, reactiva y aparente, pudiéndose ver reflejadas en las líneas rojas de la Figura 3, la Figura 4 y la Figura 5.

A primera vista se puede observar un incremento de potencia notable, sobre 1700 W en potencia activa y unos 2000 VA en potencia aparente, desde las 21:00 hasta las 7:30 del día siguiente, producido principalmente por las luminarias de los andenes, las cuales se muestran encendidas durante toda la noche debido al servicio nocturno de circulación de trenes en los fines de semana.



La lámpara utilizada actualmente para los andenes es el modelo SIMON BR HID, utilizada normalmente en los andenes de las estaciones de superficie, con 100 W de potencia y siendo el tipo de lámpara de descarga de vapor de sodio de alta presión. Este tipo de lámparas ofrece una eficiencia luminosa de aproximadamente 130 lúmenes por vatio. No obstante, este modelo de lámpara en concreto tiene un flujo luminoso de 9500 lúmenes, por lo que en relación a los 100 W de potencia, consigue una eficiencia luminosa de hasta 95 lm/W.

Su vida útil es de hasta 15.000 horas y además, se necesita compensar el factor de potencia y disponer de cebadores y reactancias para el arranque y limitación de la corriente circulante respectivamente. En el arranque se produce un pico de consumo de energía reactiva, seguido de su disminución y estabilización, debiéndose a la acción del equipo de arranque formado por una reactancia o balasto electrónico, un arrancador o cebador y un condensador, como se muestra en la *Figura 6*.



*Figura 6: Esquema de arranque por cebador, balasto inductivo y compensación del factor de potencia en paralelo con la línea (Fuente: Manual de iluminación INDAL)*

El balasto o reactancia consiste en una bobina cuya finalidad es la limitación de corriente circulante por la lámpara durante la aparición del arco eléctrico. También realiza la compensación de las variaciones de tensión producidas en la red e interviene en el proceso de encendido de la lámpara.

El cebador o arrancador es el elemento encargado de producir una tensión inicial elevada para el arranque de la lámpara. Para ello se utiliza el efecto inductivo de la reactancia, haciendo circular corriente a través de ésta hasta que en un determinado instante se abre el circuito de tal manera que disminuye bruscamente la intensidad. Así se produce una tensión elevada en la bobina y en los electrodos de la lámpara, haciendo aparecer un arco eléctrico entre ambos electrodos. A partir de este momento el cebador se encontraría inactivo.

El condensador es el elemento encargado de compensar el factor de potencia. Según el REBT, instrucciones ITC-BT-09 e ITC-BT-44, el factor de potencia de las instalaciones de alumbrado debe ser mayor que 0,9, pudiéndose realizar la compensación de energía reactiva de forma individual o por grupos de lámparas. Por tanto es un elemento necesario en este tipo de lámparas para cumplir con la normativa.

Se puede deducir el factor de potencia de estas lámparas a partir de los aumentos de potencia activa y reactiva en el encendido de éstas. Considerando, como ya se ha mencionado antes, que hay un aumento de 1700 W de potencia activa y 2000 VA de potencia aparente se puede calcular un factor de potencia de 0,85.

$$f.d.p = \frac{P. Activa (W)}{P. Aparente (VA)} = \frac{1700}{2000} = 0,85 \quad [1]$$

Según lo comentado anteriormente, este factor de potencia no llega a cumplir con la normativa por no llegar al mínimo valor de 0,9. Por tanto, debería compensarse el factor de potencia aumentando la capacitancia o bien cambiando el tipo de lámpara utilizada. Las lámparas de tipo LED (*Light Emitting Diode*) pueden conseguir un factor de potencia de 0,95 y una eficiencia luminosa más grande que las lámparas de descarga. Además, estas lámparas tienen una larga vida útil, del orden de 100.000 horas de uso. Por tanto, una posible solución sería utilizar lámparas LED para conseguir el factor de potencia deseado y también mejorar la eficiencia energética de la estación ferroviaria.

Otra solución complementaria a las lámparas LED sería la implantación de un sistema de apoyo fotovoltaico para abastecerlas energéticamente. De tal modo, si se consigue hacerlas energéticamente independientes se conseguiría mantener el consumo procedente cerca de 2000 VA y así se conseguiría reducir en un tercio el consumo procedente de la red eléctrica. Para conseguir dicho objetivo, sería necesario la inclusión de un grupo de baterías ya que la utilización de las luminarias se produce durante las horas nocturnas y en cambio, la captación de energía solar se produce durante las horas de sol. Así pues, es necesario este sistema de almacenamiento de energía.

## 5. INSTALACIÓN DE ALUMBRADO

En este apartado se realizará el diseño de un nuevo conjunto de luminarias para los andenes y para el vestíbulo de la estación para su renovación.

Para diseñar una instalación de alumbrado de calidad se debe tener en cuenta los criterios normativos, funcionales, energéticos y económicos incluyéndose la mantenibilidad. Se ha de empezar analizando en qué situación se encuentra la instalación. En este caso, se trata de una instalación de un área de transporte en la que existe cierto peligro en los andenes por su proximidad a los trenes en circulación, por lo tanto se deberá tener en cuenta en su diseño. Una vez identificado el tipo de instalación que se tiene, se procede a buscar en las normativas del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión 2002 para su correcto diseño.

Un buen método para mejorar la eficiencia energética de la estación es analizar la situación luminotécnica en la que se encuentra actualmente e intentar mejorarla. Para ello se debe conocer los niveles de iluminancia máxima, mínima y media de la estación en su conjunto junto la potencia consumida. Una vez obtenidos estos parámetros se intentaría buscar otras luminarias de tal manera que se obtengan los mismos niveles de iluminancia o superiores con una potencia absorbida menor.

### 5.1. Clasificación de la Instalación y Requisitos Fotométricos

#### 5.1.1. Alumbrado Exterior

Como se ha reflejado en el apartado anterior, si hay un aumento de consumo de 1700 W en las horas que el alumbrado exterior está encendido y cada luminaria es de 100 W, significa que hay un total de 17 luminarias alimentándose desde el cuadro eléctrico de alumbrado. Aun así, en los andenes hay un total de 15 luminarias de 100 W. Las dos luminarias restantes forman parte de la fachada de la cafetería y por indicaciones de FGV quedan fuera del alcance del presente proyecto y pasan a ser responsabilidad de la Cafetería de la estación, debiéndose incluir en el cuadro eléctrico de la misma.

El alumbrado exterior cuenta con dos partes diferenciadas en los reglamentos: los andenes y el paso entre andenes. En el paso entre andenes es de vital importancia cumplir con los requisitos mínimos de niveles de iluminación ya que es una zona común para los viajeros y los trenes.

En lo que se refiere a los andenes, no existe una norma específica para el alumbrado de andenes exteriores. Aun así, se pueden tomar como referencia los valores referidos a andenes cubiertos por su semejanza a los andenes de la estación. Por tanto, para el proyecto se toma como referencia la Norma europea sobre la iluminación para interiores, UNE 12464.1, tabla de áreas de transporte, punto 2.1, andenes cubiertos y pasos subterráneos de pasajeros. En esta tabla se especifica que se requieren 50 lux de iluminancia media en el plano horizontal medida a nivel del suelo y un índice de rendimiento en color superior a 40. El nivel de uniformidad no se expresa en la norma, no obstante se propone una uniformidad media mínima en el plano horizontal de 0,5.

Para el paso entre andenes, la instrucción ITC EA-02 del RD 1890/2008 establece que, para pasos de peatones sin semáforo, la iluminancia de referencia mínima en el plano vertical será de 40 lux. En el plano horizontal, la clase de alumbrado será CE1 en áreas comerciales e industriales y CE2 en zonas residenciales. En este caso, se considera que se trata de una zona comercial (CE1) y el valor mínimo de la iluminancia media en el plano horizontal según la tabla 9 AE-02 es de 30 lux con una uniformidad media mínima en el plano horizontal de 0,4.

Por tanto, para los andenes se necesitará una iluminancia media en el plano horizontal de 50 lux con una uniformidad media mínima de 0,5 y para el paso entre andenes una iluminancia media en el plano vertical de 40 lux, una iluminancia media en el plano horizontal de 30 lux y una uniformidad media en el plano horizontal de 0,4.

### 5.1.2. Alumbrado Interior

El alumbrado interior que se pretende renovar es el vestíbulo del edificio de la estación. El vestíbulo se considera como una sala de taquillas y vestíbulo, por tanto, según la UNE 12464.1 citada anteriormente, instalaciones ferroviarias punto 2.2 sala de taquillas y vestíbulo, debe tener una iluminancia media en el plano horizontal de 200 lux y un rendimiento de color de 40. Como en el caso de los andenes, también se requerirá una uniformidad media en el plano horizontal de 0,5 como mínimo. Estos valores deben garantizar la comodidad visual de los viajeros que estén esperando en esta sala.

## 5.2. Situación Actual

El primer paso para conocer en qué situación se encuentra actualmente la estación, por lo que se refiere a niveles de iluminación y eficiencia energética, es conocer los valores referentes a iluminancia media ( $E_m$ ) y uniformidad en sus correspondientes planos, junto a la potencia utilizada por las luminarias para suministrar estos niveles. Este apartado se centra en el cálculo de la iluminancia media y la uniformidad, utilizando mayoritariamente el plano horizontal a nivel del suelo ya que éste es considerado como el plano de trabajo por el cual las personas pisan y deben visualizar con claridad.

La iluminancia es la cantidad de flujo luminoso incidente sobre una superficie dividido entre el valor de dicha superficie, es decir, es la cantidad de luz emitida por una fuente de luz por unidad de tiempo (lúmenes) sobre una superficie y dividida por el valor de la superficie ( $m^2$ ). La iluminancia en un punto concreto de superficie se calcula como el diferencial del flujo luminoso incidente partido el diferencial de área en dicho punto. Esta magnitud tiene como unidad de medida los luxes y viene dada según el libro *Tecnología Eléctrica* por la siguiente fórmula:

$$E = \frac{d\phi}{dA} = \frac{I_{\alpha}}{h^2} \cos^3 \alpha \quad (lx) \quad [2]$$

La intensidad luminosa producida por la lámpara  $I_{\alpha}$  es el valor del diferencial del flujo luminoso dividido por el diferencial del ángulo sólido en estereorradianes midiéndose en candelas (cd),  $h$  es la distancia vertical entre la luminaria y el suelo y  $\alpha$  el ángulo que forma la dirección de la luz incidente y la normal a la superficie.

Aun así, el valor de la iluminancia solamente en un punto no es del todo representativo. La iluminancia varía a lo largo de la superficie debido a la distancia y ángulo de incidencia entre la intensidad luminosa y el suelo. Por tanto, es necesario conocer el valor de la iluminancia media  $E_m$  en la superficie a estudiar. El valor de la iluminancia media se puede calcular teóricamente como:

$$E_m = \frac{\phi_L \cdot n \cdot \eta \cdot u \cdot m}{A} \quad [3]$$

Siendo  $\phi_L$  el flujo total emitido por la luminaria,  $n$  el número de luminarias,  $\eta$  el rendimiento de la luminaria,  $u$  el factor de utilización de la instalación,  $m$  el factor de mantenimiento y  $A$  el área del plano de trabajo.

De manera práctica también se puede calcular  $E_m$  dividiendo la superficie del local en áreas del mismo tamaño y midiendo la luminancia en el centro de cada área, o bien, dividir la superficie del local en diferentes áreas según convenga y realizar la media ponderada de las medidas en el centro de cada área por las áreas relativas de cada medida.

$$E_m = \frac{\sum_{i=1}^k E_i \cdot S_i}{\sum_{i=1}^k S_i} \quad [4]$$

Aun así, otro método posible de realizar los cálculos es con la utilización de aplicaciones informáticas de simulación. En este caso, se utilizará la aplicación informática *DIALux 4.12* mediante la cual se obtendrán los valores deseados realizando las simulaciones de los locales con las luminarias específicas. En este caso también se incluyen objetos en el local como marquesinas, bancos o árboles para que los resultados de la simulación sean más específicos.

Otra ventaja del uso de esta herramienta es que resultará más fácil hallar con la solución de las luminarias por su manejabilidad. Para la realización de los cálculos luminotécnicos se utilizará este método, considerando dos escenarios claramente diferenciados: uno referido al alumbrado exterior del edificio, siendo las luminarias destinadas a alumbrar los andenes, y otro referido al alumbrado interior del edificio que se quiere modificar situado en el vestíbulo.

Para poder realizar las simulaciones de los distintos escenarios se han utilizado los planos generales de la estación, donde se puede encontrar información relativa a la ubicación de los distintos elementos. Lo más importante es introducir las luminarias en su posición exacta ya que la iluminancia varía con la altura y el ángulo que incide la luz, como se ha descrito antes.

En los andenes hay un total de 15 luminarias de sodio de alta presión SIMON BR HID de 100W de potencia, y aunque todas las luminarias tienen una altura de 4 metros respecto al suelo, no hay la misma distancia entre cada una de ellas, y puede variar entre 10 y 15 metros. Esto se debe a la imposibilidad de mantener la misma distancia entre cada luminaria debido a los diferentes objetos en los andenes como marquesinas, bancos o árboles, los cuales dificultan de manera considerable la iluminación adecuada en todos los puntos del andén. Aun así, se podría modificar la posición de ciertas luminarias e introducir nuevas para mejorar los niveles luminotécnicos.

En el vestíbulo hay un total de 6 tubos fluorescentes PHILIPS PACIFIC TCW216 de 36W de potencia, dispuestos en forma de malla, formando 2 filas y 3 columnas. Análogamente a las luminarias en los andenes, se podría conocer el número de luminarias necesarias para un correcto alumbrado, primero se calcularía el índice geométrico del local  $K$ . De este modo, conociendo los factores de reflexión en techo, paredes y plano útil del local y la  $E_m$  requerida por la normativa, se puede conocer el número de luminarias necesarias para el local utilizando la tabla de factores  $U$  para cada tipo de luminarias. Entonces se calcularían los índices de malla  $K_m$  y de proximidad  $K_p$  que reflejan la relación geométrica en luminarias centrales y periféricas respectivamente (de acuerdo a la norma francesa NF 71.120 actualmente cancelada).

Finalmente comparándolos con los valores de  $K_{mT}$  y de  $K_{pT}$  proporcionados para cada tabla, se puede estimar si habría una uniformidad lo suficientemente buena.

$$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} \quad [5]$$

$$K_m = \frac{2 \cdot m \cdot n}{h \cdot (m + n)} \quad [6]$$

$$K_p = \frac{a \cdot p + b \cdot q}{h \cdot (a + b)} \quad [7]$$

De todos modos, en este caso también se utilizará la aplicación *DIALux 4.12* por la facilidad de encontrar la solución adecuada y conocer los datos luminotécnicos.

### 5.2.1. Alumbrado Exterior

Para realizar la simulación correctamente es muy importante situar las superficies de cálculo adecuadamente. A continuación se muestra un croquis de las superficies de cálculo utilizadas en los andenes.

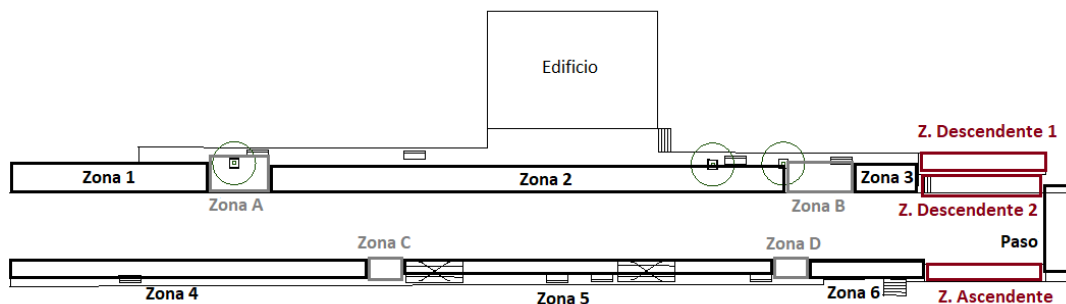


Figura 7: Croquis de los andenes con las superficies de cálculo utilizadas

En este caso hay tres partes para estudiar: el andén de la vía ascendente, el andén de la vía descendente y el paso entre andenes. En los tres casos existen elementos que crean sombras y que pueden alterar los resultados, como árboles, bancos o marquesinas, y por mucho que se aumente el flujo luminoso de la lámpara continuaría habiendo un mal resultado en uniformidad. Por ese motivo se decide trabajar por zonas. Pero de todos modos también se van a controlar las zonas menos favorables de uniformidad para que al menos tengan una iluminancia media aceptable. Dichas zonas son dos en el andén de vía ascendente (Zona A y Zona B) y otras dos en el andén de vía descendente (Zona C y Zona D).

En el andén de vía descendente se ha trabajado principalmente con tres zonas: Zona 1, Zona 2 y Zona 3. Cada una de ellas tiene su correspondiente superficie de cálculo, la cual corresponde al plano de trabajo para el cálculo de los datos luminotécnicos. Dicho plano de trabajo se sitúa a nivel del suelo, midiendo la iluminancia recibida en el plano horizontal.

En el andén de vía ascendente se ha trabajado también principalmente con tres zonas: Zona 4, Zona 5 y Zona 6. Como en el caso anterior, cada zona dispondrá de su superficie de cálculo, la cual mide la iluminancia media a nivel del suelo en el plano horizontal.

La zona del paso entre andenes es diferente a las anteriores. La normativa ITC EA-02 especifica que, aparte de comprobar la iluminancia en el plano horizontal, se debe comprobar también en el plano vertical. Así pues se ha trabajado con 3 superficies de cálculo: Paso Horizontal, Paso Vertical Ascendente y Paso Vertical Descendente. La primera mide la iluminancia recibida en el plano horizontal, a nivel del suelo. La segunda mide la iluminancia recibida en el plano vertical, a 1,5 metros de altura y en sentido ascendente. Por último, Paso Vertical Descendente mide también la iluminancia recibida en el plano vertical a 1,5 metros de altura, pero en sentido descendente. La diferenciación entre las luminancias verticales en sentido ascendente y descendente es importante, ya que las superficies verticales sirven para la identificación de las personas. Como la iluminancia depende del ángulo que forma la dirección de la luz incidente y la normal a la superficie, al considerar dos sentidos (ascendente y descendente), sus vectores normales son opuestos, por lo que la iluminancia variará.

Otras dos zonas interesantes de estudiar son las rampas que hay en los andenes ascendentes y descendentes que conducen hacia la zona del paso entre andenes. Por tanto, las superficies de cálculo Rampa Ascendente y Rampa Descendente también se estudiarán.

Por último, antes de realizar la simulación, se ha considerado para el factor de mantenimiento total que la clasificación de suciedad de la sala es mediano y según el libro de "Tecnología Eléctrica", el factor de mantenimiento del local sería de 0,7. Con estos datos se ha realizado la simulación obteniendo los siguientes resultados:

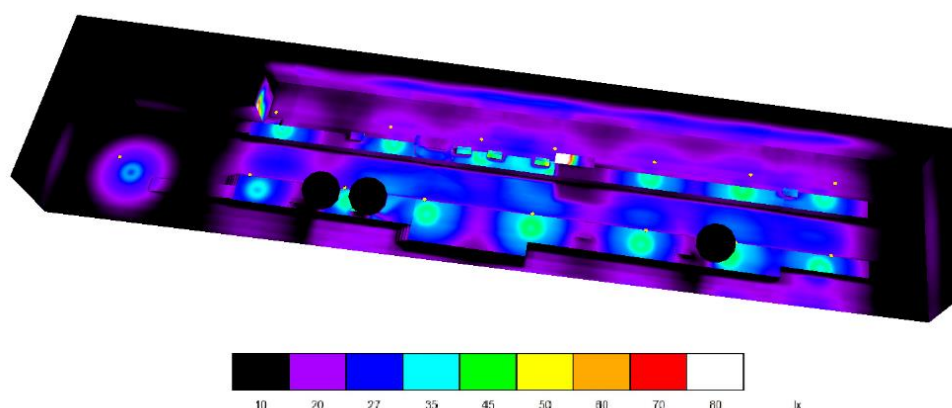


Figura 8: Colores falsos de la iluminancia actual en andenes

Superficie de Cálculo	Tipo	Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em
<b>Zona 1</b>	perpendicular	32	22	43	0,689
<b>Zona 2</b>	perpendicular	31	19	42	0,612
<b>Zona 3</b>	perpendicular	29	19	36	0,671
<b>Zona 4</b>	perpendicular	32	22	42	0,682
<b>Zona 5</b>	perpendicular	29	13	43	0,455
<b>Zona 6</b>	perpendicular	29	17	38	0,582
<b>Paso Horizontal</b>	perpendicular	22	11	33	0,521
<b>Paso Vertical Descendente</b>	vertical, 0°	14	3,43	41	0,238
<b>Paso Vertical Ascendente</b>	vertical, 180°	9,53	8,88	10	0,932
<b>Zona A</b>	perpendicular	23	14	33	0,632
<b>Zona B</b>	perpendicular	22	12	31	0,548
<b>Zona C</b>	perpendicular	19	14	25	0,723
<b>Zona D</b>	perpendicular	16	9,89	19	0,637
<b>Rampa Ascendente</b>	perpendicular	8,56	6,19	18	0,724
<b>Rampa Descendente 1</b>	perpendicular	14	8,79	24	0,612
<b>Rampa Descendente 2</b>	perpendicular	13	8,52	23	0,653

Tabla 1: Resultados luminotécnicos actuales en andenes

La Figura 8 muestra en colores falsos los niveles de iluminación actuales en la parte exterior y la Tabla 1 muestra los resultados numéricamente. Como se puede observar aunque los niveles de uniformidad son aceptables, la iluminancia media es bastante baja. En las zonas principales de estudio (Zona 1, Zona 2, Zona 3, Zona 4, Zona 5 y Zona 6) hay una media de  $E_m$  de 30 lx, 20 puntos por debajo de lo marcado por la normativa.

En el paso entre andenes tampoco hay unos niveles de iluminancia adecuados. La iluminancia media horizontal es de 18 lx y la vertical es de 9,5 y 14 lx en cuanto debería ser como mínimo de 40 lx y 30 lx respectivamente. En las superficies de cálculo restantes la iluminancia media y mínima es muy baja y por tanto, se debe aumentar notablemente los niveles de iluminancia, intentando mantener al menos la uniformidad, para cumplir con la normativa

### 5.2.2. Alumbrado Interior

Análogamente al punto anterior, se ha realizado la simulación del vestíbulo con distintas superficies de cálculo. Aunque también existen distintos objetos que pueden crear sombras, el principal motivo de trabajar con distintas superficies de cálculo es la diferencia de alturas de hasta 0,8 metros que existe entre la parte superior e inferior del vestíbulo. Igualmente, el plano de trabajo se sitúa a nivel del suelo, quedando finalmente las superficies de cálculo: Superior, Escalón 1, Escalón 2, Escalón 3, Escalón 4 e Inferior, ordenados de mayor a menor altura.

La diferencia de altura que existe es un problema que se debe de tener en cuenta, ya que aunque la parte superior tenga una iluminancia correcta, la parte inferior puede no llegar a tener los requisitos luminotécnicos necesarios. En este caso también se ha considerado un nivel de suciedad del local mediano con lo cual queda un factor de mantenimiento de 0,7. Con estas especificaciones se ha realizado la simulación del local obteniendo los siguientes resultados:

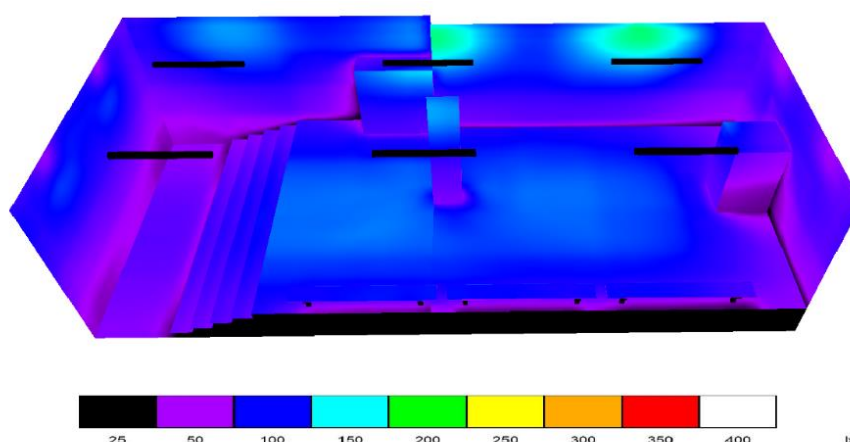


Figura 9: Colores falsos de la iluminancia actual en vestíbulo

Superficie de Cálculo	Tipo	Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em
<b>Superior</b>	perpendicular	105	37	126	0,539
<b>Escalón 1</b>	perpendicular	90	66	107	0,742
<b>Escalón 2</b>	perpendicular	85	65	101	0,76
<b>Escalón 3</b>	perpendicular	79	59	95	0,757
<b>Escalón 4</b>	perpendicular	72	57	87	0,787
<b>Inferior</b>	perpendicular	70	55	83	0,786

Tabla 2: Resultados luminotécnicos actuales en andenes

La Figura 9 muestra en colores falsos los niveles de iluminación actuales en el vestíbulo y la Tabla 2 muestra los resultados luminotécnicos numéricamente. La uniformidad en la superficie de cálculo Superior es bastante pobre, esto se debe a su proximidad con las luminarias, cosa que también se ve reflejada en su iluminancia media que es más alta que en las otras superficies de cálculo. La iluminancia media en todo el vestíbulo es muy baja, debería haber el doble para conseguir llegar a los niveles requeridos por la normativa.



### 5.3. Solución LED

Según la Directiva ErP (EC) 244/2009, después del 1 de septiembre de 2018 no se pueden fabricar lámparas halógenas y solamente se pueden vender aquellas fabricadas antes de esa fecha. De este modo se pretende que desaparezcan del mercado lámparas ineficientes, incentivando el uso de tecnologías más eficientes como pueden ser las lámparas LED.

Como ya se ha comentado, este tipo de lámparas ofrecen más lúmenes por vatio, lo que quiere decir que son más eficientes. También tienen más duración que otro tipo de lámparas, del orden de 100.000 horas de uso, lo cual significa mayor durabilidad y menor mantenimiento, factores importantes a tener en cuenta. Por último, otro aspecto importante a tener en cuenta es que estas lámparas no necesitan el equipo auxiliar que tienen las lámparas de descarga tal y como se muestra en la *Figura 6*, en cambio estas lámparas trabajan con corriente continua y necesitan un convertidor de corriente alterna a continua para su funcionamiento.

#### 5.3.1. Alumbrado Exterior

La distancia de la luminaria respecto a la superficie de trabajo es importante el diseño del alumbrado. Si se reduce la distancia del punto de luz a la superficie, el flujo producido por la lámpara se concentra en un punto produciendo más iluminancia en dicho punto aunque la zona de alrededor pierde iluminancia, entonces en dicha zona aumentaría la iluminancia media pero se reduciría la uniformidad. En el caso contrario, si el punto de luz se alejara de la superficie a estudiar, el flujo luminoso abarcaría una zona más amplia disminuyendo la iluminancia media pero aumentando la uniformidad.

En este proyecto se necesita aumentar la iluminancia media en cada zona de estudio y una posible solución sería reducir la distancia del punto de luz a la superficie pero, teniendo en cuenta la parte económica, se necesitarían demasiados puntos de luz para conseguir una uniformidad aceptable y el presupuesto aumentaría considerablemente.

Otra posible solución sería aumentar el flujo de las luminarias y su altura para incrementar la iluminancia media y mantener la uniformidad, pero aumentar la distancia de la luminaria respecto al suelo representaría un peligro para el operario, ya que existen cables aéreos con una tensión elevada y trabajaría cerca de éstos.

Teniendo en cuenta lo explicado anteriormente, se decide mantener la altura de las luminarias a 4 metros del suelo, aumentando su flujo para incrementar la iluminancia media e introducir nuevos puntos de luz en aquellas zonas en las cuales la uniformidad se haya reducido demasiado.

Como ya se ha explicado, la iluminancia media en los andenes en general ha de mejorar bastante. La solución empieza por sustituir la luminaria SIMON BR HID, que cuenta con un flujo de hasta 9.500 lm, por otra que ofrezca más flujo luminoso para aumentar los luxes en los andenes.

La luminaria elegida ha sido el modelo PHILIPS ClearWay gen2, con 12.000 lm de flujo, 74 W de potencia, 0,98 de factor de potencia y 100.000 horas de uso. En el plano de máxima intensidad (eje longitudinal), su curva isolux es simétrica y alcanza 150° y en el plano transversal su curva isolux va desde -30° a 45°. Esta óptica es buena para iluminar una amplia zona para mejorar la uniformidad y sin perder iluminancia.

Tras una primera simulación de la solución con la luminaria elegida, se comprueba que la iluminancia media en las distintas zonas de los andenes aumenta. Aun así, la Zona A, la Zona B, la zona de las marquesinas, la rampa de vía ascendente y el paso siguen con una iluminancia media y una uniformidad baja.

Para mejorar los niveles de iluminancia en Zona A y Zona B, se desplazan las luminarias más cercanas 3,8 y 3,5 metros respectivamente y se introducen dos luminarias nuevas con las mismas características, evitando que haya zonas oscuras a consecuencia del movimiento de estas luminarias, en Zona 2 y Rampa Descendente 2.

En el área que queda debajo de las marquesinas en el andén de vía ascendente no se podrían mejorar el nivel luminotécnico solamente con el movimiento de luminarias. Si las luminarias se acercan a las marquesinas, éstas producirían sombras y si alejan se podría iluminar la zona, pero no se conseguiría una iluminancia media adecuada. Como solución, se propone introducir un tubo LED debajo de cada marquesina para que se encarguen de la iluminación de estas zonas. El tubo elegido es el modelo PHILIPS CoreLine Regleta, con 19W, 50.000 horas de uso, factor de potencia de 0,9 y 2100lm suficientes para alcanzar la iluminancia deseada.

La rampa que comunica el andén de vía ascendente con el paso entre los andenes es una zona difícil de iluminar debido al poco espacio entre la pared y la vía, que impide poner una luminaria en la rampa. Tampoco se pueden poner luminarias sobre la pared de la rampa ya que ese edificio no es propiedad de FGV y no se ha obtenido permiso para hacerlo.

Otra opción sería poner una luminaria entre la rampa y el paso, pero esta opción resultaría peligrosa y molesta para los maquinistas de los trenes ya que esta luz podría deslumbrarlos e impedir ver con claridad el semáforo, por tanto esta opción se descarta.

Con estas condiciones, se ha decidido instalar un proyector en la luminaria más cercana a esta rampa con el fin de que se ilumine solamente a ésta. El proyector elegido es el modelo PHILIPS ClearFlood con una potencia de 47W, un factor de potencia nominal de 0,9, 100.000 horas de uso y un flujo luminoso de 8000 lm. El proyector se instalará con una inclinación adecuada para iluminar gran parte de la rampa. Esta luminaria tiene un grado de protección IP66, protegida totalmente frente a entrada de polvo y frente a chorros de agua a presión, suficiente para estar en el exterior.

Por último, para el paso entre andenes se ha elegido una luminaria especial para estas situaciones, el modelo SIMON TRAFIC DEMON que cuenta con una potencia de 73W, 0,95 de factor de potencia, 60.000 horas de uso y un flujo luminoso de 9200 lm. Con esta luminaria se consigue mejorar los niveles lumínicos del paso, aunque una parte quede más iluminada que la otra. Una solución ideal sería instalar dos luminarias de este tipo, una en cada lado del paso, pero por los mismos motivos que el caso anterior no se puede instalar una luminaria en esa parte del paso.

A continuación se muestran la imagen de la simulación en los andenes en colores falsos y la tabla de resultados.

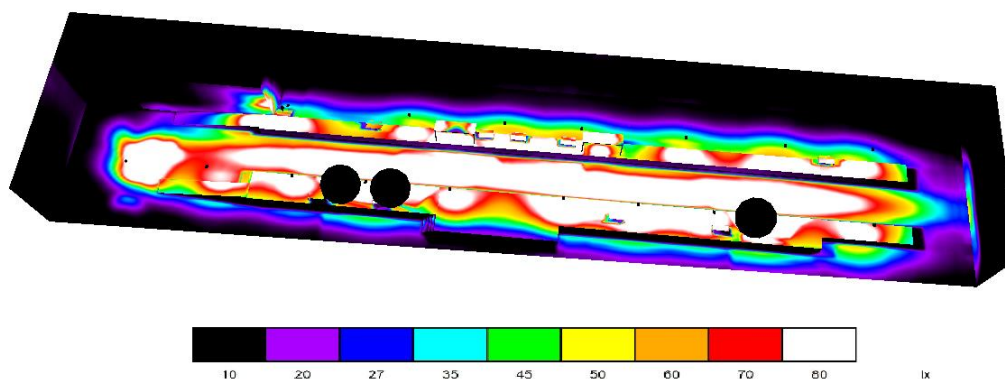


Figura 10: Colores falsos de la iluminancia simulada en andenes

Superficie de Cálculo	Tipo	Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em
<b>Zona 1</b>	perpendicular	81	45	122	0,553
<b>Zona 2</b>	perpendicular	94	59	121	0,627
<b>Zona 3</b>	perpendicular	77	48	94	0,619
<b>Zona 4</b>	perpendicular	82	41	107	0,507
<b>Zona 5</b>	perpendicular	91	52	142	0,567
<b>Zona 6</b>	perpendicular	84	47	171	0,564
<b>Paso Horizontal</b>	perpendicular	126	49	176	0,390
<b>Paso Vertical Descendente</b>	vertical, 0°	66	8,83	222	0,134
<b>Paso Vertical Ascendente</b>	vertical, 180°	53	25	103	0,481
<b>Zona A</b>	perpendicular	101	70	121	0,692
<b>Zona B</b>	perpendicular	91	63	103	0,699
<b>Zona C</b>	perpendicular	47	37	58	0,787
<b>Zona D</b>	perpendicular	46	20	58	0,442
<b>Rampa Ascendente</b>	perpendicular	52	20	151	0,374
<b>Rampa Descendente 1</b>	perpendicular	63	36	100	0,579
<b>Rampa Descendente 2</b>	perpendicular	71	54	92	0,759

Tabla 3: Resultados luminotécnicos solución en andenes

A la vista de los resultados de la simulación, puede observarse una mejora considerable en los niveles de iluminación. En las zonas principales de estudio (Zona 1 a Zona 6) la iluminancia media medida en la zona de trabajo sube una media de 50 luxes, pasando de 30lx de media a niveles entre 80 y 95lx, siendo muy superior al valor marcado por la normativa y aunque la uniformidad baja en algunas zonas, se sigue superando la uniformidad propuesta de 0,5. La mejora de iluminancia en Zona 5 se debe a la introducción de los tubos en las marquesinas, que ayudan a mantener la uniformidad superior a la indicada.

En Rampa ascendente, la iluminancia media mejora bastante pasando de 8,5 a 52 lx y aunque no llega a la uniformidad deseada, se da por buena la solución.

Finalmente en la zona del paso entre andenes, en el plano horizontal se consigue una iluminancia media de 126 lx (superior a los 30 lx que marca la normativa) y una uniformidad de 0,4, cumpliendo con la normativa. En el plano vertical se consigue 66 lx de media y 53 lx de media en el plano sentido descendente y ascendente respectivamente, superando los 40 lx propuestos por la normativa.

Por tanto, esta sería una solución luminotécnica adecuada cumpliendo con la normativa y adecuándose a las condiciones ofrecidas en los andenes.

### 5.3.2. Alumbrado Interior

Como el propósito era aumentar al doble la iluminancia media, se ha buscado tubos con un flujo luminoso mayor a los que ya hay. La solución se ha diseñado con el tubo PHILIPS PacificLed gen4, con 6400 lm de flujo luminoso, 46,5W de potencia y un factor de potencia de 0,98. Los lúmenes se han aumentado a casi el doble, aunque la potencia de la luminaria se ha incrementado 10,5 W respecto a la luminaria actualmente instalada. Aunque se haya aumentado la potencia, el flujo ha aumentado con mayor proporción, beneficiando así la eficiencia luminosa, que recordemos que es la relación entre lúmenes y vatios consumidos, y permitiendo llegar a los niveles luminotécnicos requeridos. A continuación se muestran los resultados de manera visual en una imagen y los datos concretos de las superficies de cálculo en una tabla.

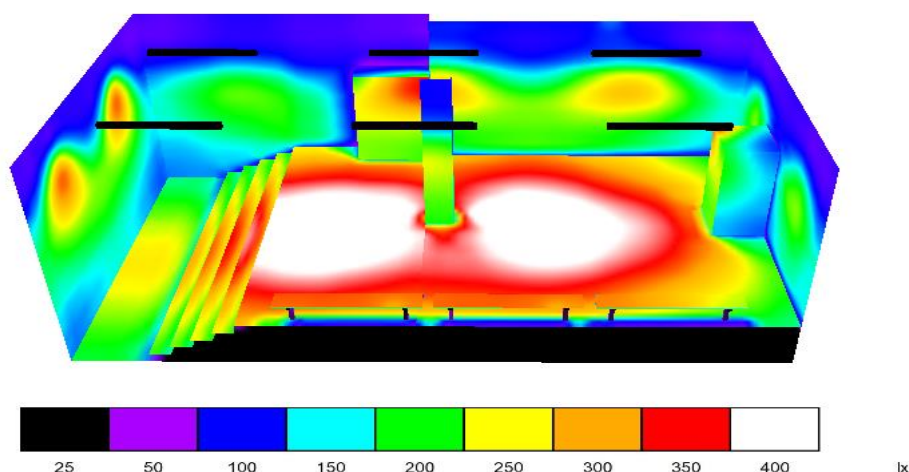


Figura 11: Colores falsos de la iluminancia simulada en vestíbulo

Superficie de Cálculo	Tipo	Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em
<b>Superior</b>	perpendicular	358	172	455	0,482
<b>Escalón 1</b>	perpendicular	300	195	397	0,648
<b>Escalón 2</b>	perpendicular	284	193	364	0,68
<b>Escalón 3</b>	perpendicular	255	171	337	0,669
<b>Escalón 4</b>	perpendicular	235	161	308	0,683
<b>Inferior</b>	perpendicular	232	159	284	0,685

Tabla 4: Resultados luminotécnicos solución en andenes

Como puede observarse en los resultados, la iluminancia media aumenta considerablemente, más del 230% en todas las superficies de cálculo, siendo la mínima la iluminancia media de la superficie de cálculo Inferior con 232 lux, aun así superaría en 32 lux al nivel exigido por la normativa. De todos modos hay que tener en cuenta la uniformidad, ya que se reduce en todas las superficies de cálculo debido a la distribución luminosa de la luminaria, pero sigue siendo mayor a 0,5, exigido por la normativa, excepto en la superficie de cálculo Superior.

En la superficie de cálculo Superior se debe tener en cuenta los distintos objetos que hay y que pueden producir sombras, como bancos, máquina expendedora y máquina de venta de billetes. Los objetos comentados pueden ser evitados por la superficie de cálculo en las simulaciones, aun así no se han omitido las esquinas del vestíbulo y es ahí donde se produce una iluminancia tan baja. Observando la escala de grises de la simulación de DIALux, la iluminancia de 172 lux se produce en la esquina contraria a la puerta y detrás de la máquina expendedora. Teniéndolo en consideración, se considera buena la uniformidad en esta superficie de cálculo ya que sería superior a 0,5.

Por tanto, los resultados de la simulación indican que se superarían los 200 lux y la uniformidad de 0,5 exigidos por la norma UNE 12464.1 y se considera buena la solución planteada.

#### 5.4. Eficiencia Energética

El concepto de eficiencia energética o ahorro energético se refiere a la reducción de energía necesaria para obtener un mismo resultado. Es decir, en este caso significa la reducción de potencia requerida en las luminarias para producir la misma iluminancia media en cada zona de estudio. Con esto, se pretende disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas en las centrales eléctricas para la obtención de energía eléctrica.

Según el texto extraído del libro “*Tecnología Eléctrica*”, la directiva comunitaria EuP hace obligada la clasificación de los aparatos domésticos, según su eficiencia, en 7 grupos, desde la letra A siendo el grupo más eficiente hasta la letra G siendo el grupo menos eficiente. Además según el Real Decreto 284/1999 de 22 de febrero, también se indica las horas de vida útil, la potencia y el flujo luminoso de la lámpara implicada.

Por otro lado, el código técnico de edificación (CTE) exige un cierto valor de eficiencia energética en los edificios definiendo el índice de eficiencia energética en luminarias por metro cuadrado y 100 lux (VEEI) calculándose como:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m} \quad [8]$$

Siendo P el valor total de potencia en vatios de la instalación, S la superficie total de la instalación y E<sub>m</sub> el valor de iluminancia media de la instalación.

Para hacer el cálculo de la eficiencia energética de la instalación en los andenes se sigue la instrucción técnica complementaria EA-01, referente a la eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior, la cual se basa en el VEEI visto anteriormente pero más específicamente. Se calculará la eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior ε como:

$$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} = \frac{100}{VEEI} \left( m^2 \cdot lux/W \right) \quad [9]$$

Según el punto 2.2 Instalaciones de alumbrado vial ambiental de la guía mencionada, en una instalación con una iluminancia media de servicio superior a 20 lux se requiere una eficiencia energética mínima de 9 m<sup>2</sup>·lux/W.

A continuación se calculará el índice de eficiencia energética  $I_{\varepsilon}$  como el cociente entre la eficiencia energética de la instalación y el valor de eficiencia energética de referencia, siendo ésta de 13 para instalaciones de alumbrado vial ambiental y otro tipo de instalaciones de alumbrado con una iluminancia media mayor o igual a 20 lux. Una vez obtenido, su inversa sería el índice de consumo energético (ICE), el cual clasificaría a la instalación en la escala de siete letras comentada anteriormente. La iluminancia media total se ha calculado realizando la media ponderada entre las iluminancias medias correspondidas a la superficie de cada zona. Por último se debe tener en cuenta a la hora de realizar los cálculos que la potencia total instalada en luminarias de andenes actualmente es de 1500 W y en la solución es de 1342 W. Las fórmulas descritas y los resultados se muestran a continuación.

$$I_{\varepsilon} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R} \quad [10]$$

$$E_m = \frac{\sum(E_{m_i} \cdot S_i)}{\sum S_i} \quad [11]$$

$$ICE = \frac{1}{I_{\varepsilon}} \quad [12]$$

Superficie de Cálculo	Longitud (m)	Amplitud (m)	Área (m <sup>2</sup> )	E <sub>m</sub> actual	E <sub>m</sub> solución
Zona 1	17,96	3,98	71,49	32	81
Zona 2	45,35	2,18	99,04	31	94
Zona 3	7,70	3,80	29,26	29	77
Zona 4	31,85	2,35	74,96	32	82
Zona 5	33,50	0,97	32,33	29	91
Zona 6	11,16	2,10	23,42	29	84
Paso	2,35	6,00	14,12	22	126
Zona A	6,03	1,78	10,71	23	101
Zona B	5,36	1,79	9,60	22	91
Zona C	3,21	2,15	6,89	19	47
Zona D	2,96	2,03	6,02	16	46
Rampa Ascendente	11,95	1,90	22,71	8,56	52
Rampa Descendente 1	12,00	1,95	23,40	14	63
Rampa Descendente 2	10,42	1,67	17,43	13	71
<b>Total/Media</b>			<b>441,37</b>	<b>27,11</b>	<b>83,01</b>

Tabla 5: Cálculo de áreas e iluminancias medias en andenes

Situación	E <sub>m</sub> (lux)	A (m <sup>2</sup> )	Potencia (W)	$\varepsilon$	$\varepsilon_R$	I $\varepsilon$	ICE
<b>Actual</b>	27,11	441,37	1500	7,98	13	0,61	1,63
<b>Solución</b>	83,01	441,37	1342	27,30	13	2,10	0,48

Tabla 6: Resultados de eficiencia energética en andenes

Según la Tabla 4 – Calificación energética de una instalación de alumbrado de la GUÍA-EA-01, una instalación con un ICE entre 1,35 y 1,79 es calificada energéticamente con la letra D y una instalación con un ICE menor a 0,91 es calificada energéticamente con la letra A.

A la vista de los resultados la instalación ha pasado de estar calificada energéticamente con la letra D a estarlo con la A. Un salto considerable en la eficiencia energética, que mejora bastante y por tanto el diseño del alumbrado en los andenes se da como correcto.

Para el vestíbulo se hace el mismo procedimiento, con los mismos valores de eficiencia energética mínima y valor de eficiencia energética de referencia ya que se superan los 20 lux de media. La potencia instalada en el vestíbulo actual sería de 216W y la solución contaría con 279W. Las siguientes tablas muestran los resultados de los cálculos realizados.

Superficie de Cálculo	Longitud (m)	Amplitud (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Em actual	Em solución
<b>Superior</b>	6,24	7,58	47,32	107	354
<b>Escalón 1</b>	6,24	0,31	1,93	90	302
<b>Escalón 2</b>	6,24	0,31	1,93	85	286
<b>Escalón 3</b>	6,24	0,31	1,93	79	257
<b>Escalón 4</b>	6,24	0,31	1,93	72	237
<b>Inferior</b>	6,24	1,09	6,80	70	233
<b>Total/Media</b>			<b>61,86</b>	<b>99,74</b>	<b>330,25</b>

*Tabla 7: Cálculo de áreas e iluminancias medias en vestíbulo*

Situación	Em (lux)	A (m <sup>2</sup> )	Potencia (W)	ε	εR	Iε	ICE
<b>Actual</b>	99,74	61,86	216	28,56	13	2,20	0,46
<b>Solución</b>	330,25	61,86	279	73,22	13	5,63	0,18

*Tabla 8: Resultados de eficiencia energética en vestíbulo*

Siguiendo el mismo procedimiento que en el caso de los andenes, en ambas situaciones el ICE está por debajo de 0,91, queriendo decir que se trata de una instalación con calificación energética de A. No obstante, cabe destacar que el valor de ICE de la solución es menor que el valor ICE actual, por lo que mejora la eficiencia energética y se da por buena la solución planteada.

## 6. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica es un recurso energético renovable que puede ser aprovechado en diferentes aspectos: energía solar pasiva, la cual utiliza la radiación solar sin transformarla, energía solar térmica, la cual transforma la radiación solar recibida en calor y finalmente la energía solar fotovoltaica que transforma la radiación en electricidad. España es uno de los países de Europa con más radiación solar disponible y por tanto un país en el que más se puede aprovechar este tipo de energía.

Pero la realidad es que España es de los países donde más se desaprovecha esta energía. Según los datos obtenidos de la fuente EurObserv'ER, en 2018 España fue el quinto país europeo con más capacidad fotovoltaica acumulada y conectada por detrás de Alemania, Italia, Reino Unido y Francia.

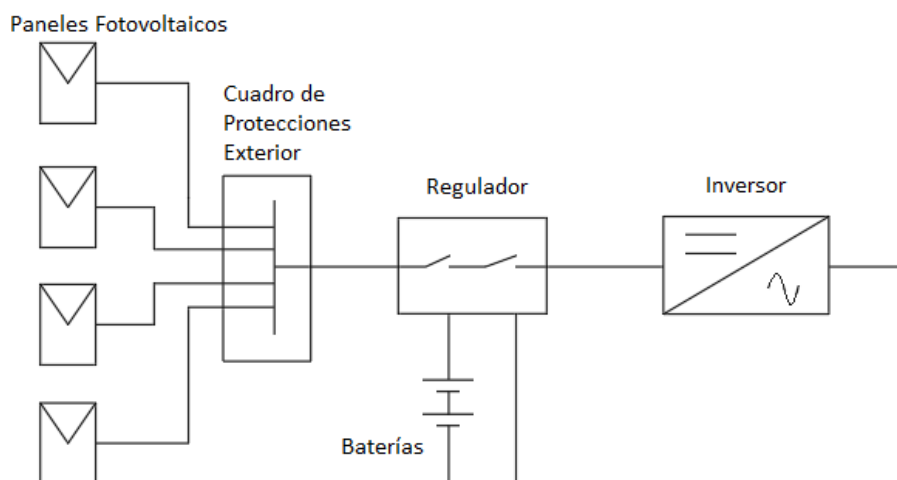
Si observamos los datos detalladamente, Alemania cuenta con 42.339 MW instalados, Italia con 19.682 MW, Reino Unido con 12.783 MW, Francia con 8.610,4 MW y España solamente con 4.725 MW a pesar de tener más radiación solar que estos países.

Con los anteriores datos se puede llegar a la conclusión de que, desde un punto de vista medioambiental, se debería incentivar el uso de esta energía en España y ya que se ha eliminado el Real Decreto 900/2015 descrito anteriormente, es un buen momento para usar esta energía.

Aprovechando que la provincia de Valencia cuenta con una gran radiación solar anual, se ha diseñado para este proyecto un sistema solar fotovoltaico de apoyo para el alumbrado de los andenes y vestíbulo ya diseñados.

Antes de empezar, se debe analizar el tipo de instalación que existe y el tipo de sistema fotovoltaico a aplicar. Como el objetivo es el alimentar a la instalación de alumbrado, debe tenerse en cuenta que en este caso es esencial no quedarse sin energía de alimentación, ya que la estación tiene que estar bien iluminada. Teniendo en consideración que en un momento dado los paneles fotovoltaicos pueden no producir suficiente energía, ya sea porque es de noche o bien por un día nublado, debe diseñarse un sistema que contemple este caso.

La solución planteada ha sido un sistema fotovoltaico aislado independiente de la red eléctrica, que cuente principalmente con paneles fotovoltaicos para la captación de energía, reguladores de carga, baterías para la acumulación de energía y un inversor que convierta la corriente continua en alterna para su uso. El grupo fotovoltaico se instalará en el tejado del edificio de la cafetería de la estación y los otros elementos de la instalación (regulador, baterías e inversor) en el cuarto de elementos fotovoltaicos del edificio de la estación, mostrado en la *Figura 2*. El esquema de la instalación fotovoltaica se muestra a continuación.



*Figura 12: Esquema instalación fotovoltaica*

La instalación fotovoltaica contará con un cuadro de protecciones exterior, situado en el tejado del edificio de la cafetería, junto a los paneles, y que contará con las protecciones necesarias para el cableado de los paneles fotovoltaicos, tal como se verá más adelante.

Es importante contar con las baterías por el hecho de que el uso de energía solar pretende hacerse para las luminarias, es decir, para cuando no haya luz y se requiera una fuente de luz artificial. Entonces se captaría la energía solar en las horas de sol y se utilizaría en las horas nocturnas para iluminar. Aun así, las baterías son el elemento más caro y menos duradero de todo el sistema fotovoltaico y debe tenerse en cuenta para economizar el diseño.



Finalmente, como el uso de las baterías no es suficiente para asegurar el servicio ininterrumpido de energía para la instalación de alumbrado, más adelante en el apartado de instalación eléctrica de baja tensión, se introducirá en el diseño del cuadro general de baja tensión un conmutador de líneas eléctricas, el cual conmuta entre la línea procedente de la instalación fotovoltaica y la línea de la acometida de red eléctrica por si no se tiene suficiente energía.

### **6.1. Datos de Irradiación Solar y Ángulo de Inclinación**

La radiación solar es la energía por unidad de superficie emitida por el Sol, constituida por un conjunto de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias y energías caracterizadas por su longitud de onda. El módulo fotovoltaico es el encargado de transformar la energía en forma de radiación solar a energía eléctrica en forma de corriente continua. Por tanto, su producción energética depende de la cantidad de radiación solar recibida.

La cantidad de radiación solar recibida en una zona depende principalmente de la latitud. Como ya se ha comentado anteriormente, Picanya se encuentra en una latitud de  $39^{\circ}25'59''N$  y puede aprovecharse esta fuente de energía. Para los cálculos es interesante conocer la irradiación solar, siendo la densidad de energía solar recibida en un periodo de tiempo, medida en  $Wh/m^2$  o bien, si es por día en  $Wh/m^2/dia$ .

Otro concepto importante para el cálculo fotovoltaico es la Hora Solar Pico (HSP), que se define como la cantidad de horas en un periodo temporal en las que habría una irradiancia de  $1.000 W/m^2$ . Si se divide la irradiancia obtenida en una zona para un periodo de tiempo determinado, por ejemplo día, por  $1000 W/m^2$  se obtendría el número de HSP para ese día. Finalmente a partir de estos datos se puede calcular el cuantos W pico se necesitaría de módulos fotovoltaicos.

La orientación del panel debe ser lo más orientada al sur posible, al ser una posición en la que se puede aprovechar completamente la energía solar a lo largo de todo el año. La elección del ángulo de inclinación es muy importante porque de éste depende la cantidad de energía en forma de radiación recibida en los paneles. En los meses de verano el ángulo óptimo de inclinación es de aproximadamente  $15^{\circ}$  para maximizar la energía obtenida, en cambio para los meses de invierno el ángulo óptimo está alrededor de  $60^{\circ}$  por obtener más energía en meses como diciembre, en los que hay pocas horas de sol aprovechables.

Teniendo en cuenta que los paneles mantienen un ángulo de orientación fijo a lo largo del año y que existe prácticamente el mismo consumo en todo el año, incluso un poco más en invierno por requerir más horas de iluminación artificial, el ángulo de orientación de los paneles elegido es de  $60^{\circ}$ , para obtener la energía suficiente en invierno y no desperdiciar tanta energía en verano.

Para obtener los datos de irradiación necesarios para el procedimiento del cálculo, se consulta el Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica (PVGIS, Photovoltaic Geographical Information System) de la Comisión Europea. Así pues, introduciendo las coordenadas de la estación ferroviaria, la base de datos Climate-SAF PVGIS y el ángulo de orientación de  $60^{\circ}$ , se obtiene la siguiente información en la que  $H_h$  es la irradiación sobre el plano horizontal,  $H_{opt}$  es la irradiación sobre el plano con la inclinación óptima de  $36^{\circ}$  en la que se obtiene la máxima a lo largo del año,  $H_{(60)}$  es la irradiación sobre el plano inclinado de  $60^{\circ}$ , DNI es la irradiación directa normal y por último  $T_{24h}$  es la temperatura media diaria de cada mes. Las irradiaciones, como bien se ha comentado anteriormente, son en unidades de  $Wh/m^2/dia$  y la temperatura es en grados centígrados  $^{\circ}C$ .

Mes	H <sub>h</sub>	H <sub>opt</sub>	H <sub>(60)</sub>	DNI	T <sub>24h</sub>
<b>Enero</b>	2350	4120	4580	3870	11.3
<b>Febrero</b>	3280	5020	5280	4760	11.2
<b>Marzo</b>	4750	6010	5810	5280	13.4
<b>Abril</b>	5740	6220	5460	5940	16.3
<b>Mayo</b>	6780	6530	5280	6590	19.6
<b>Junio</b>	7570	6910	5330	7580	23.5
<b>Julio</b>	7600	7120	5580	7920	26.3
<b>Agosto</b>	6560	6800	5770	6870	26.4
<b>Septiembre</b>	5060	6060	5670	5710	23.5
<b>Octubre</b>	3810	5400	5510	4960	19.8
<b>Noviembre</b>	2610	4390	4800	4130	15.2
<b>Diciembre</b>	2060	3760	4240	3530	11.5
<b>Año</b>	<b>4850</b>	<b>5700</b>	<b>5280</b>	<b>5600</b>	<b>18.2</b>

Tabla 9: Datos de irradiación en diferentes ángulos y temperatura a lo largo del año

Como se puede observar, aunque con la inclinación de 60° no se obtiene la máxima irradiación a lo largo del año, su irradiación en el mes de diciembre, el más desfavorable, es la más alta respecto a las otras inclinaciones. Por tanto la columna de datos a utilizar para los cálculos será la de H<sub>(60)</sub>.

Por último, se procede al cálculo de las Horas Sol Pico descritas anteriormente, multiplicando la irradiación media diaria de cada mes por el número de días del mes y dividido por 1000W/m<sup>2</sup> por definición de HSP.

Mes	H <sub>(60)</sub>	HSP <sub>(60)</sub>
Enero	4580	141,98
Febrero	5290	148,12
Marzo	5810	180,11
Abril	5460	163,8
Mayo	5290	163,99
Junio	5330	159,9
Julio	5580	172,98
Agosto	5770	178,87
Septiembre	5670	170,1
Octubre	5510	170,81
Noviembre	4790	143,7
Diciembre	4230	131,13
<b>Total año</b>	<b>5280</b>	<b>1925,49</b>

Tabla 10: Datos de irradiación y hora sol pico para cada mes del año

## 6.2. Potencia y Régimen de Funcionamiento Previsto

Para el régimen de funcionamiento previsto, se debe tener en cuenta que durante las horas en las que la estación permanece cerrada al público, se mantendrán encendidas la mitad de las luminarias, por lo que existirán dos circuitos principales de alumbrado con sus correspondientes circuitos secundarios para cada andén. De este modo, se pretende que en las horas que esté la estación cerrada, haya menos luminarias encendidas y se ahorre energía, intentando iluminar todas las zonas por igual alternando las luminarias encendidas y apagadas uniformemente.

Otro dato para el cálculo de la instalación fotovoltaica a tener en cuenta es la energía consumida por el alumbrado en cada momento del año. Por tanto, se necesita conocer la potencia del conjunto de luminarias y el tiempo que se encuentran encendidas.

En cada época del año, el tiempo utilizado para alumbrar y la energía solar recibida es diferente porque, como se ha comentado anteriormente, a cuanta menos luz solar y por tanto menos radiación solar recibida, más tiempo se necesita alumbrar y por tanto se consume más energía eléctrica. Y por contrario, a cuanta más luz solar y por tanto más radiación solar recibida, menos tiempo se necesita alumbrar, consumiendo menos energía eléctrica.

Se van a diferenciar dos momentos del año: invierno y verano. En la época de invierno, desde el mes de septiembre hasta el mes de febrero incluido, las luminarias permanecen más tiempo encendidas mientras que se recibe menos irradiación solar. En la época de verano, desde el mes de marzo hasta agosto, ambos incluidos, existe mayor cantidad de radiación solar aunque se necesite un tiempo de iluminación menor.

En el cálculo de régimen de funcionamiento previsto para ambos casos, se va a considerar el horario de la estación de un día normal entre semana porque no circulan trenes nocturnos y se requiere menos tiempo de encendido del alumbrado de andenes y vestíbulo. En los días de fines de semana y festivos circulan trenes durante la noche, estando las luminarias encendidas durante ese tiempo. Pero durante el año hay más días entre semana que fines de semana y festivos y diseñar la instalación para el horario nocturno de circulación significaría un excedente de energía demasiado alto. Además, como ya se ha comentado, se introduce un conmutador de líneas eléctricas para que cuando no exista suficiente energía de origen fotovoltaico, cambie a alimentación de red eléctrica, de tal manera que se puede considerar para el diseño un día entre semana cualquiera. Entonces, siguiendo este horario de circulación de los trenes, la estación estará abierta desde las 5:00h de la mañana hasta las 00:30h de la mañana del día siguiente, manteniéndose un total de cuatro horas y media cerrada.

Empezando por la época de verano, las luminarias del vestíbulo se mantendrán encendidas desde las 18:00 de la tarde hasta las 11:00 de la mañana del día siguiente, apagándose durante las horas de cierre de la estación. Las luminarias de los andenes estarán encendidas en todo su conjunto en dos períodos de tiempo, de 20:30 a 00:30 y de 5:00 a 7:30, un total de 6,5 horas. Finalmente como ya se ha comentado, de 00:30 a 5:00 se mantendrán encendidas menos luminarias en andenes.

Para la época de invierno, las luminarias del vestíbulo estarán activas desde las 17:00 hasta las 00:30 y desde las 5:00 hasta las 12:00. El conjunto total de luminarias en andenes se encenderán de 18:00 a 00:30 y de 5:00 a 7:30. Análogamente a la época de verano, de 00:30 a 5:00 habrá menos luminarias encendidas en andenes.

Contando con todas las luminarias de diseño, en andenes y vestíbulo, éstas tienen en total una potencia de 1.621 W, pero como se acaba de describir, no estará consumiendo durante todo el tiempo. Como se ha comentado al principio del apartado, habrá dos circuitos principales de luminarias repartidos en ambos andenes. Un circuito cuenta con cuatro luminarias ClearWay en el andén ascendente y cinco luminarias ClearWay en el andén descendente, sumando un total de 666 W de potencia. Por otro lado, el otro circuito cuenta con tres luminarias ClearWay, una luminaria

ClearFlood y dos luminarias CoreLine Batten en el andén ascendente y para el andén descendente cuenta con cuatro luminarias ClearWay y una luminaria Trafic DEMON, sumando un total de 676 W. Como la decisión del circuito a utilizar depende de la dirección de FGV, se decide hacer el diseño con el caso más desfavorable, siendo el de más potencia.

A partir de la potencia en cada franja horaria y las horas de uso, se ha obtenido la energía activa utilizada en cada una. A continuación, se ha calculado el factor de potencia para cada caso sumando la potencia activa y la reactiva de cada luminaria utilizando su factor de potencia particular. Finalmente se ha calculado la energía aparente total, sumando las energías aparentes de cada franja horaria y dividiendo la energía activa total entre la aparente total se ha obtenido el  $\cos \varphi$  del conjunto. La siguiente tabla muestra los datos de potencia, hora, factor de potencia y energía calculados para verano e invierno y por día.

VERANO	Potencia (W)	Horas	Energía Activa (kWh)	cos $\varphi$	Energía Aparente (kVAh)
ANDENES					
00:30 - 05:00	676	4,5	3,04	0,975	3,12
05:00 - 07:30	1342	2,5	3,36	0,975	3,44
20:30 - 00:30	1342	4	5,37	0,975	5,51
VESTÍBULO					
05:00 - 11:00	279	6	1,67	0,980	1,71
18:00 - 00:30	279	6,5	1,81	0,980	1,85
<b>TOTAL</b>			15,25	0,976	15,63

INVIERNO	Potencia (W)	Horas	Energía Activa (kWh)	cos $\varphi$	Energía Aparente (kVAh)
ANDENES					
00:30 - 05:00	676	4,5	3,04	0,975	3,12
05:00 - 07:30	1342	2,5	3,36	0,975	3,44
18:00 - 00:30	1342	6,5	8,72	0,975	8,95
VESTÍBULO					
05:00 - 12:00	279	7	1,95	0,980	1,99
17:00 - 00:30	279	7,5	2,09	0,980	2,14
<b>TOTAL</b>			19,17	0,976	19,64

Tabla 11: Datos de potencia, horas de funcionamiento, factor de potencia y energía en andenes y vestíbulo para verano e invierno en un día.

Como se esperaba, la energía consumida en los meses de invierno es más elevada que en los meses de verano, superándolos en casi 4 kVAh. Aun así, la estrategia de diseño es considerar un consumo continuo de 15,63 kVAh/día y también considerar el mes más desfavorable. De tal forma, se asume que en los meses más desfavorables no se conseguirá abastecer toda la energía necesaria, pero en los meses más favorables se conseguiría suministrar toda la energía necesaria sin que exceda demasiado.

### 6.3. Paneles Fotovoltaicos

Para la producción de energía eléctrica, el módulo fotovoltaico cuenta con un grupo de células solares formadas por materiales semiconductores como el silicio, adecuado por tener una capa de valencia formada por 4 electrones, pudiendo interactuar con otras células adyacentes. Utilizando el efecto fotovoltaico, las células solares son capaces de transformar la radiación directa y difusa en corriente eléctrica continua.

Estas células están formadas por una unión PN: la lámina P está formada por una capa de silicio dopada con un elemento con menos electrones de valencia y la lámina N está dopada con un elemento con más electrones de valencia. De este modo, cuando la radiación solar incide sobre la capa N, ésta adquiere un potencial y los electrones pasan a la capa P formando un circuito eléctrico. Una célula fotovoltaica puede dar hasta 0,5V de potencial, por eso se unen varias células fotovoltaicas en serie para dar origen al módulo fotovoltaico o panel solar.

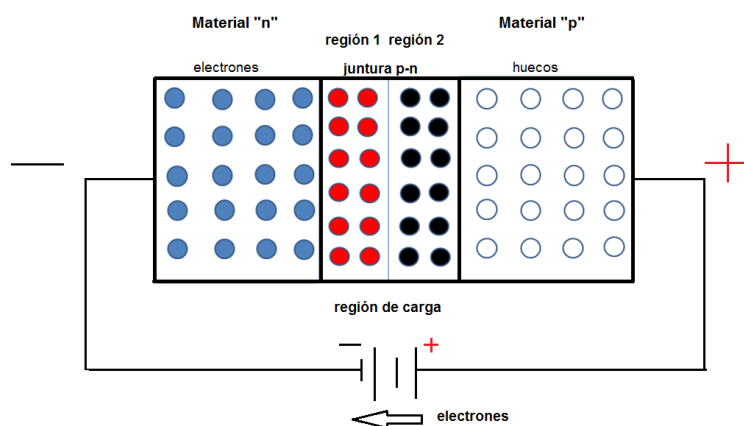


Figura 13: Unión p-n de polarización directa. Fuente: <https://busy.org/@carloserp-2000/la-union-p-n-en-un-semiconductor>

Las células fotovoltaicas (y en consecuencia el módulo solar) tienen diferentes parámetros eléctricos que las caracterizan. Intensidad en cortocircuito ( $I_{sc}$  o  $I_{cc}$ ) es la que se produce cuando la tensión es igual a cero, siendo más grande cuanto mayor es la superficie y la radiación incidente. La tensión en circuito abierto ( $V_{oc}$  o  $V_{ca}$ ) se produce cuando no hay ninguna carga conectada, siendo la máxima tensión que puede dar la célula. Por último, la potencia de pico ( $W_p$ ) es la máxima potencia suministrada por la célula fotovoltaica caracterizándose por una tensión de pico ( $V_p$ ) y una corriente de pico ( $I_p$ ). Los valores de estos parámetros varían según la radiación recibida y la temperatura de funcionamiento. Cuanta menos radiación incidente, el módulo fotovoltaico producirá un mucho menor  $W_p$  e  $I_{sc}$ , aunque  $V_{oc}$  disminuye poco. En cambio, cuanto más temperatura, aunque el valor de  $I_{sc}$  no disminuya demasiado,  $W_p$  y  $V_{oc}$  sí lo harán.

Las siguientes figuras muestran la gráfica de la curva característica I-V de un panel solar cualquiera en distintas condiciones. En la Figura 14 se muestra la curva característica I-V del panel para una temperatura constante de  $25^\circ\text{C}$  y una irradiación constante de  $1000\text{W}/\text{m}^2$ .

La Figura 15 muestra en la izquierda las curvas características I-V de un panel fotovoltaico en función de la temperatura, para una irradiación constante de  $1.000\text{W}/\text{m}^2$  y en la derecha se representan las curvas características del mismo panel fotovoltaico en función de las irradiaciones recibidas, para una temperatura constante de  $25^\circ\text{C}$ .

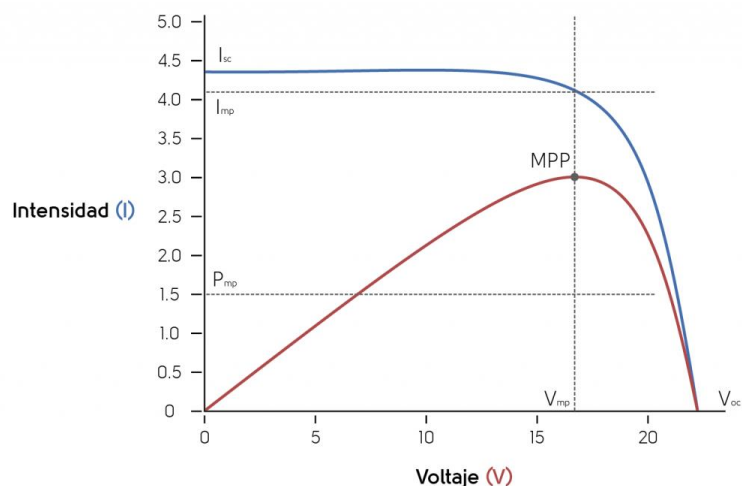
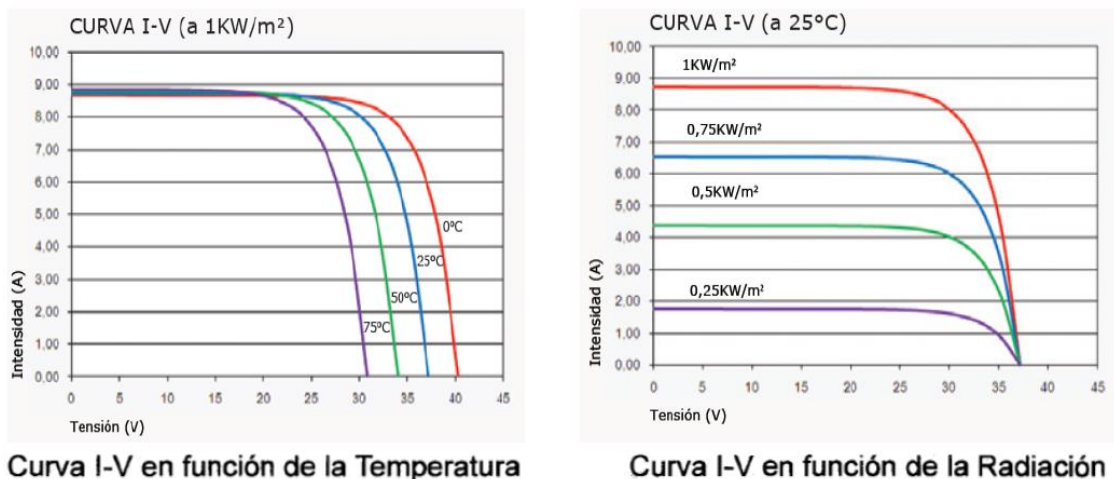


Figura 14: Curva característica I-V (azul) y curva de potencia (rojo) para una radiación y temperatura.  
Fuente: <http://www.saclimafotovoltaica.com/reguladores-mppt/>



Curva I-V en función de la Temperatura

Curva I-V en función de la Radiación

Figura 15: Curvas I-V en función de la temperatura y de la radiación. Fuente: Apuntes de Tecnología Energética, Tema 3b Energía Solar Fotovoltaica

Los paneles solares están formados principalmente por un grupo de células fotovoltaicas, pero existen otros componentes para su protección. Las células están cubiertas por un encapsulado, para proteger las células de la intemperie y también a éstas y sus conexiones frente a posibles vibraciones. Otra parte del panel solar es la cubierta exterior, de vidrio para recubrir el panel y facilitar la transmisión de radiación solar, junto a un marco metálico de aluminio. Y finalmente existe una cubierta posterior para proteger las células de los efectos meteorológicos.

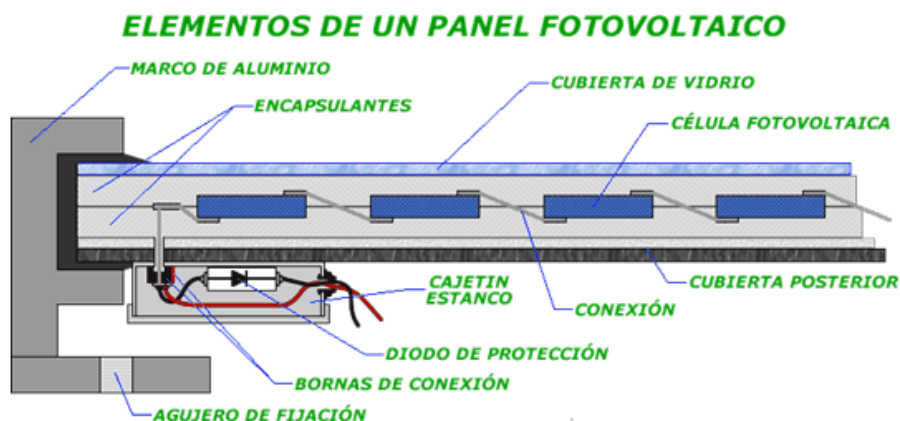


Figura 16: Elementos del panel fotovoltaico. Fuente: <http://inventhable.blogspot.com/2013/07/panel-solar-como-crear-uno.html>

Principalmente existen tres tipos diferentes de paneles solares dependiendo de la estructura cristalina del silicio en las células fotovoltaicas: silicio monocristalino, silicio policristalino y silicio amorfo. El silicio monocristalino es de fabricación lenta, tiene un proceso de calentamiento lento y un rendimiento del 19 %. El silicio policristalino tiene una fabricación más económica, un proceso de calentamiento rápido y un rendimiento general del 15 %. Por último, el silicio amorfo se deposita en una única capa fina, normalmente utilizado en pequeños objetos como calculadoras y su rendimiento suele ser del 9 %.

El silicio monocristalino posee mayor rendimiento, pero el silicio policristalino se suele utilizar en climas cálidos por su absorción rápida del calor evitando el sobrecalentamiento. Por tanto, observando las condiciones climatológicas dadas en la localidad de Picanya, para el presente proyecto se utilizarán paneles solares de silicio policristalino.

Por último, cabe destacar el conexionado entre paneles fotovoltaicos. Un mismo grupo de paneles solares produce teóricamente la misma energía estando conectados en serie o en paralelo. Aun así, es preferible que el conexionado entre paneles sea en serie porque para una mismo grupo de paneles solares, si se conectan los paneles de esta manera, el voltaje del grupo es la suma de voltajes de cada panel pero la corriente sería la misma que en un panel aislado, de tal manera que no se producirían pérdidas más grandes por efecto Joule. En cambio, si los paneles se conectaran en paralelo, se sumarían las corrientes de cada panel, produciendo una intensidad más grande y consecuentemente se producirían más pérdidas por efecto Joule.

### 6.3.1. Paneles Fotovoltaicos Elegidos

Teniendo en cuenta que se necesita abastecer 15,63 kWh de energía y que significaría una gran potencia pico en paneles, la elección del panel se ha basado en encontrar uno con la mayor potencia pico posible e intentando que su precio no sea muy grande para no elevar los costes del proyecto.

El panel fotovoltaico elegido ha sido el modelo BSP330P de la marca BAUER ENERGY que cuenta con una potencia pico de 330 Wp y 72 células policristalinas de 156 x 156 mm formando un tamaño total del módulo de 1956 x 992 x 40 mm, un voltaje a máxima potencia de 37,95 V y una intensidad a máxima potencia de 8,7 A.



Figura 17: Módulo fotovoltaico BAUER 330Wp. Fuente: Catálogo BAUER

<b>Fabricante</b>	BAUER
<b>Número de células</b>	72 (policristalinas)
<b>Tamaño del módulo</b>	1956 x 992 x 40 mm
<b>Potencia Pico (Wp)</b>	330 W
<b>Voltaje en circuito abierto (Voc)</b>	45,75 V
<b>Intensidad en cortocircuito (Isc)</b>	9,3 A
<b>Voltaje a máxima potencia (Vm)</b>	37,95 V
<b>Intensidad da máxima potencia (Im)</b>	8,7 A
<b>Condiciones del test</b>	1000 W/m <sup>2</sup> , 25°C, AM 1.5
<b>Coefficiente de temperatura - Isc</b>	+ 0.08558 %
<b>Coefficiente de temperatura - Uoc</b>	- 0.029506 %
<b>Coefficiente de temperatura - Pmpp</b>	- 0.38001 %
<b>Temperatura de trabajo de la célula</b>	45°C

Tabla 12: Especificaciones técnicas del panel fotovoltaico

El módulo tiene una eficiencia del 17 %, una tensión en circuito abierto de 45,75 V y una intensidad en circuito abierto de 9,3 A, datos a tener en cuenta, junto a las pérdidas por temperatura, en el cálculo del regulador necesario. En el ANEXO 1 – CÁLCULOS: 1. CÁLCULO DE LA VARIACIÓN DE POTENCIA, VOLTAJE E INTENSIDAD EN PANELES se realizan los cálculos de las diferentes pérdidas en los paneles fotovoltaicos.

Según la ficha técnica del panel solar, la garantía del producto es de 10 años y la garantía de potencia de 25 años. Estos datos hacen referencia a la curva típica en paneles solares que representa la pérdida de la energía que es capaz de suministrar al paso del tiempo. La pérdida de rendimiento normalmente es del 20% en 25 años, es decir, una vez pasados 25 años el panel solar solo es capaz de suministrar el 80% de la potencia pico que era capaz de dar inicialmente.



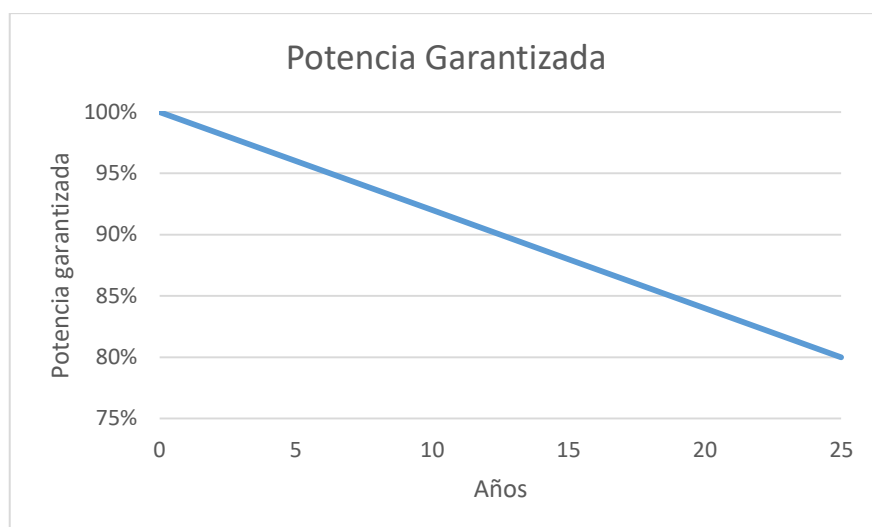


Figura 18: Potencia garantizada en el panel solar

### 6.3.2. Rendimiento Energético de la Instalación

En los cálculos a realizar debe tenerse en cuenta las diferentes pérdidas que pueden producirse desde la obtención de energía hasta su uso. El rendimiento energético de la instalación o *performance ratio* (PR), que en realidad es un coeficiente de sobredimensionamiento tiene en cuenta las pérdidas que pueden producirse debido a la temperatura, radiación, suciedad, caída de tensión del cableado, tolerancias de fabricación entre equipos, diferencias de funcionamiento entre paneles y otros factores como el rendimiento de los otros equipos.

Las pérdidas por temperatura y radiación se basan principalmente en el comportamiento de los paneles a temperaturas distintas a 25°C y radiaciones diferentes a 1.000 W/m<sup>2</sup> tal y como se ha explicado anteriormente y se muestra en la *Figura 14*. Normalmente, para el diseño se utilizan los datos proporcionados por la curva I-V de panel en condiciones estándar de radiación y temperatura, por ese motivo debe tenerse en cuenta en el dimensionamiento de la instalación.

Aunque todos los paneles solares sean del mismo modelo y mismas características, pueden existir paneles que no proporcionen la misma energía que otros, afectando al funcionamiento del conjunto. La suciedad en la superficie de los paneles hace que la captación de radiación solar no sea la máxima que podría proporcionar el panel. Los equipos de diferentes fabricantes puede que no funcionen a su máximo rendimiento entre sí, produciéndose pérdidas de energía. Por último, en el transporte de energía por medio del cable se producen pérdidas por caída de tensión.

El conjunto de pérdidas citadas se tienen en cuenta en el cálculo del coeficiente PR. Éste puede calcularse como:

$$PR(\%) = (100 - A - P_{temp}) \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F \quad [13]$$

Siendo B, C, D, E y F las pérdidas referidas al cableado en continua (B), cableado en alterna (C), paradas de la instalación (D), eficiencia del inversor (E) y pérdida del punto de máxima potencia y arranque del inversor respectivamente (F). El coeficiente  $P_{temp}$  se refiere a la pérdida de potencia por diferencia de temperatura de trabajo de las células a lo largo del año. Por último, el coeficiente A se calcula a partir de los parámetros A1, A2, A3 y A4:

$$A = 100 \cdot (A1 + A2 + A3 + A4) \quad [14]$$

Donde A1 se refiere a la dispersión de los parámetros entre los módulos por no trabajar en las condiciones estándar de medida (CEM), A2 hace referencia al polvo y a la suciedad, A3 a la reflectancia angular y espectral y A4 se refiere al factor de sombras. Para el parámetro A1, se dispone de un buen campo solar y se da un valor de 0,02. La instalación fotovoltaica tendrá un mantenimiento periódico incluyendo su limpieza, por este motivo se considera el valor de A2 igual a 0,03. Para la reflectancia angular y espectral, en invierno la célula fotovoltaica tiene reflexiones y un valor adecuado para A3 sería 0,03. Finalmente los paneles solares se colocarán a cierta distancia para evitar las sombras, por tanto el valor de A4 se considera 0,01. Haciendo los cálculos, A sería igual a 9.

Teniendo en cuenta los cálculos realizados en el ANEXO 1 – CÁLCULOS: 1. CÁLCULO DE LA VARIACIÓN DE POTNCIA, VOLTAJE E INTENSIDAD EN PANELES, el valor  $P_{temp}$  es igual a 0,153. La caída de tensión permitida en continua y alterna es de 1,5% para cada una, por eso los valores de los parámetros B y C es 0,985 en ambos. Las pérdidas por paradas de la instalación se recomienda que sea del 5 %, por tanto D es igual a 0,95. El inversor elegido tiene una eficiencia del 95 %, de tal modo que el parámetro E toma como valor 0,95. Por último, el coeficiente F valdrá 0,95.

Haciendo los cálculos siguiendo la fórmula del rendimiento energético de la instalación, PR obtiene un resultado de 0,792, es decir, 79,2 %.

### 6.3.3. Número Máximo de Paneles Fotovoltaicos

Como se ha comentado, los paneles fotovoltaicos se van a instalar en el tejado del edificio de la cafetería de la estación, tal y como se ha especificado en la *Figura 1*, con una superficie de aproximadamente 85,5 m<sup>2</sup>, con 15,89 m de largo y 5,38 m de ancho. Esta superficie debe aprovecharse de tal manera que puedan colocarse el número máximo de paneles sin que se produzca sombra entre ellos, por tanto deberá mantenerse cierta distancia entre filas de paneles para llegar a este objetivo.

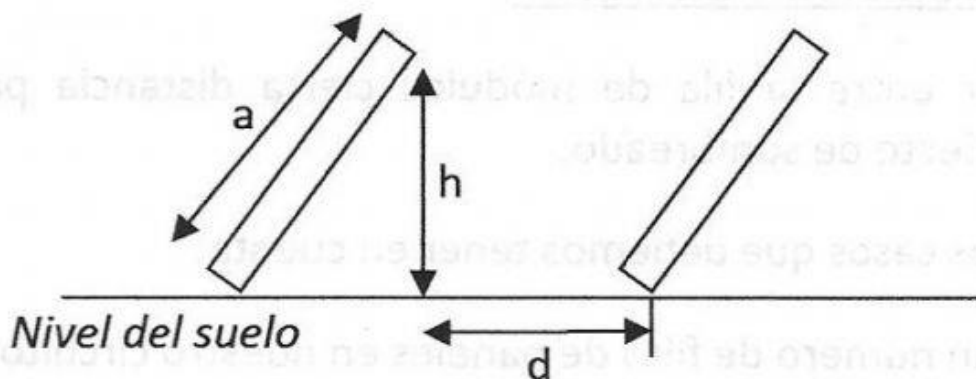


Figura 19: Distancia entre filas de paneles. Fuente: <https://www.aulafacil.com/cursos/medio-ambiente/energia-solar-termica-1/calculos-de-sombras-y-distancia-137843>

Siendo  $d$  la distancia entre filas de módulos,  $h$  la distancia entre el punto más alto del panel y el suelo a la longitud del panel y  $a$  la longitud del panel. La altura  $h$  se calcula como la altura del panel por el seno del ángulo de inclinación, siendo de  $60^\circ$  como se ha explicado, y dependerá de  $a$ , es decir, si se decide que sea el lado de 1,956 m o el lado de 0,992 m. Esta distancia  $d$  entre filas garantiza 4 horas de Sol al mediodía en época de invierno, siendo el momento del año en que se producen más sombras.

Se plantean dos opciones para colocar los paneles: la primera apoyando en la superficie la arista más corta del panel y la segunda apoyando la arista más larga. Si  $a$  se considera el lado más largo, se pueden poner más paneles por fila aunque la distancia entre filas de paneles es más grande. En caso contrario, si se considera  $a$  como el lado más corto, la distancia entre filas de paneles será más corta pero se podrán poner menos paneles por fila.

Para la primera opción en que  $a$  es igual a 1,956 m, teniendo en cuenta que el tejado cuenta con 15,89 m de largo, podrían instalarse 16 paneles:

$$n_{\text{paneles}} = \frac{15,89\text{m}}{0,992\text{m}/\text{panel}} = 16,01 \text{ paneles}$$

Aun así, teniendo en cuenta el soporte y una pequeña separación entre paneles, podrían instalarse hasta 15 paneles solares en una fila.

Por último, según los cálculos realizados en el ANEXO 1 – CÁLCULOS: 2. CÁLCULO DE LA DISTANCIA MÍNIMA ENTRE FILAS DE PANELES y teniendo en cuenta la distancia  $d = 4,28$  m y la longitud  $d_l = 0,978$  m, que hace referencia a la proyección del panel en el plano horizontal, la distancia total entre filas sería de 5,26 m y teniendo en cuenta la distancia  $d_l$  de la siguiente fila, se necesitaría un total de 6,24 m. No obstante, solamente existen 5,38 m, por lo que para esta opción solamente se podría instalar una fila de 15 paneles.

Para la segunda opción en la que  $a = 0,992$  m, podrían instalarse hasta 8 paneles por fila:

$$n_{\text{paneles}} = \frac{15,89\text{m}}{1,956\text{m}/\text{panel}} = 8,12 \text{ paneles}$$

Basándose también en los cálculos realizados en el ANEXO 1 – CÁLCULOS: 2. CÁLCULO DE LA DISTANCIA MÍNIMA ENTRE FILAS DE PANELES, la distancia entre filas correspondería a  $d = 2,15$  m y teniendo en cuenta la distancia  $d_l = 0,496$  m ocupada por el panel, dos filas completas ocuparían 3,14 m. Por tanto, teniendo en cuenta las dimensiones del tejado, podrían instalarse 2 filas de 8 paneles, un total de 16 paneles fotovoltaicos.

Por último existe una tercera opción que consiste en combinar las dos opciones anteriores. Si en la primera fila se instalan los paneles de forma que  $a$  sea igual a 0,992 m, se produciría menor sombra y se podría poner una segunda fila en la que  $a$  sea igual a 1,956 m. De este modo, habría una primera fila con 8 paneles y una segunda con 15, haciendo un total de 23 paneles fotovoltaicos.

Por tanto, el número máximo de paneles solares instalados sería con la tercera opción, haciendo un total de 23 paneles fotovoltaicos.

#### 6.3.4. Número de Paneles Necesarios

Una vez conocido el número máximo de paneles fotovoltaicos que se puede instalar, debe conocerse la potencia pico necesaria para cubrir las necesidades energéticas de la instalación. Según los cálculos del ANEXO 1 – CÁLCULOS: 3. NÚMERO DE PANELES FOTOVOLTAICOS NECESARIOS, se necesita una potencia pico mínima ( $P_{mp,min}$ ) de 4552 Wp de instalación fotovoltaica. No obstante, debe considerarse que esta instalación cuenta con un grupo de baterías, un regulador de carga y que, los paneles, tal como se observa en la *Figura 18*, generan menos potencia pico al largo del tiempo.

Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red, en el punto 4.2.4 se especifica que se puede elegir el tamaño del generador fotovoltaico sin superar en un 20 % a la potencia mínima necesaria. Por tanto, la potencia máxima  $P_{mp}$  será igual a 5462,4 Wp.

Teniendo en cuenta la potencia pico de los paneles elegidos, el número mínimo de paneles fotovoltaicos será de:

$$n_{min} = \frac{4552Wp}{330Wp/panel} = 13,8 \text{ paneles}$$

Es decir, se necesitarían 14 paneles fotovoltaicos para cubrir las necesidades de la instalación. En cambio, si se calculan el máximo número de paneles permitidos por el IDAE:

$$n_{max} = \frac{5462,4Wp}{330Wp/panel} = 16,55$$

Es decir, no se puede poner más de 16 paneles fotovoltaicos. Teniendo en cuenta las pérdidas comentadas en este apartado no se han considerado en el cálculo del rendimiento energético (PR) y la posibilidad de instalar hasta 23 paneles en el tejado, se decide instalar 16 paneles fotovoltaicos: 4 en la fila delantera con  $a = 0,992$  m y 12 en la trasera con  $a = 1,956$  m, guardando como mínimo 2,15 metros de distancia entre filas.

#### 6.3.5. Estructura de Soporte

La estructura de soporte mantiene sujetos los módulos fotovoltaicos y les da la inclinación deseada. Existen soportes fijos o móviles: los soportes fijos mantienen el ángulo de inclinación del panel a lo largo del año, mientras que los móviles o sistemas de seguidor solar se encargan de buscar el ángulo de inclinación óptimo para la obtención de máxima energía. Como los soportes fijos son más económicos y los cálculos realizados han sido para un ángulo de inclinación determinado durante todo el año, se utilizará este tipo de soportes para el presente proyecto.

Según el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red del IDAE, la estructura soporte de los módulos ha de resistir las sobrecargas de viento y nieve, junto al peso de los módulos, según el Código Técnico de la Edificación (CTE). Al tener un ángulo de inclinación de 60° la carga de nieve es igual a 0 por tener un coeficiente de forma  $\mu(\alpha)$  igual a 0, porque a partir de 60° de inclinación toda la nieve desliza. Por lo que solamente se estudia la carga del viento.

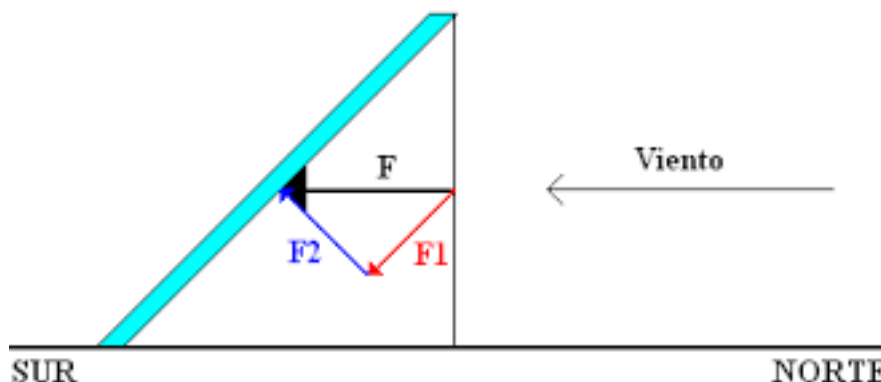


Figura 20: Fuerza del viento sobre el panel fotovoltaico. Fuente: <http://solarbloc.es/wp-content/uploads/2014/02/Estudio-Carga-de-Viento-SOLARBLOC-CUBIERTAS-28%C2%BA-30%C2%BA-34%C2%BA-NBE-AE-88.pdf>

Según los datos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), el viento máximo registrado en la localidad de Picanya es de 117 km/h por lo que se decide calcular la estructura para un viento máximo de 120 km/h.

Teniendo en cuenta los cálculos realizados en el ANEXO 1 – CÁLCULOS: 4. CÁLCULO DE LA CARGA DE VIENTO SOBRE EL PANEL FOTOVOLTAICO, la fuerza  $F$  sería de 119 kgf. Mientras que los anclajes deben soportar una fuerza  $F_2$  de 103 kgf, calculada como la fuerza  $F$  por el seno del ángulo de inclinación.

Por último, la estructura deberá soportar el peso del panel y a su vez, el tejado de la cafetería debe aguantar el peso del panel y el de la estructura. Teniendo en cuenta que el panel tiene una masa de 20,9 kg, considerando una masa de la estructura de 10 kg por panel, y la fuerza  $F_1$  perpendicular a la superficie.

$$F_{1,tejado} = F_1 \cdot \sin \beta = 59.5 \text{ kgf} \cdot \sin(60^\circ) = 51,53 \text{ kgf}$$

La superficie en el plano horizontal bajo el panel de 0,97 m<sup>2</sup> y debe aguantar un total de 82,42 kg, por lo que la fuerza por metro cuadrado sería de aproximadamente 85 kgf/m<sup>2</sup>. Según indicaciones de FGV, el tejado es capaz de soportar este peso y en conclusión, es viable instalar los paneles fotovoltaicos en este sitio.

Como solución a la estructura soporte, se decide instalar una estructura de acero galvanizado con 60° de inclinación, sujeta a losas de hormigón para poder soportar la carga del viento calculada. Aprovechando la instalación de las losas, se asegura que los módulos fotovoltaicos estén elevados respecto al tejado, por lo que se evita un posible deterioro de los paneles en caso de inundación del tejado.

### 6.3.6. Agrupación de Paneles Fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos pueden agruparse en serie o en paralelo. La agrupación en serie implica la suma de tensión de los paneles, mientras que la corriente sigue siendo la misma. La agrupación en paralelo de los módulos implica la suma de corriente de cada rama, manteniendo la tensión de los paneles.

$$V_{SERIE} = n \cdot V_{PANEL}, \quad V_{PARALELO} = V_{PANEL} \quad [15]$$

$$I_{SERIE} = I_{PANEL}, \quad I_{PARALELO} = n \cdot I_{PANEL} \quad [16]$$

Aprovechando que el proyecto cuenta con 16 paneles, se decide agrupar en paralelo 4 grupos que contienen 4 módulos en serie. Se proyecta de este modo para que la corriente total del grupo fotovoltaico no sea muy elevada y no produzca demasiadas pérdidas en el cableado, mientras que el potencial total no sea excesivamente alto y así el regulador pueda soportar la tensión máxima y la corriente máxima dada por el grupo fotovoltaico.

Según los cálculos realizados en el ANEXO 1 – CÁLCULOS: 1. CÁLCULO DE LA VARIACIÓN DE POTENCIA, VOLTAJE E INTENSIDAD, para la tensión máxima  $V_{OC(4,125^{\circ}C)}(V) = 48,57 V$  y la corriente máxima  $I_{SC(65,25^{\circ}C)}(A) = 9,62 A$ . Cada grupo fotovoltaico puede producir una tensión máxima de 194,28 V y una corriente máxima de 9,62 A, mientras que el grupo fotovoltaico podrá producir una corriente máxima de 38,48 A y una tensión máxima total de 194,28 V.

## 6.4. Grupo de Baterías

La finalidad de la instalación fotovoltaica es suministrar energía a las luminarias. Como la energía en forma de radiación solar se produce durante el día y el alumbrado de los andenes y vestíbulo es principalmente por la noche, se requiere un grupo de baterías capaz de almacenar la energía durante el día y suministrarla en las horas nocturnas.

El modelo de baterías elegido es el Classic OpzS Solar de GNB Industrial Power, de plomo-ácido. Esta batería tiene una tensión nominal de 2 V y se agruparán 24 baterías en serie para llegar a 48 V de tensión de la instalación. La batería puede conseguir más de 2.800 ciclos para profundidades de descarga del 60 %, pero si se carga con el sistema IUI charging se pueden conseguir 3.000 ciclos a una profundidad de descarga del 60 %, aumentando su vida útil.

Para el cálculo de baterías debe tenerse en cuenta el consumo medio diario en amperios hora (Ah), la profundidad de descarga máxima de las baterías, la autonomía en días y los rendimientos del inversor y regulador.

Conociendo la energía diaria de diseño de 15,25 kWh/día, puede hacerse el cálculo del consumo en Ah dividiendo por la tensión nominal de la instalación. La tensión nominal de la instalación, independiente a la tensión procedente del grupo generador, coincide con la tensión de las baterías que en este caso es de 48 V. Por tanto, esta instalación tiene un consumo de 317,63 Ah/día. Para conseguir 48 V de tensión de la instalación basta con agrupar 24 baterías de 2 V en serie.

La autonomía de diseño del grupo de baterías será de 1 día ya que la instalación de alumbrado puede alimentarse de la red eléctrica en caso de no tener suficiente energía fotovoltaica y una autonomía mayor requeriría mayor capacidad de las baterías y en consecuencia, aumentaría el coste de la

instalación. Por último a tener en cuenta en el cálculo, y como ya se ha comentado, la profundidad de descarga será del 60 %. El regulador se encargará del sistema de carga IUI para obtener 3.000 ciclos de vida útil.

Según los cálculos realizados en el ANEXO 1 – CÁLCULOS: CÁLCULO DEL ACUMULADOR, la capacidad requerida para las condiciones de autonomía y profundidad de descarga es de 562,87 Ah. En el catálogo de baterías Classic OpzS se puede encontrar la batería OpzS Solar 765 con  $C_{24}$  de 600 Ah. Esta batería es capaz de suministrar 600 Ah durante 24 horas, superiores a los amperios hora requeridos por la instalación y se utilizará para el presente proyecto.

Un último cálculo a realizar es la comprobación de que la capacidad de la batería no supere en 25 veces la corriente de cortocircuito del grupo generador, tal como se especifica en el punto 5.4.2 del *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red* del IDAE. Si la corriente de cortocircuito es de 37,2 A y la capacidad  $C_{24}$  es de 600 Ah, la división daría 16,3 horas. Esto significa que si tenemos de media 5 HSP al día, harían falta  $16,3(\text{horas})/5(\frac{\text{HSP}}{\text{día}}) = 3,26 \text{ días}$  para cargar completamente el grupo de baterías. Pero teniendo en cuenta que la profundidad de descarga máxima es del 60 %, para esta instalación harían falta  $3,26 \cdot 0,6 = 1,96 \text{ días}$  para cargar las baterías a su capacidad máxima.

En conclusión se instalarán 24 baterías OpzS Solar 765 en serie para tener una tensión de instalación de 48 V y una capacidad  $C_{24}$  de 600 Ah, suficiente para garantizar la autonomía de la instalación durante un día.

## 6.5. Regulador

En una instalación fotovoltaica con baterías, el regulador se encarga de controlar la carga, descarga y protección de éstas. El funcionamiento básico es controlar la corriente viniente del grupo fotovoltaico y la corriente saliente del grupo de baterías. El regulador también se encarga de controlar el estado de la batería y cortar el paso de corriente entrante o saliente si es necesario, monitorizar información como valores de carga, corriente o tensión o regular la tensión de carga.

En este proyecto se utilizará un regulador MPPT (seguidor de punto de máxima potencia). Este tipo de reguladores trabajan a la tensión de máxima potencia del grupo fotovoltaico, convirtiéndola a la tensión de la batería y modificando la corriente, de tal manera que se mantiene la máxima potencia.

Para la elección del regulador debe tenerse en cuenta los valores máximos de tensión, corriente y potencia que el grupo generador es capaz de dar. En este caso, los 16 paneles fotovoltaicos conectados como se ha explicado en el punto 6.3.6. *Agrupación de Paneles Fotovoltaicos* producirían una potencia pico máxima de 5280 W<sub>p</sub>, una tensión de 194,28 V y una corriente de 38,48 A. Para la elección del regulador se debe cumplir que la intensidad de entrada del regulador sea mayor que una sobrecarga del 25 % de la corriente de cortocircuito total del grupo generador  $I_{ccT}$  y que la corriente de salida sea mayor a una sobrecarga del 25 % de la corriente de las cargas de la instalación:

$$a) I_{ent} > 1,25 \cdot I_{ccT} = 1,25 \cdot 38,48 = 48,1 \text{ A}$$

$$b) I_{sal} > 1,25 \cdot I_{cargas} = 1,25 \cdot \left(\frac{1621}{48}\right) = 42,21 \text{ A}$$

Se elige el regulador SmartSolar MPPT 250/100, con una potencia fotovoltaica máxima a 48 V de 5800 W, máxima corriente de cortocircuito del grupo fotovoltaico de 70 A, corriente nominal de carga de baterías de 100 A y una tensión máxima del circuito abierto de 250 V de máximo absoluto en condiciones frías, por tanto cumple las condiciones de diseño. Su eficiencia máxima es del 99 % y es capaz de interrumpir la corriente de salida de las baterías si éstas tienen un porcentaje de carga bajo.



Figura 21: Regulador SmartSolar MPPT 250/100. Fuente: Catálogo Victron Energy

<b>Fabricante</b>	VICTRON ENERGY
<b>Modelo</b>	SmartSolar MPPT 250/100
<b>Corriente de carga nominal (A)</b>	100 A
<b>Potencia FV máxima, 48V (W)</b>	5800 W
<b>Máxima corriente de cortocircuito FV (A)</b>	70 A
<b>Tensión máxima de circuito abierto (V)</b>	250 V
<b>Eficiencia máxima</b>	99 %
<b>Temperatura de trabajo</b>	-30°C a 60°C

Tabla 13: Especificaciones técnicas del regulador SmartSolar MPPT 250/100

Con el regulador MPPT y teniendo en cuenta la potencia fotovoltaica y el voltaje de las baterías, la corriente de carga máxima de las baterías sería de 110 A, no obstante, el algoritmo del regulador no permite que esta corriente pase de los 100 A. Teniendo en cuenta que con 2 reguladores en paralelo existirían pérdidas mayores debido a la diferencia de funcionamiento entre grupos, se decide instalar solamente un regulador aunque se pierdan 10 A de carga de las baterías en su punto de máxima potencia.

El regulador utilizará el sistema de carga IUI para aumentar la vida útil de las baterías. Cuando la profundidad de descarga sea mayor al 60 %, enviará una señal a un relé programable para cortar el suministro de energía fotovoltaica a la instalación de alumbrado y hasta que la carga de la batería no supere al menos el 95 % de carga, no se volverá a suministrar energía a la instalación. Así se pretende aumentar la vida útil del grupo de baterías. El cálculo y diseño de lo explicado queda fuera del alcance de este proyecto.



## 6.6. Inversor

El inversor está compuesto por un circuito electrónico que se encarga de convertir la corriente continua en alterna y un transformador para elevar la tensión a 230 V. Para realizarlo, crea una onda de forma cuadrada y finalmente la filtra para crear una onda sinusoidal.

El inversor del diseño tiene que ser aislado (sin conexión a red), de onda sinusoidal, con una tensión de salida con margen de  $\pm 5\%$  y una frecuencia de  $\pm 2\%$ . Para la elección del inversor debe tenerse en cuenta que la potencia nominal sea igual o superior a la requerida por la instalación y que pueden producirse puntas de arranque.

El modelo elegido ha sido el Inversor Phoenix 48/3000 de Victron Energy. Este inversor es de onda senoidal pura y tiene una tensión de entrada en continua de 38 a 66 V y una salida de 230 V  $\pm 2\%$  y 50Hz  $\pm 0,1\%$ , dentro del margen indicado. Su potencia continua de salida es de 3000 VA, llegando a 6000 W en picos de potencia y tiene una eficiencia máxima de 95 % a 48 V.



Figura 22: Inversor Phoenix. Fuente: Catálogo Victron Energy

<b>Fabricante</b>	VICTRON ENERGY
<b>Modelo</b>	Inversor Phoenix 48/3000
<b>Rango de tensión de entrada (Vdc)</b>	38 – 66 V
<b>Salida</b>	230V $\pm 2\%$ , 50 Hz / 60 Hz $\pm 0,1\%$
<b>Potencia continua de salida 25C (VA)</b>	3000 VA
<b>Pico de potencia (W)</b>	6000 W
<b>Eficiencia máxima</b>	95 %
<b>Dimensiones</b>	362x258x218 mm

Tabla 14: Especificaciones técnicas del inversor Phoenix 48/3000

## 6.7. Producción Anual Esperada

En este apartado se comparará la producción anual esperada del grupo generador y el consumo energético de las luminarias a lo largo del año. El consumo energético se calculará siguiendo los datos de la *Tabla 11* para cada mes del año, multiplicando por el número de días de dicho mes.

El cálculo de la producción eléctrica anual de la instalación fotovoltaica es similar al cálculo de energía necesaria, solo que en este caso, la incógnita sería la energía producida  $E_p$ . Se realizará el cálculo para cada mes, ya que la irradiación recibida es diferente en cada mes del año tal como se muestra en la *Tabla 10*. El cálculo se hará siguiendo la siguiente fórmula:

$$E_p = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot P_{mp} \cdot PR}{G_{CEM}} \text{ kWh/día} \quad [17]$$

Siendo  $G_{dm}(\alpha, \beta)$  la irradiación mensual sobre la superficie del grupo fotovoltaico con  $\alpha = 0^\circ$  y  $\beta = 60^\circ$  y cuyo valor se muestra reflejado en la columna  $H_{(60)}$  de la *Tabla 10* en  $\text{Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{día})$ . La potencia fotovoltaica  $P_{mp}$  será de 5280 Wp durante todo el año y el rendimiento energético PR también se considera de 79,15 % para todo el año tal como se ha calculado en el punto 6.3.2. *Rendimiento Energético de la Instalación*. Por último, se recuerda que la irradiancia estándar  $G_{CEM}$  es de  $1 \text{ kW}/\text{m}^2$ . Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla y para ver los resultados de manera más clara, se muestra también un gráfico representativo de la energía producida, consumida y energía neta en cada mes:

MES	$G_{dm}(0^\circ, 60^\circ)$ (kWh/m <sup>2</sup> día)	Ep (kWh/día)	Ep (kWh/mes)	Consumo (kWh/mes)	Energía neta (kWh/mes)
<b>Enero</b>	4,58	19,14	593,35	594,27	-0,92
<b>Febrero</b>	5,29	22,11	619,01	536,76	82,25
<b>Marzo</b>	5,81	24,28	752,70	472,75	279,95
<b>Abril</b>	5,46	22,82	684,54	457,50	227,04
<b>Mayo</b>	5,29	22,11	685,33	472,75	212,58
<b>Junio</b>	5,33	22,27	668,24	457,50	210,74
<b>Julio</b>	5,58	23,32	722,90	472,75	250,15
<b>Agosto</b>	5,77	24,11	747,52	472,75	274,77
<b>Septiembre</b>	5,67	23,70	710,87	575,10	135,77
<b>Octubre</b>	5,51	23,03	713,84	594,27	119,57
<b>Noviembre</b>	4,79	20,02	600,54	575,10	25,44
<b>Diciembre</b>	4,23	17,68	548,01	594,27	-46,26

*Tabla 15: Balance energético*

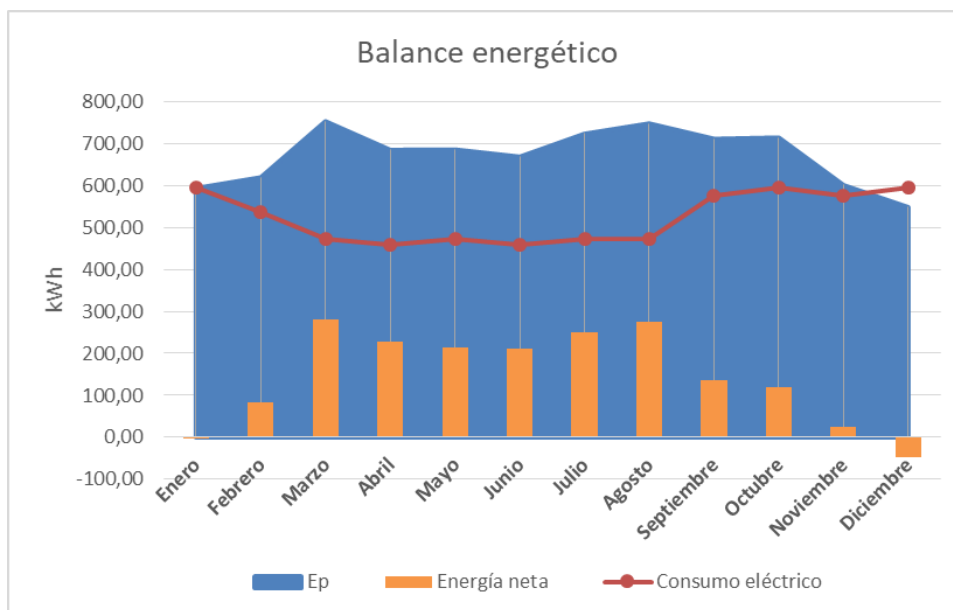


Figura 23: Gráfica del balance energético mes a mes

Tal como puede observarse, la instalación de alumbrado de la estación puede alimentarse de la instalación fotovoltaica durante todo el año excepto en los meses de diciembre y enero. Esto se debe al diseño de la instalación fotovoltaica para un consumo menor al de estos meses. No obstante, en los meses de marzo a agosto, en los que el consumo energético es el de diseño, hay más de 210kWh de excedente energético cada mes.

Si la instalación fotovoltaica se hubiera diseñado con el consumo energético en horario de invierno, siendo el más desfavorable, el excedente sería mucho mayor en gran parte del año y, aunque se conseguiría hacer una instalación de alumbrado completamente independiente a la red eléctrica de acometida, la instalación fotovoltaica requeriría dispositivos (regulador e inversor) de más potencia y una acumulación energética (baterías) más elevada, incrementando considerablemente el coste.

Como solución al déficit energético se instalará un relé conmutador de dos líneas eléctricas a 230V y de 5kVA. El dispositivo es TRANSFER SWITCH de VICTRON ENERGY y tiene dos entradas: la principal y la subordinada. En este caso, la entrada principal o preferente es la de la instalación fotovoltaica y la subordinada viene de la acometida eléctrica de la estación. Cuando la entrada principal no tiene suficiente energía, el relé realiza el cambio a la entrada subordinada, realizando el cambio entre 10 y 20 milisegundos actuando como un sistema de alimentación ininterrumpido (SAI).

Por último, también es interesante calcular la producción eléctrica del grupo fotovoltaico a los 25 años de uso. Observando la *Figura 18*, la potencia garantizada del panel fotovoltaico es del 80%, es decir, solamente se garantiza la producción del 80% de 330Wp de potencia inicial.

Para realizar el cálculo de energía producida se utilizará la misma fórmula de producción eléctrica, modificando el valor del rendimiento energético e introduciendo el rendimiento del panel a los 25 años. El rendimiento energético mantiene el valor de todos sus factores excepto la eficiencia del inversor, que pasa a ser del 90% y el rendimiento del panel a los 25 años de uso se considera de 80%. El consumo de la instalación de alumbrado y la irradiación mensual se considera la misma para cada mes.

$$E_{p,25 \text{ años}} = E_p \cdot \frac{\eta_{inv,25 \text{ años}}}{\eta_{inv}} \cdot \eta_{panel,25 \text{ años}} \quad [18]$$

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla y gráfica:

MES	Ep 25 años (kWh/mes)	Energía neta 25 años (kWh/mes)
<b>Enero</b>	449,70	-144,57
<b>Febrero</b>	469,15	-67,61
<b>Marzo</b>	570,47	97,72
<b>Abril</b>	518,81	61,31
<b>Mayo</b>	519,41	46,66
<b>Junio</b>	506,46	48,96
<b>Julio</b>	547,89	75,14
<b>Agosto</b>	566,54	93,79
<b>Septiembre</b>	538,76	-36,34
<b>Octubre</b>	541,01	-53,26
<b>Noviembre</b>	455,15	-119,95
<b>Diciembre</b>	415,33	-178,94

Tabla 16: Balance Energético a los 25 años de uso

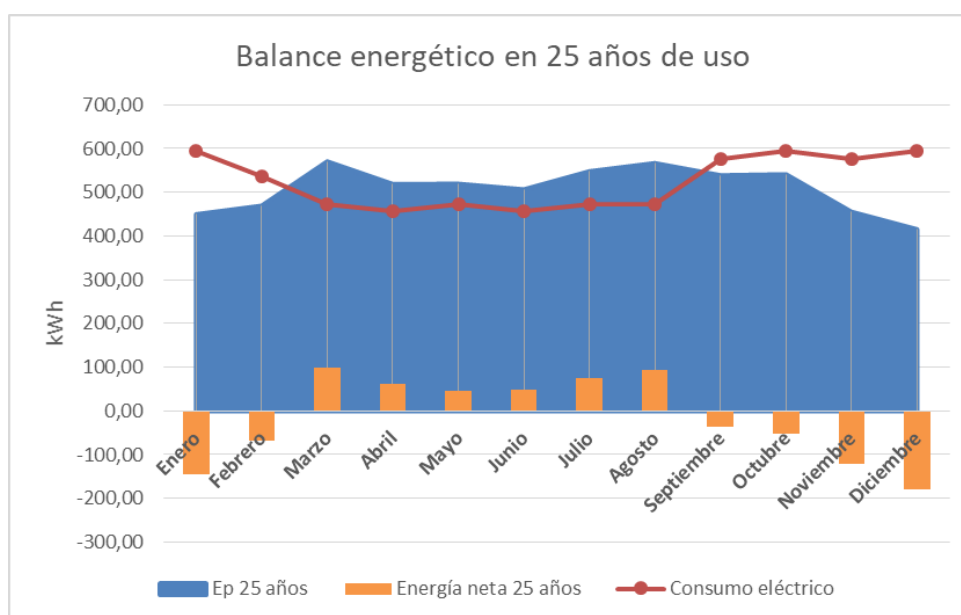


Figura 24: Gráfica del balance energético mes a mes en 25 años

Aunque la producción eléctrica del grupo fotovoltaico disminuye, se sigue produciendo suficiente energía para abastecer la instalación de alumbrado en los meses de marzo a agosto, habiendo un excedente medio de más de 70kWh por mes. En los meses de septiembre a febrero hay déficit energético, pero la instalación fotovoltaica consigue suministrar gran parte de la energía requerida en estos meses. Como conclusión, con un buen mantenimiento de la instalación se puede suministrar gran parte de la energía requerida por las luminarias durante un largo periodo de tiempo.

## **6.8. Mantenimiento de la Instalación Fotovoltaica**

Para conseguir la producción eléctrica esperada durante un largo periodo de tiempo, debe realizarse un mantenimiento adecuado de la instalación fotovoltaica, especialmente en los paneles fotovoltaicos y las baterías.

Los módulos fotovoltaicos se deben limpiar periódicamente, sobre todo la cubierta frontal del panel, para que no disminuya el rendimiento de éste por la suciedad acumulada. Deben verificarse las conexiones entre los paneles, que la estructura esté en buenas condiciones y que no haya paneles con el vidrio roto. Si existe algún panel que esté roto, deberá cambiarse por otro de las mismas características para que el grupo fotovoltaico mantenga la producción eléctrica esperada.

Las baterías deben instalarse en un lugar que esté correctamente ventilado para evitar el sobrecalentamiento en éstas. Debe comprobarse también periódicamente la tensión en circuito abierto, que no exista suciedad, que la colocación y estado de los tapones y terminales sea correcta y también se debe comprobar la densidad del electrolito ya que permite detectar el comienzo de problemas en cada celda de la batería.

Las baterías son el elemento más caro de la instalación y el menos duradero. Sabiendo que el modelo de batería elegido tiene una duración de 3.000 ciclos y al año se completan cerca de 300 ciclos, teniendo en cuenta que durante el año existen días con mayor consumo y la carga completa de las baterías puede tardar 2 días, el grupo de baterías tiene una vida útil de 10 años, es decir, cada 10 años deben cambiarse las baterías por unas nuevas.

Finalmente, para el mantenimiento del regulador de carga e inversor debe comprobarse que su colocación sea correcta (como se indique en el manual de cada dispositivo), que la conexión de cables sea correcta y no se produzca una caída de tensión excesiva. También deben limpiarse periódicamente y comprobar que no haya suciedad a su alrededor.

## **7. INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN**

En este apartado se diseñará la instalación de baja tensión del proyecto, desde los conductores y las canalizaciones hasta las protecciones para la instalación de alumbrado y para la instalación fotovoltaica. La energía generada en el grupo fotovoltaico debe transportarse hasta los receptores, en este caso las luminarias, pasando por los distintos elementos fotovoltaicos y sin que existan excesivas pérdidas por calentamiento o por caída de tensión. Por este motivo es importante diseñar la sección adecuada de los cables y sus respectivas protecciones.

### **7.1. Conductores**

El dimensionamiento de los conductores se ha realizado cumpliendo el criterio térmico y el criterio de caída de tensión, según se indica en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, siguiendo las instrucciones ITC-BT-19 y ITC-BT-07 que remiten la norma UNE 20460-5-523.

Los conductores pueden ser de cobre o de aluminio. Los conductores de cobre tienen resistencia mecánica, resistencia a la corrosión y a productos químicos, haciendo que tengan más vida útil. El aluminio es menos denso y más barato que el cobre, en cambio tiene una resistividad mayor y para una misma corriente en el conductor, el aluminio necesitaría una sección mayor a la del cobre y, como consecuencia, ocuparía más espacio. Por tener unas propiedades electromecánicas mejores y por no existir una diferencia de precio excesiva, se elige el cobre como material conductor para ambas instalaciones.

El aislante de los conductores será principalmente termoestable, de polietileno reticulado (XLPE), siendo un material utilizado en baja tensión y con buenas características aislantes.

Para el cálculo de las secciones de los conductores se ha utilizado el método de criterio térmico, que controla la temperatura del conductor en su funcionamiento normal, y el método de caída de tensión, que vigila la tensión que llegue a los receptores no baje de cierto valor.

Por otro lado, según la instrucción ITC-BT-19 en el punto 2.2.2, la sección del neutro para cada uno de tramos de cableado de la instalación será igual a la sección de fase.

#### 7.1.1. Métodos de Instalación y Tipo de Cable Utilizado en Instalación Fotovoltaica

El cableado de la instalación fotovoltaica cuenta con 5 tramos con sus correspondientes líneas: la línea 0.1, línea 0.2, línea 0.3, línea 0.4 y línea 0.5. Para su posterior nomenclatura se llamarán L0.1, L0.2, L0.3, L0.4 y L0.5 respectivamente. Los métodos de instalación se identifican según los descritos en la GUÍA-BT-19.

Para la línea L0.1 se utilizará un cable diseñado especialmente para instalaciones fotovoltaicas. El cable será unipolar, de cobre, con aislamiento termoestable de goma libre de halógenos, no propagador de la llama, baja emisión de humos y gases corrosivos y con una tensión de aislamiento de 1,5/1,5 kV. El modelo de cable utilizado es TOPSOLAR PV H1Z2Z2-K, apto para instalar a aire y que es resistente sumergido en agua, ideal para la instalación del presente proyecto. Se utilizarán cables de color rojo y negro para la diferenciación de las fases y el neutro.

El tramo de L0.1 va desde cada grupo de cuatro paneles en serie hasta la caja de conexión del generador fotovoltaico, donde estarán las protecciones del grupo, utilizando el método de instalación E con cables unipolares, distribuidos en rejilla sobre el tejado y elevados respecto a suelo. Para dimensionar la sección se utilizará la máxima distancia entre los grupos de paneles y la caja de conexión del generador, siendo de 21 metros.

Para las líneas L0.2, L0.3, L0.4 y L0.5 de la instalación fotovoltaica se utilizará un cable multipolar, de cobre, con aislamiento termoestable de poliolefina con baja emisión de humos. El modelo de cable utilizado es TOXFREE ZH Z1C4Z1-K (AS), libre de halógenos, no propagador de la llama, no propagador de incendio y libre de halógenos. Su tensión de aislamiento en baja tensión es de 0,6/1kV.

El tramo de L0.2 va desde la caja de conexión del generador hasta el regulador, en el cuarto de elementos fotovoltaicos dentro del edificio. La línea tiene dos tramos con métodos de instalación distintos. El primer tramo va desde el techo del edificio de la cafetería de la estación hasta el suelo, por dentro de una bandeja no perforada, con método de instalación B1. Una vez en el suelo, el cable se entierra dentro de un tubo en dirección al edificio con método de instalación D. La longitud del tramo de entrada al edificio es de longitud despreciable, por lo que no se tiene en cuenta en el cálculo.

Los tramos L0.3 y L0.4, del regulador al grupo de baterías y del regulador al inversor respectivamente, tendrán el método de instalación E (cable multipolar al aire libre) y una longitud de 1,5 metros cada tramo. Finalmente, el tramo L0.5 va desde el inversor hasta el cuadro de protección de alumbrado, en el cuarto de Jefe de estación del edificio, recorriendo 18,56 metros. El método de instalación será B1, utilizando conductores aislados con bandeja y tubo por el falso techo del edificio.

### 7.1.2. Métodos de Instalación y Tipo de Cable Utilizado en Instalación de Alumbrado

Para el alumbrado del vestíbulo se utilizará el método de instalación B1, en tubo y por encima del falso techo. Se utilizará el tipo de cable RZ1-K (AS), conductor de cobre, multiconductor, aislamiento termoestable de polietileno reticulado (XLPE). Este tipo de cable es libre de halógenos, no propagador de la llama e incendios y con una tensión de aislamiento de 0,6/1 kV. Se utiliza para locales de pública concurrencia, por lo que es adecuado para el alumbrado del vestíbulo.

Las luminarias en el vestíbulo forman 2 filas de 3 tubos, por tanto la rama principal de cable saliente del cuadro de alumbrado se dividirá en dos ramas, una para cada fila de tubos, formando una longitud total de 25,5 metros de cable.

El alumbrado de los andenes se ha diseñado de tal manera que exista la posibilidad de encender todas las luminarias o solamente la mitad de ellas distribuidas por los dos andenes para mantener todas las zonas con los mismos niveles luminotécnicos. Para conseguir este propósito, se han diseñado dos circuitos de alumbrado para alimentar eléctricamente a una parte de las luminarias o a otra y a su vez, se ha dividido en dos cada circuito de alumbrado para alimentar a las luminarias del andén de vía ascendente o a las de vía descendente. Así, la nomenclatura de los circuitos de los andenes será de circuito A.X.Y, en la que X tomará el valor 1 o 2 dependiendo de si es circuito de vía ascendente (1) o descendente (2), Y tomará el valor 1 o 2 dependiendo de si es circuito de alumbrado 1 o circuito de alumbrado 2 y A proviene de Alumbrado.

Para el alumbrado de los andenes se utilizarán 2 métodos de instalación: B1 cuando el tubo vaya sobre la pared (a la salida del edificio de la estación y desplazándose por los andenes) y D cuando vaya enterrado para llegar a las luminarias.

El cable utilizado será de tipo RV-K con conductor de cobre, aislamiento termoestable de polietileno reticulado (XLPE), multiconductor, libre de halógenos y no propagador de llamas y de incendios. Además, este tipo de cable soporta la presencia de agua, haciéndolo adecuado para los andenes.

La longitud máxima de conductor para cada circuito es de 72,55 metros para el circuito A.1.1, de 60,55 metros para el circuito A.1.2, de 58,75 metros para el circuito A.2.1 y de 58,25 metros para el circuito A.2.2.

### 7.1.3. Resumen de Métodos de Instalación y Tipos de Cable

A continuación se muestra una tabla resumen con los datos del tipo de cable, método de instalación y longitud del cable para cada circuito de la instalación fotovoltaica y la instalación de alumbrado.

Circuito	Long. (m)	Tipo	Conductor	Aisl.	Tensión de Aislamiento	Método
<b>FOTOVOLTAICA</b>						
L0.1	21	H1Z2Z2-K	Cu	XLPE	1,5/1,5 kV	E
L0.2	20,8	Z1C4Z1-K (AS)	Cu	XLPE	0,6/1 kV	B1, D
L0.3	1,5	Z1C4Z1-K (AS)	Cu	XLPE	0,6/1 kV	E
L0.4	1,5	Z1C4Z1-K (AS)	Cu	XLPE	0,6/1 kV	E
L0.5	18,56	Z1C4Z1-K (AS)	Cu	XLPE	0,6/1 kV	B1
<b>ALUMBRADO</b>						
Vestíbulo	25,5	RZ1-K (AS)	Cu	XLPE	0,6/1 kV	B1
A.1.1	72,55	RV-K	Cu	XLPE	0,6/1 kV	B1, D

Circuito	Long. (m)	Tipo	Conductor	Aisl.	Tensión de Aislamiento	Método
A.1.2	60,55	RV-K	Cu	XLPE	0,6/1 kV	B1, D
A.1.3	58,75	RV-K	Cu	XLPE	0,6/1 kV	B1, D
A.1.4	58,25	RV-K	Cu	XLPE	0,6/1 kV	B1, D

Tabla 17: Resumen conductores, instalación y longitud de los circuitos

#### 7.1.4. Dimensionado por Criterio Térmico

El criterio térmico tiene el objetivo de dimensionar el cable de tal modo que, para un funcionamiento normal con la corriente de diseño, no se supere cierta temperatura en el conductor. Pero la temperatura del cable no depende solamente de del valor de la corriente de demanda  $I_B$ , sino que también influyen los factores externos como la temperatura ambiente, proximidad entre otras líneas y resistividad del terreno si se trata de conductores enterrados. Por ello, se aplica el coeficiente reductor  $K$ :

$$K = K_T \cdot K_A \cdot K_R \quad [19]$$

Siendo  $K_T$  el factor de corrección de temperatura ambiente diferente a 30°C en la tabla 52-D1, o bien para una temperatura del terreno diferente a 20°C en la tabla 52-D2 si el conductor está enterrado. El factor de corrección por agrupamiento  $K_A$ , dependiendo del método de instalación, se encuentra en las tablas 52-E1, 52-E2, 52-E3, 52-E4 o 52-E5. Finalmente, el factor de corrección  $K_R$  por resistividad del terreno diferente a 2,5K·m/W se encuentra en la tabla 52-D3. Todas las tablas mencionadas están en la norma UNE 20460-5-523.

Una vez obtenido el valor  $K$ , la corriente demandada se divide por dicho valor y con el valor obtenido  $I_1$  se busca en la tabla A52-1 o A52-2 si es enterrado para elegir la sección del cable. La intensidad correspondiente a dicha sección  $I_T$ , debe ser mayor a  $I_1$ , para que el conductor ofrezca una intensidad admisible  $I_Z$  mayor que la corriente de demanda  $I_B$ .

$$I_1 = \frac{I_B}{K} ; \quad I_Z = I_T \cdot K \quad \text{tal que } I_T \geq I_1 \quad [20]$$

Por último, debe tenerse en cuenta que en la realización de los cálculos de sección de los conductores de la parte fotovoltaica por el criterio térmico, según la instrucción ITC-BT-40 punto 5, los cables de instalaciones generadoras de baja tensión *deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125 % de la máxima intensidad del generador*. Esto quiere decir que la intensidad  $I_B$  en la parte fotovoltaica será 1,25 veces la corriente de demanda.

#### 7.1.5. Dimensionado por Caída de Tensión

El criterio de caída de tensión pretende que la misma no exceda de cierto valor en toda la longitud del conductor hasta el receptor. Según el REBT, en la instrucción ITC-BT-19 de la norma UNE 20460, la caída de tensión desde el origen de la instalación hasta el receptor de alumbrado no debe superar el 3 %. Además, para la instalación fotovoltaica y según la instrucción ITC-BT-40, la caída de tensión entre el generador y la instalación interior debe ser inferior a 1,5 %.



En los conductores de la instalación fotovoltaica (excepto L0.5) la corriente es continua y el resto de conductores son líneas monofásicas en las que circula corriente alterna. La caída de tensión en líneas monofásicas viene dada por la siguiente fórmula:

$$\Delta U = U_1 - U_2 = 2 \cdot (R \cdot I \cdot \cos(\varphi) + X \cdot I \cdot \sin(\varphi)) \quad [21]$$

En la que se tiene en cuenta las componentes activa y reactiva de la intensidad I, la resistencia R y reactancia X que dependen principalmente de la longitud del conductor y en el caso de la resistencia también depende de la resistividad del material conductor. Por último, también se tiene en cuenta el efecto de los dos conductores, fase y neutro, multiplicando por dos. La caída de tensión porcentual se calcula con la siguiente expresión:

$$\varepsilon(\%) = \frac{\Delta U}{U_n} \cdot 100 \quad [22]$$

Cuando las secciones no son muy grandes, el sumando de la reactancia X se puede despreciar ya que la resistencia R es más grande. Quedando finalmente la expresión de caída de tensión para conductores monofásicos como:

$$\varepsilon(\%) = \frac{L \cdot \rho \cdot P}{S \cdot U_n^2} \cdot 200 \quad [23]$$

Siendo,

$$R = \frac{L \cdot \rho}{S} \quad [24]$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi) \quad [25]$$

#### 7.1.6. Secciones de Diseño de los Conductores

Con todo lo expuesto anteriormente en los métodos de instalación para cada línea y el procedimiento de cálculo de sección de conductores con los criterios térmico y de caída de tensión, se ha procedido al cálculo de cada línea siguiendo los ejemplos de cálculo que figuran en el ANEXO 1 – CÁLCULOS: 6. CÁLCULO SECCIÓN DE CONDUCTORES.

En tal anexo se ha procedido al cálculo de 3 conductores: línea 0.2, alumbrado de vestíbulo y alumbrado A.1.1. De este modo, se ha realizado el cálculo de una línea en corriente continua y con diferentes métodos de instalación, el cálculo de una línea con corriente alterna en el interior del edificio y una línea de corriente alterna en el exterior del edificio. De tal modo, las demás líneas se calcularían de la misma manera por tener métodos de instalación o condiciones eléctricas similares.

A continuación se exponen los resultados de los cálculos para cada línea de la instalación junto a sus parámetros técnicos como intensidad de demanda, longitud de línea, sección del conductor, factor de reducción más desfavorable si existen diferentes métodos de instalación para el mismo conductor, caída de tensión prevista y corriente admisible:

LÍNEA	Sección (mm <sup>2</sup> )	Factor de corrección (K)	I <sub>b</sub> (A)	I <sub>T</sub> (A)	I <sub>z</sub> (A)	Longitud c.d.t. (m)	c.d.t. ε (%)
<b>FOTOVOLTAICA</b>							
L0.1	4	0,5325	12,025	49	26,09	21	1,42%
L0.2	35	0,91	48,1	158	143,78	20,8	0,647%
L0.3	25	0,96	100	149	143,04	1,5	0,687%
L0.4	16	0,96	44,44	115	110,4	1,5	0,382%
L0.5	16	0,91	9,7	100	91	18,56	0,219%
<b>ALUMBRADO</b>							
Vestíbulo	2,5	0,91	1,29	31	28,21	69,6	0,142%
A.1.1	6	0,58	1,37	56	32,48	193,05	0,216%
A.1.2	6	0,58	1,467	56	32,48	217	0,163%
A.2.1	6	0,71	1,715	54	38,34	191,6	0,215%
A.2.2	6	0,71	2,072	54	38,34	203,9	0,228%

Tabla 18: Parámetros técnicos líneas de la instalación

Por último, a continuación se exponen los materiales utilizados en cada línea para el método de instalación, como bandejas, tubos o canaletas, junto al cable específico utilizado. Cabe destacar que, tal como se expresa en la instrucción ITC-BT-07 apartado 2.1.2 En canalizaciones entubadas, no se instalará más de un circuito por tubo y las especificaciones seguirán la instrucción ITC-BT-21.

Línea	Sección (mm <sup>2</sup> )	Conductor	Canalizaciones
<b>FOTOVOLTAICA</b>			
L0.1	4	H1Z2Z2-K 2x(1x4) mm <sup>2</sup>	Bandeja varilla 35x100mm
L0.2	35	Z1C4Z1-K (AS) 2x35 mm <sup>2</sup>	Tubo corrugado PVC flexible de ø50mm Canaleta PVC 160x65 con tapa
L0.3	25	Z1C4Z1-K (AS) 2x25 mm <sup>2</sup>	Al aire
L0.4	16	Z1C4Z1-K (AS) 2x16 mm <sup>2</sup>	Al aire
L0.5	16	Z1C4Z1-K (AS) 2x16 mm <sup>2</sup>	Bandeja metálica perforada 30x100mm Tubo corrugado PVC flexible de ø32mm
<b>ALUMBRADO</b>			
Vest.	2,5	RZ1-K (AS) 3G2,5 mm <sup>2</sup>	Canaleta PVC 160x65 con tapa Tubo corrugado PVC flexible de ø12,8mm
A.1.1	6	RV-K 3G6 mm <sup>2</sup>	Tubo corrugado PVC flexible de ø12,8mm
A.1.2	6	RV-K 3G6 mm <sup>2</sup>	Tubo corrugado PVC flexible de ø12,8mm
A.2.1	6	RV-K 3G6 mm <sup>2</sup>	Tubo corrugado PVC flexible de ø12,8mm
A.2.2	6	RV-K 3G6 mm <sup>2</sup>	Tubo corrugado PVC flexible de ø12,8mm

Tabla 19: Detalles de cada línea

## 7.2. Protecciones

### 7.2.1. Puesta a Tierra

La puesta a tierra es un sistema de seguridad de la instalación, la cual protege de las diferencias de potencial que se pueden ocasionar entre las masas de la instalación y el suelo y a su vez, permitir que las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico se circulen a tierra. De tal forma, se intenta evitar que estos defectos lleguen a provocar daños en el cuerpo humano. Se une eléctricamente una parte del circuito eléctrico o que sea conductora, con un electrodo (o varios de ellos) enterrado en el suelo y de manera directa sin fusibles ni protecciones. Para el diseño de puesta a tierra, junto a los conductores entre las masas y ésta, se seguirá la instrucción ITC-BT-18.

#### 7.2.1.1. Puesta a Tierra de la Instalación de Alumbrado

La instalación de alumbrado tendrá las masas de las luminarias conectadas a la puesta a tierra de la estación. Como la estación está alimentada desde un centro de transformación y el neutro del transformador está conectado a tierra, si las luminarias se alimentan desde la red eléctrica, el esquema de distribución de la instalación sería TT.

Por otro lado, el neutro del inversor de la instalación fotovoltaica también está conectado a tierra, por lo que, en cualquier caso, existirá un esquema de distribución TT. De tal forma, como se explica más adelante, se utilizarán interruptores diferenciales para proteger la instalación frente a contactos indirectos.

La puesta a tierra de la estación se encuentra situada en el jardín contiguo al edificio de la estación, tal como se muestra en PLANO 2. CIRCUITOS Y ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y FOTOVOLTAICOS. La puesta a tierra viene caracterizada por una pica vertical de longitud 2 m. Teniendo en cuenta que el terreno es turba húmeda y su resistividad es de  $100 \Omega \cdot m$ , la resistencia de puesta a tierra de la estación  $R_A$  es de:

$$R_A = \frac{\rho}{L} = \frac{100}{2} = 50 \Omega$$

A continuación se comprueba que la resistencia es aceptable para la instalación existente. Para garantizar la seguridad de la instalación para un esquema de distribución TT y utilizando protección diferencial se debe cumplir la siguiente expresión:

$$I_{\Delta N} \cdot R_A \leq U_L \quad [26]$$

En la que  $I_{\Delta N}$  es la corriente diferencial nominal del dispositivo de protección, en este caso de 30 mA,  $R_A$  es la resistencia de puesta a tierra de las masas descrita anteriormente y  $U_L$  es la tensión límite de convencional, que en este caso es de 24 V por ser un sitio húmedo.

$$R_A \leq \frac{24 V}{0.03 A} = 800 \Omega$$

Por lo que cumple la condición de seguridad.

### 7.2.1.2. Puesta a Tierra de la Instalación Fotovoltaica

La instalación fotovoltaica tendrá dos esquemas de distribución diferentes, dependiendo si es la parte de corriente continua o la de alterna.

La parte de continua sigue un esquema de distribución IT. Con este esquema, si se produce una corriente de defecto no se circula a tierra porque no se cierra el circuito, pero si se produce un segundo defecto puede haber tensiones altas en las masas.

Por otro lado, en la parte alterna del inversor, el neutro del transformador se conecta a tierra, por lo que en esta parte se seguiría un esquema de distribución TT al tener las siguientes masas conectadas a tierra.

En la parte de corriente continua, según el IDAE, a partir de 48 V deben conectarse a tierra los marcos de los paneles, la estructura soporte y las masas metálicas de la instalación, por lo que para este caso se procederá a conectar dichas partes a tierra. También es necesario contar con un vigilante de aislamiento para que en caso de haber una primera fuga se actúe rápidamente antes de haber un segundo fallo.

Las masas en la parte de corriente continua (marcos de paneles, estructuras de soporte y masas metálicas) se conectarán a la puesta a tierra de la estación. El motivo es que el inversor elegido aísla la parte continua de la parte alterna de éste, de tal modo que no pueden cruzarse las corrientes y permite realizar esta conexión.

No obstante, el neutro del transformador y su carcasa, según el manual de éste, deben conectarse a tierra pero no puede ser la misma toma de tierra que las otras masas de la instalación. Por este motivo se diseña una toma de tierra para la envolvente del inversor y su neutro.

Partiendo de un defecto franco en las masas ( $R_d = 0 \Omega$ ) y conociendo que los dispositivos diferenciales tienen una corriente diferencial nominal de 30 mA, debe cumplirse la siguiente condición:

$$I_d = \frac{U_{fn}}{R_A + R_B} > I_{\Delta N} \quad [27]$$

En que  $R_B$  es el valor de resistencia de puesta a tierra del inversor. Sustituyendo los valores, la ecuación quedaría como:

$$R_B < \frac{230}{0,03} - 50 = 7617 \Omega$$

Por lo que el valor de la resistencia  $R_B$  debe ser menor a  $7617 \Omega$ . Se decide instalar una pica vertical de 2 m, como  $R_A$ , por lo que el valor de  $R_B$  también sería de  $50 \Omega$ . De este modo, con defecto franco, la corriente diferencial sería de 2,3 A, mayor que 30 mA.

$$I_{d,max} = \frac{U_{fn}}{R_A + R_B} = \frac{230}{50 + 50} = 2,3 A > I_{\Delta N}$$

Por último, según la instrucción ITC-BT 18 en su apartado 10, para que una toma a tierra sea independiente a otra, una toma a tierra no debe alcanzar una tensión de 50 V respecto un punto de potencial cero cuando por la otra resistencia circule la corriente de defecto máxima prevista.

$$U(x) = \frac{\rho \cdot Id}{2\pi \cdot x} < 50 V \quad [28]$$

$$x = \frac{100 \cdot 2,3}{2\pi \cdot 50} = 0,73 m$$

Se decide instalar la resistencia RB a una distancia de 3 metros respecto a la resistencia RA, por lo que se cumpliría la condición de la instrucción técnica.

### 7.2.1.3. Conductores de Protección

Los conductores de puesta a tierra o de protección tienen como función realizar la unión entre las masas de los elementos eléctricos de la instalación, de tal modo que se consiga asegurar la protección frente contactos indirectos. Para elegir la sección del conductor de puesta a tierra se utiliza como referencia la instrucción ITC-BT-18 en su apartado 3.4. Conductores de protección.

Para la instalación fotovoltaica, debe tenerse en cuenta que hay tramos en que los conductores de protección están protegidos contra la corrosión mediante una envolvente pero existen tramos en los que no están protegidos mecánicamente, de este modo la sección del conductor debe ser de 16 mm<sup>2</sup> y de cobre como material conductor, según se indica en la Tabla 1 de la instrucción ITC-BT-18. Por tanto, para los marcos de los paneles, la estructura soporte y las masas metálicas como las cajas de protección y elementos de la instalación como el regulador, se utilizará este conductor de protección.

Por otro lado, los conductores de protección de las luminarias de la instalación de alumbrado se instalarán junto a sus circuitos, por lo que el conductor de protección estará protegido contra la corrosión y también mecánicamente. Según la instrucción ITC-BT-18, los conductores de protección que cumplan estas condiciones deben seguir la siguiente tabla, como criterio para elegir su sección:

<b>SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES DE FASE DE LA INSTALACIÓN: S (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>SECCIÓN MÍNIMA DE LOS CONDUCTORES DE PROTECCIÓN: S<sub>p</sub> (mm<sup>2</sup>)</b>
S ≤ 16	S <sub>p</sub> = S
16 < S ≤ 35	S <sub>p</sub> = 16
S > 35	S <sub>p</sub> = S/2

*Tabla 20: Relación entre secciones de conductores de protección y de fase.*

En este caso, la sección de la fase de los cuatro circuitos de alumbrado en los andenes es de 6 mm<sup>2</sup> y de la fase del circuito de alumbrado del vestíbulo es de 2,5 mm<sup>2</sup> por lo que, siguiendo la tabla, la sección de cada conductor debe ser también de 6 mm<sup>2</sup> para el alumbrado de andenes y de 2,5 mm<sup>2</sup> para el alumbrado del vestíbulo.

El conductor elegido para cada circuito, multiconductor, lleva integrado en su interior el circuito de fase, neutro y tierra, por lo que cada luminaria llevaría su conductor de protección. No obstante, todos los conductores de protección se unen en el cuadro de protección de alumbrado y desde ese punto otro conductor los unirá a la puesta a tierra de la estación. Dicho conductor debe dimensionarse en

función de la mayor sección de los conductores de fase según la instrucción ITC-BT-18, así pues será también de 6 mm<sup>2</sup>.

### 7.2.2. Vigilante de Aislamiento

La parte de continua de la instalación fotovoltaica, al ser un esquema de distribución IT, requiere un vigilante de aislamiento ya que, aunque con un primer fallo no existe peligro por no haber circulación de corriente de defecto, si se origina un segundo fallo, la corriente de defecto que se origina tiene un valor muy elevado.

La función de este dispositivo es detectar si se produce un primer fallo en la instalación y en este caso, actuar activando una alarma o desconectando la parte del circuito afectada para que no exista peligro y solucionar el problema.

El vigilante de aislamiento elegido es el modelo fac3 Tipo I RL2 de la marca PROAT, el cual permite seleccionar el nivel de aislamiento entre 20 y 80 kΩ para instalaciones eléctricas de 25 a 1000 VDC aislados de tierra y con rearme en un impulso de 250 ms. Se situará en el cuadro general de protección solar 1, en el exterior junto al grupo fotovoltaico.

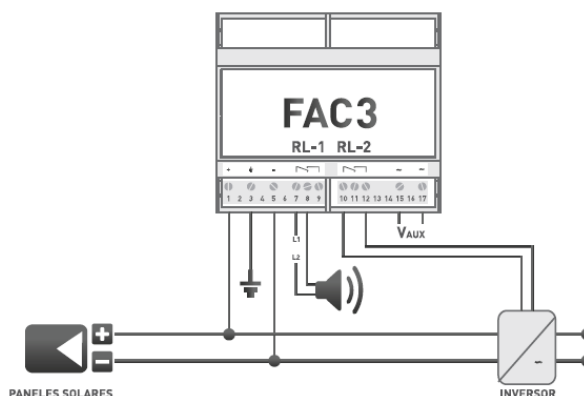


Figura 25: Diagrama embornamiento del vigilante de aislamiento fac3. Fuente: Catálogo PROAT

El vigilante de aislamiento actuará sobre un interruptor seccionador en caso de detección de fallo. A continuación se exponen los datos técnicos del dispositivo:

<b>Fabricante</b>	PROAT
<b>Modelo</b>	FAC3 Tipo I - RL2
<b>Tensión del sistema</b>	25 - 1000 VDC
<b>Nivel actuación IN</b>	20 - 80 kΩ
<b>Tensión auxiliar Vaux</b>	207 - 253 VAC
<b>Consumo propio</b>	12 VA
<b>Actuación contacto RL2</b>	100 ms
<b>Tiempo re-conexión</b>	1 min
<b>Temporización RL2</b>	1 s
<b>Resistencia interna</b>	1,5 MΩ
<b>Temperatura operación</b>	-5°C a 55°C

Tabla 21: Datos técnicos PROAT Fac3

### 7.2.3. Contactos Directos

Los contactos directos se producen cuando existe contacto entre una parte de la instalación en la que en funcionamiento normal existe una tensión (parte activa) y una persona o animal, produciendo un choque eléctrico. Las consecuencias del choque eléctrico dependen de la tensión de contacto y la duración, sin haber diferencia entre tener contacto con una parte activa de la instalación o con una masa (contacto indirecto). No obstante, no existen dispositivos que protejan frente a contactos directos.

Según la instrucción ITC-BT-24, existen medidas de protección frente a contactos directos con el fin de evitar el contacto, siguiendo la norma UNE 20460-4-41. Los sistemas de protección se distinguen en tres categorías:

- a) Protección mediante aislamiento de partes activas
- b) Protección mediante barreras y envolventes
- c) Protección mediante empleo de muy bajas tensiones

Para el caso de la instalación de alumbrado, sus partes activas se conducen en dentro de tubos, por canalizaciones y ocasionalmente enterradas, de tal modo que las partes activas quedan fuera del alcance de las personas y siendo así una medida de seguridad.

Para el caso de la instalación fotovoltaica, sus componentes como el regulador, inversor y grupo de baterías, se instalan en una sala dentro del edificio de la estación, encerrada con llave y sin posibilidad de que entre alguna persona accidentalmente. En cambio, el grupo de paneles fotovoltaicos se encuentra en el exterior pero como se instalan en el tejado del edificio de cafetería, a una altura de más de 4 metros, existe protección frente a contactos directos para cualquier persona ajena a la instalación.

### 7.2.4. Contactos Indirectos

Un contacto indirecto se produce cuando una persona o animal, a diferencia de un contacto directo, entra en contacto con alguna parte de la instalación (masa) que en condiciones normales no está sometida a una tensión, aun así lo está por algún defecto de la instalación, como por ejemplo un fallo de aislamiento, existiendo un choque eléctrico. Según la instrucción ITC-BT-24, se puede proteger contra contactos indirectos utilizando las siguientes medidas de protección:

- a) Corte automático de la alimentación (diferente según esquema de la instalación)
- b) Impedir contactos con las masas
- c) Medidas para que en caso de producirse contactos indirectos, no sean peligrosos.
- d) Impedir fallos en el aislamiento.

En este caso se utilizarán interruptores diferenciales, que son dispositivos que abren el circuito automáticamente si existe una corriente diferencial entre los conductores, mayor a cierto valor, por lo que protegerían frente contactos indirectos. El interruptor diferencial utilizado es de la marca SCHNEIDER, modelo Vigi iC60, de dos polos, con intensidad nominal de 25A y de intensidad diferencial nominal de 30 o 300mA según el caso y que se instalarán junto a un interruptor automático.

<b>Fabricante</b>	SCHNEIDER
<b>Modelo</b>	Vigi iC60
<b>Tensión de funcionamiento (V)</b>	230-240 VAC
<b>Frecuencia de empleo (Hz)</b>	50-60 Hz
<b>Intensidad Nominal (A)</b>	25 A
<b>Sensibilidad (mA)</b>	30-300 mA
<b>Número de polos</b>	2

Tabla 22: Datos técnicos de interruptor diferencial

Se utilizarán interruptores diferenciales en cada circuito de alumbrado, a su salida del cuadro de protección de alumbrado, y en la línea de salida del inversor. De este modo se protegería frente a contactos indirectos en el esquema de distribución TT de la instalación.

Se ha elegido una sensibilidad de 30 mA para los circuitos de alumbrado, teniendo en cuenta las corrientes de fuga que puedan existir, ya que si son demasiado altas podrían provocar una corriente de defecto lo suficientemente grande como para que salte el diferencial.

Sabiendo que el diferencial puede disparar si la intensidad de defecto es mayor a la mitad de la intensidad diferencial nominal, las corrientes de fuga deberían ser inferiores a ésta:

$$I_{\Delta nf} \approx \frac{1}{2} I_{\Delta N} \gg I_{fugas} \quad [29]$$

Siendo  $I_{\Delta nf}$  la corriente diferencial de no-funcionamiento y siendo  $I_{\Delta N}$  la corriente diferencial nominal. Admitiendo una capacidad parásita fase-tierra  $C_p$  de  $0,3 \mu\text{F}/(\text{km}\cdot\text{fase})$ , el valor de corriente de fugas  $I_{fugas}$  tiene un valor de  $21 \text{ mA}/(\text{km}\cdot\text{fase})$ . Considerando la longitud de cable más larga, de 72,5 metros en el circuito A.1.1, la corriente de fugas sería de 1,5mA. Por tanto, la corriente de fugas prevista es mucho menor a la mitad de intensidad diferencial nominal, del interruptor diferencial más sensible:

$$\frac{1}{2} I_{\Delta N} = \frac{1}{2} \cdot 30 \text{ mA} = 15 \text{ mA} \gg 1,5 \text{ mA}$$

Por último, para un buen funcionamiento entre interruptores diferenciales debe cumplirse que la curva  $I/t$  del diferencial aguas arriba esté por encima y a la derecha de la  $I/t$  del diferencial aguas abajo, en el gráfico  $t-I_{\Delta}$ :



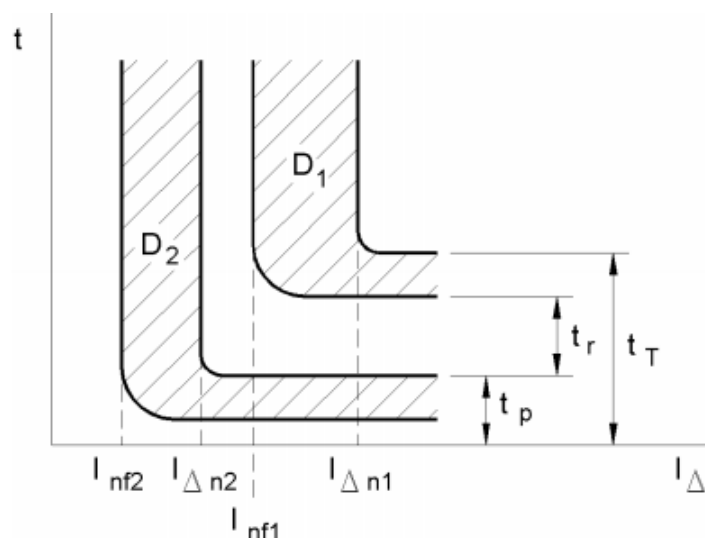


Figura 26: Funcionamiento diferenciales en serie. Fuente: Apuntes de Tecnología Eléctrica, capítulo 4

Por lo que el diferencial a la salida del inversor tendrá una intensidad diferencial nominal de 300mA y tendrá cierto retardo respecto a los diferenciales de alumbrado. De esta manera, se asegura el correcto funcionamiento.

### 7.2.5. Sobreintensidades

Aunque la instalación eléctrica se ha diseñado con los parámetros de intensidad y tensión nominales, pueden existir situaciones durante el uso de la instalación en las que las intensidades o tensiones sean mayores, pudiendo afectar a la instalación eléctrica o los receptores. Por este motivo, debe diseñarse las protecciones necesarias para que, en caso de existir una corriente o tensión elevada, se garantice la seguridad de la instalación.

En este apartado se hará el diseño de protecciones contra sobreintensidades utilizando la normativa del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, en su instrucción ITC-BT-22 “Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobreintensidades” que sigue la norma UNE 20460 4-43 y 4-473.

Las sobreintensidades se clasifican en dos grupos: sobrecargas y cortocircuitos. Las sobrecargas se producen cuando circula una corriente mayor a la admisible durante un tiempo, sin existir averías en la instalación. Deben usarse dispositivos de protección para las sobrecargas no previsibles, como por ejemplo averías o conexión de cargas en el circuito, que provocan un aumento de la corriente y el circuito podría no soportarlo.

Por otro lado, un cortocircuito es una sobreintensidad provocada por un defecto de aislamiento entre dos puntos de la instalación, con impedancia despreciable y potenciales distintos.

#### 7.2.5.1. Sobrecargas

La protección frente a sobrecargas evita que circule una corriente mayor a la corriente admisible del conductor durante un periodo de tiempo. Si por el conductor circula una corriente mayor a la admisible, éste aumenta su temperatura hasta estabilizarse en una mayor a la admisible, por lo que el conductor se deteriora más rápidamente e incluso existiría riesgo de incendio. Por tanto debe interrumpirse la corriente lo más rápido posible.

La norma UNE 20460 4-43 establece dos condiciones para que un dispositivo proteja frente a sobrecargas:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad [30]$$

$$I_2 \leq 1,45I_Z \quad [31]$$

Siendo  $I_B$  la corriente de diseño del conductor,  $I_Z$  su corriente admisible,  $I_n$  la intensidad nominal del dispositivo y  $I_2$  la corriente que garantiza el funcionamiento del dispositivo y su valor depende del tipo de dispositivo utilizado. Si se utiliza un fusible, el valor de  $I_2$  es de 1,6 veces su intensidad nominal  $I_n$ . Por otro lado, si se trata de un pequeño interruptor automático (PIA), su valor es de 1,45 veces su intensidad nominal.

A continuación se muestra una tabla con los datos necesarios de cada línea para la elección de las protecciones frente a sobrecargas, según su sección y dispositivo de protección elegido. Cabe destacar que, para las líneas L0.2 y L0.4 no requieren protección, porque la línea L0.2 está protegida frente a sobrecargas por los fusibles de las líneas L0.1 y la línea L0.4 está protegida por los dispositivos electrónicos de protección del regulador y del inversor.

Línea	Sección (mm <sup>2</sup> )	I <sub>B</sub> (A)	I <sub>Z</sub> (A)	Dispositivo	1,45*I <sub>Z</sub> (A)
<b>FOTOVOLTAICA</b>					
0.1	4	12,03	19,17	FUSIBLE	27,80
0.2	35	48,1	106,47	-	-
0.3	25	100	143,04	FUSIBLE	207,41
0.4	16	44,44	110,4	-	-
0.5	16	9,7	72,8	PIA	105,56
<b>ALUMBRADO</b>					
Vestíbulo	2,5	1,29	39,13	PIA	56,74
A.1.1	6	1,37	32,48	PIA	47,10
A.1.2	6	1,47	32,48	PIA	47,10
A.1.3	6	1,72	38,54	PIA	55,88
A.1.4	6	2,07	38,54	PIA	55,88

Tabla 23: Parámetros para protección frente a sobrecargas.

#### 7.2.5.2. Cortocircuitos

Los cortocircuitos pueden ser provocados por fallos en el aislamiento entre dos partes activas o una parte activa y masa, defectos en las cargas o defectos de conexión de la instalación y sus consecuencias son perjudiciales para la instalación.

Para que un dispositivo proteja frente a cortocircuitos debe tener un poder de corte mayor a la corriente de cortocircuito máxima prevista y también debe cortar la corriente antes de que la temperatura de los cables sea mayor que la admisible.

$$Poder\ de\ corte > I_K \quad [32]$$

$$\int_0^{t_c} i^2(t) dt = (I^2 t)_{Disp} \leq (I^2 t)_{adm} = (K \cdot S)^2 \quad [33]$$

En que  $I_K$  es la máxima corriente de cortocircuito,  $(I^2 t)$  es el valor máximo de la integral de Joule para el dispositivo (Disp) y para el conductor (adm), K es una constante que depende del material del conductor y de su aislamiento y S es la sección del conductor en mm<sup>2</sup>.

A continuación se muestran los valores de resistencias y cortocircuitos para cada línea calculados como en el ANEXO 1 – CÁLCULOS: 7.1. CALCULO DE CORTOCIRCUITOS.

Línea	R <sub>i</sub> (mΩ)	X <sub>i</sub> (mΩ)	ΣR <sub>i</sub> (mΩ)	ΣX <sub>i</sub> (mΩ)	ΣZ <sub>i</sub> (mΩ)	I <sup>''</sup> <sub>K,i,max</sub> (kA)	I <sup>''</sup> <sub>K,i,min</sub> (kA)
Transf.	4	16	4	16	16,5	24,24	-
L <sub>A</sub>	14,13	4,8	18,13	20,8	27,6	24,24	8,3
L0.5	20	-	38,13	20,8	43,43	8,3	5,3
Vest.	175,85	-	193,98	20,8	195,1	8,3	1,18
A.1.1	208,46	-	226,59	20,8	227,54	8,3	1,01
A.1.2	173,98	-	192,11	20,8	193,23	8,3	1,19
A.2.1	168,81	-	186,94	20,8	188,1	8,3	1,23
A.2.2	168,81	-	186,94	20,8	188,1	8,3	1,23

*Tabla 24: Datos de resistencias y cortocircuitos en líneas*

Los dispositivos de protección de las líneas deberán tener un poder de corte mayor a la I<sup>''</sup><sub>k,max</sub> y deberá asegurarse que también actúan frente a la corriente de cortocircuito mínima.

#### 7.2.6. Sobretensión

En una instalación fotovoltaica pueden existir sobretensiones provocadas por descargas atmosféricas y que deben derivarse a tierra. Según la instrucción ITC-BT-23 y el artículo 16.3 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, es obligatorio usar protecciones contra las sobretensiones en instalaciones que estén en terrados, siendo el caso de la instalación fotovoltaica.

En este caso, para la instalación fotovoltaica se utilizará un descargador de sobretensión HAGER SPV325, de Clase II, con tensión en régimen permanente de 1000 Vdc y con I<sub>max</sub> de 25 kA. Se instalará en el cuadro de protección solar 1, tal como se muestra en el PLANO 8. ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.



Figura 27: Limitador de sobretensión SPV325

A continuación se muestra una tabla con los datos técnicos del limitador de sobretensión elegido:

<b>Fabricante</b>	HAGER
<b>Modelo</b>	SPV325
<b>Número de polos</b>	2P
<b>Tensión máxima en régimen permanente</b>	1000 V
<b>Protección Up L-N</b>	12,5 kV
<b>Protección Up</b>	4 kV
<b>Corriente descarga máxima</b>	25 kA
<b>Índice de protección IP</b>	IP20
<b>Temperatura de almacenamiento</b>	-40 a 80 °C

Tabla 25: Características limitador de sobretensión SPV325

### 7.3. Elementos de Maniobra

Las luminarias de la estación se encienden normalmente durante un periodo de tiempo a lo largo del día, dependiendo principalmente de los niveles de la cantidad de iluminancia recibida de forma natural y si la estación se encuentra abierta al público. Así se refleja en la *Tabla 11*, que muestra las franjas horarias en que se encienden las luminarias.

Puesto que el encendido de forma manual no sería viable en una estación de ferrocarril en la que no hay operarios de forma continua, la mejor solución es la instalación de contactores, los cuales son aparatos de apertura y cierre de circuitos. Para este proyecto se utilizará el contactor SCHNEIDER Acti9 iCT de 16 A de corriente nominal. El contactor elegido tiene mando manual, el cual permite abrir y cerrar el circuito en cualquier momento determinado, siendo muy útil para realizar labores de mantenimiento en los circuitos de alumbrado.



Figura 28: Contactor con mando manual iCT. Fuente: <https://www.se.com/es/es/>

<b>Fabricante</b>	SCHNEIDER
<b>Producto</b>	Acti 9 iCT
<b>Polos</b>	2P
<b>Corriente nominal</b>	16 A
<b>Polos de contacto</b>	2 NA
<b>Tipo de control</b>	Control manual y remoto
<b>Tensión de empleo</b>	250 Vac
<b>Durabilidad mecánica</b>	1000000 ciclos

Tabla 26: Especificaciones del contactor de andenes

Se instalará un contactor Acti9 iCT para los circuitos de alumbrado A1.1 y A2.1, otro para los circuitos A1.2 y A2.2 y finalmente otro para el alumbrado del vestíbulo. De este modo se permite el cierre y apertura del circuito que se desee. Para controlar la apertura y cierre de los circuitos en distintas franjas horarias, se utilizará un interruptor horario digital que se encargará de dar las señales de apertura y cierre de los circuitos de alumbrado.

Por otro lado, en la instalación fotovoltaica se instalará otro contactor en la salida del inversor, para abrir o cerrar el paso de energía procedente de los paneles fotovoltaicos y las baterías. Con esto se pretende controlar el nivel de carga de las baterías interrumpiendo su descarga cuando su profundidad de descarga sea demasiado alta y de este modo, se intenta alargar la vida de las baterías. Esta señal será proporcionada por el regulador que tiene la capacidad de vigilar el estado de carga de las baterías.

#### 7.4. Resumen de Aparatación Eléctrica

A continuación se exponen los dispositivos de protección y control elegidos para el presente proyecto. Debe tenerse en cuenta que en la actualidad ya existe el cuadro general de Baja Tensión (CGBT) y el cuadro de protección de alumbrado (CPA) y en consecuencia, varios dispositivos ya están instalados y en funcionamiento. También, aprovechando que ya existen estos dos cuadros de protección, los nuevos dispositivos de protección se añadirán a éstos, evitando incluir cuadros de protección nuevos en el presupuesto.

Para que no exista confusión sobre qué elementos se han diseñado para la instalación de alumbrado y fotovoltaica, a continuación se muestra una lista con los elementos de protección, así como contactores y otros dispositivos, diseñados para este proyecto, especificando la línea que protege y en qué cuadro de protección está instalado cada uno:

Línea	Elemento	Descripción
<b>CUADRO DE PROTECCIÓN SOLAR 1</b>		
L0.1	Fusible	8x MULTICOMP gG, 16 A, 250 V
	Repartidor de energía	MAXGE de 2 polos, 125 A
L0.2	Vigilante de Aislamiento	PROAT fac3 Tipo I, 25-1000 VDC
	Interruptor-Seccionador	Eaton, 2 polos, 100 A
	Sobretensión	SPV325, 2 P, 1000 V
<b>CUADRO DE PROTECCIÓN SOLAR 2</b>		
L0.3	Fusible	2x BUSSMAN, 110 A, 120 kA
L0.5	Magnetotérmico	SCHNEIDER Acti9 iC60N, 25 A, 2P, curva C, PdeC 20 kA
	Interruptor Diferencial	SCHNEIDER Vigi iC60, 25 A, 300 mA
	Contactador	SCHNEIDER Tesys GC, 25 A, 2NC, 230 Vac
<b>CUADRO GENERAL DE BAJA TENSIÓN</b>		
L1.0	Magnetotérmico	SCHNEIDER Acti9 iC60N, 40 A, 2P, curva B, PdeC 20 kA
L1.8	Magnetotérmico	SCHNEIDER Acti9 iC60N, 25 A, 2P, curva C, PdeC 20 kA
<b>CUADRO DE PROTECCIÓN DE ALUMBRADO</b>		
L0.5	Magnetotérmico	SCHNEIDER Acti9 iC60N, 25 A, 2P, curva C, PdeC 20 kA
L1.8	Magnetotérmico	SCHNEIDER Acti9 iC60N, 25 A, 2P, curva C, PdeC 20 kA
L2.0	Conmutador	Relé conmutador BENEDICT 230 V, 5 kVA
	Magnetotérmico	SCHNEIDER Acti9 iC60N, 16 A, 2P, curva C, PdeC 20 kA
L2.1	Contactador	Contactador con mando manual SCHNEIDER iCT, 16 A, 2P
L2.2	Contactador	Contactador con mando manual SCHNEIDER iCT, 16 A, 2P
A.Vest	Magnetotérmico	SCHNEIDER Acti9 iC60N, 6 A, 2P, curva C, PdeC 20 Ka
	Interruptor Diferencial	SCHNEIDER Vigi iC60, 25 A, 30 mA
	Contactador	Contactador con mando manual SCHNEIDER iCT, 16 A, 2P
A1.1	Magnetotérmico	SCHNEIDER Acti9 iC60N, 6 A, 2P, curva C, PdeC 20 Ka
	Interruptor Diferencial	SCHNEIDER Vigi iC60, 25 A, 30 mA
A1.2	Magnetotérmico	SCHNEIDER Acti9 iC60N, 6 A, 2P, curva C, PdeC 20 kA
	Interruptor Diferencial	SCHNEIDER Vigi iC60, 25 A, 30 mA
A2.1	Magnetotérmico	SCHNEIDER Acti9 iC60N, 6 A, 2P, curva C, PdeC 20 kA
	Interruptor Diferencial	SCHNEIDER Vigi iC60, 25 A, 30 mA
A2.2	Magnetotérmico	SCHNEIDER Acti9 iC60N, 6 A, 2P, curva C, PdeC 20 kA
	Interruptor Diferencial	SCHNEIDER Vigi iC60, 25 A, 30 mA

Tabla 27: Lista de dispositivos eléctricos

## 8. VIABILIDAD ECONÓMICA

Una vez realizados los cálculos de las canalizaciones y protecciones de las instalaciones, puede calcularse la viabilidad económica aplicando el TIR y el VAN. Puesto que el proyecto de renovación de alumbrado es algo necesario para mejorar los niveles de iluminancia y uniformidad y no se obtiene beneficio directo de su instalación, no procederá al cálculo del Valor Actual Neto ni de la Tasa Interna de Retorno. No obstante, en la instalación de alumbrado, puede calcularse el gasto energético y económico de las luminarias actuales y así compararlo con el gasto previsto en la instalación de diseño.

### 8.1. Viabilidad Económica de la Instalación de Alumbrado

Tomando los datos de la *Tabla 11*, puede obtenerse la energía consumida a lo largo del año de la instalación diseñada y con el mismo procedimiento, calcular la energía consumida actualmente. En la actualidad el conjunto de luminarias de los andenes tienen 1.500 W de potencia y un factor de potencia de 0,85, mientras que los tubos del vestíbulo tienen un total de 246 W y un factor de potencia de 0,8, encendiéndose en las mismas franjas horarias que las luminarias de diseño.

Considerando que, tomando como fuente de datos la página web de IBERDROLA, el precio del kWh es de 0,136278 € y que, para instalaciones con un factor de potencia entre 0,8 y 0,95, el precio del kvarh es de 0,041554 €, los resultados obtenidos son los siguientes:

ESTADO	f.d.p.	ENERGÍA CONSUMIDA		PRECIO ENERGÍA		TOTAL (€)
		Activa (kWh/año)	Reactiva (kvarh/año)	Activa (€/kWh)	Reactiva (€/kvarh)	
Actual	0,84	7764,58	4952,74	0,136278 €	0,041554 €	1.263,95 €
Diseño	0,976	6275,77	1400,5	0,136278 €	-	855,25 €
Diferencia		1488,81	3552,24			408,70 €

*Tabla 28: Balance energético y económico de la instalación de alumbrado*

Como se observa, se pasa de 7764,58 a 6275,77 kWh consumidos a lo largo del año. Pero lo más destacable es la reducción de la energía reactiva consumida pasando de 4952,74 a 1400,5 kvarh a lo largo del año debiéndose a la mejora del factor de potencia en la instalación y como a partir de un factor de potencia de 0,95 la compañía eléctrica no cobra la energía reactiva, el gasto económico es menor. Por lo que, con la instalación de alumbrado diseñada, se ahorrarían 408,70 € cada año.

### 8.2. Viabilidad Económica de la Instalación Fotovoltaica

Para el cálculo del TIR y VAN de la instalación fotovoltaica se tendrá en cuenta los costes de mantenimiento de la instalación y la pérdida de rendimiento de paneles e inversor en un periodo de 25 años. También, para los cálculos se considerará la energía producida por la instalación como beneficio directo.

Puesto que el rendimiento de los paneles fotovoltaicos baja del 100 % al 80 % en 25 años, cada año bajará el rendimiento de los paneles un 0,8 %. Por otro lado, el rendimiento del inversor baja un 5 % en 25 años, es decir, 0,2 % cada año. La energía producida  $E_{p,i}$  por el grupo fotovoltaico cada año se calcula de la siguiente manera:

$$E_{p,i} = E_{p,0} \cdot \frac{\eta_{inv,i}}{\eta_{inv,0}} \cdot \eta_{panel,i} \quad [34]$$

En que  $E_{p,0}$  es la energía producida el primer año,  $\eta_{inv,i}$  es el rendimiento del inversor en el año de cálculo,  $\eta_{inv,0}$  es el rendimiento del inversor inicial y  $\eta_{panel,i}$  es el rendimiento de los paneles fotovoltaicos en el año de cálculo.

Para los costes de mantenimiento, se tendrán en cuenta el cambio de baterías cada 9 años, al ser aproximadamente su vida útil de diseño. Teniendo en cuenta estas consideraciones y que el precio inicial de la instalación es de 18.826,59 € (incluyendo instalación eléctrica y obra civil) según el presupuesto, los resultados son los siguientes:

Año	Coste (€)	Energía Producida (kWh)	Ahorro (€/año)	Balance (€/año)
1	18721,09	8046,85	1096,61	-17624,48
2	0	7965,67	1085,55	1085,55
3	0	7884,76	1074,52	1074,52
4	0	7804,12	1063,53	1063,53
5	0	7723,76	1052,58	1052,58
6	0	7643,66	1041,66	1041,66
7	0	7563,84	1030,78	1030,78
8	0	7484,28	1019,94	1019,94
9	0	7405,00	1009,14	1009,14
10	5164,88	7325,99	998,37	-4166,51
11	0	7247,25	987,64	987,64
12	0	7168,78	976,95	976,95
13	0	7090,58	966,29	966,29
14	0	7012,65	955,67	955,67
15	0	6935,00	945,09	945,09
16	0	6857,61	934,54	934,54
17	0	6780,50	924,03	924,03
18	0	6703,65	913,56	913,56
19	5164,88	6627,08	903,13	-4261,75
20	0	6550,78	892,73	892,73
21	0	6474,75	882,37	882,37
22	0	6398,99	872,04	872,04
23	0	6323,50	861,75	861,75
24	0	6248,29	851,50	851,50
25	0	6173,34	841,29	841,29
			<b>TIR</b>	-3 %
			<b>VAN</b>	-4.869,59 €

Tabla 29: TIR y VAN de la instalación fotovoltaica



Se obtiene un TIR de - 3% para la inversión y un VAN de -4.869,59 €. Por lo que, a la vista de los resultados obtenidos en el estudio de viabilidad económica de la instalación fotovoltaica, no es rentable a nivel económico realizarla, incluso sin tener en cuenta posibles fallos en la instalación que implicasen reparación o reemplazo de cualquier elemento.

## 9. CONCLUSIONES

Partiendo de una situación desfavorable en los niveles luminotécnicos de los andenes y vestíbulo de la estación, se ha conseguido mejorar notablemente los niveles de iluminancia y de uniformidad, cumpliendo con la normativa. Los resultados en los andenes se han obtenido manteniendo la altura actual de las luminarias (siendo importante para la seguridad de los operarios en vías), desplazando dos de ellas e introduciendo cinco nuevos puntos de luz, mientras que en el vestíbulo ha bastado simplemente con reemplazar los tubos fluorescentes actuales.

Un aspecto importante en la instalación de alumbrado ha sido sustituir las luminarias actuales (lámparas halógenas y tubos fluorescentes) por lámparas LED, cambiando también la luminaria en sí para una correcta distribución del flujo luminoso. Además, como las lámparas LED poseen una eficiencia luminosa mayor que otro tipo de lámparas, a pesar de haber más puntos de luz en la solución que actualmente, se ha conseguido reducir la potencia instalada, aumentando también considerablemente el factor de potencia del alumbrado.

De este modo, con la instalación de alumbrado propuesta se aumenta la eficiencia energética, consiguiendo un ahorro económico respecto las lámparas actuales, y se consigue una mayor vida útil con una lámpara LED que además no tiene componentes tóxicos como las halógenas o fluorescentes, suponiendo una ventaja para el medioambiente.

Por otro lado, aunque una instalación fotovoltaica parezca ser una buena solución energética y medioambiental, como se ha podido comprobar en la instalación fotovoltaica diseñada, no llega a ser una buena solución para el problema planteado.

Como se ha podido observar, la producción energética del grupo fotovoltaico varía mucho dependiendo de la época del año. Si se diseña para la época del año más desfavorable, se puede conseguir suministro energético durante todo el año pero, para la época en la que hay más radiación, la instalación fotovoltaica estará sobredimensionada y habrá un excedente considerable de energía. Por otro lado, si no se sobredimensiona la instalación, en la época del año con menor radiación, no se conseguiría abastecer toda la energía demandada por la instalación.

El uso de acumuladores de energía es necesario para el proyecto planteado, por tener una demanda energética en las horas nocturnas. No obstante, el uso de acumuladores supone un aumento considerable en el precio de la instalación, al ser los elementos más caros y con menor vida útil. Como consecuencia, normalmente no sale rentable la inversión, así como se ha comprobado en el cálculo del TIR y VAN.

Una posible solución a este problema sería utilizar inversores con conexión a red. Este tipo de inversores transforman la energía fotovoltaica (en forma de corriente continua) en alterna a 230 V de manera sincronizada con la red eléctrica. De este modo se aprovecha toda la energía proveniente del grupo generador, ayudándose de la red eléctrica. También, se evitaría el uso de acumuladores, reduciendo notablemente el coste de mantenimiento de la instalación, pudiendo llegar a ser rentable. Por último, aunque no se conseguiría alimentar el alumbrado con energía fotovoltaica, se cubriría gran parte de la demanda energética de la estación en su conjunto.

## 10. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

### *Libros y documentos utilizados:*

1. “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión” y sus instrucciones técnicas complementarias. Real decreto 842/2002 de 2 de agosto.
2. “Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior” y sus instrucciones técnicas complementarias. Real decreto 1890/2008 de 14 de noviembre.
3. “Pliego de condiciones técnicas de instalaciones aisladas de red” del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. PCT-A-REV- febrero 2009.
4. Normas UNE.
5. José Roger Folch, Martín Riera Guasp, Carlos Roldán Porta (2010). “Tecnología eléctrica”, Madrid: SÍNTESIS.
6. Miquel Casa, Mónica Barrio (2012). “Instalaciones solares fotovoltaicas”, Barcelona: MARCOMBO.
7. Catálogo luminotécnico PHILIPS: <https://www.lighting.philips.es/inicio>
8. Catálogo luminotécnico SIMON: <http://www.simonlighting.es/es/index.php>
9. Catálogo paneles solares BAUER ENERGY: <http://www.bauer-energy.com/paneles-solares-aislada-bauer-energy/>
10. Elementos fotovoltaicos VICTRON ENERGY: <https://www.victronenergy.com.es/>
11. Catálogo industrial SCHNEIDER ELECTRIC: <https://www.se.com/es/es/>

### *Páginas web visitadas:*

1. <https://www.ies.upm.es/> (Datos fotovoltaicos en España)
2. <https://www.google.es/intl/es/earth/index.html> (Google earth)
3. [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html) (Photovoltaic Geographical Information System)
4. <https://autosolar.es/> (Material fotovoltaico, precios)
5. [www.idae.es](http://www.idae.es) (Instituto para la diversificación y ahorro energético)
6. <https://es.farnell.com/> (Material eléctrico, precios)
7. <https://es.rs-online.com/web/> (Material eléctrico, precios)
8. <https://new.abb.com/es> (Material eléctrico, precios)
9. <https://www.topcable.com/ca/> (Cables, precios)
10. <http://www.five.es/basedatos/Visualizador/Base16/index.htm> (Base de precios)

# **ANEXO 1 – CÁLCULOS**



## 1. CÁLCULO DE LA VARIACIÓN DE POTENCIA, VOLTAJE E INTENSIDAD EN PANELES

Las células fotovoltaicas trabajan a una cierta temperatura proporcionando los valores de potencia, voltaje e intensidad especificados en la ficha técnica del panel solar. Pero se debe tener en cuenta que si la temperatura de trabajo varía, estos parámetros también lo hacen.

A cuanto más temperatura, la célula fotovoltaica producirá más intensidad, aunque menos tensión y potencia. En caso contrario, si la temperatura disminuye, la célula producirá más tensión y potencia, y una menor corriente. La ficha técnica del panel solar indica la variación de estos tres parámetros en función de la temperatura para la tensión en circuito abierto, corriente de cortocircuito y potencia en su punto máximo:

- Coeficiente por temperatura de  $I_{sc} = + 0,08558 \text{ \%}/^{\circ}\text{C}$
- Coeficiente por temperatura de  $V_{oc} = - 0,29506 \text{ \%}/^{\circ}\text{C}$
- Coeficiente por temperatura de  $P_{mpp} = - 0,38001 \text{ \%}/^{\circ}\text{C}$

El primer paso para realizar los cálculos es conocer la temperatura de Picanya durante el año. Según la fuente *Weather Spark*, los veranos en la localidad son calientes, bochornosos y mayormente despejados y los inviernos largos, fríos, ventosos y parcialmente nublados. A lo largo del año la temperatura varía de 6°C a 30°C, pero puede que alcance 1°C o 34°C. En los cálculos se utilizará las temperaturas extremas de 1°C y 34°C por ser las más desfavorables.

Primero se realiza el cálculo de la temperatura de trabajo de las células fotovoltaicas siguiendo la siguiente fórmula:

$$T_c = T_{amb} + \frac{(T_{ONC} - 20) \cdot E}{800} \quad [35]$$

Siendo  $T_c$  la temperatura de trabajo de las células,  $T_{amb}$  la temperatura ambiente midiéndose a la sombra,  $T_{ONC}$  la temperatura de la célula a 800 W/m<sup>2</sup> de irradiancia y  $E$  la irradiancia solar de la célula fotovoltaica calibrada. Se calculará la temperatura de trabajo de las células en dos casos: con la máxima temperatura ambiente y la mínima temperatura ambiente.

La máxima temperatura ambiente es de 34°C a la sombra y se produce cuando la irradiancia es de 1000 W/m<sup>2</sup>. La temperatura de la célula a 800 W/m<sup>2</sup> se obtiene a partir de la ficha técnica del panel fotovoltaico, siendo de 45°C.

$$T_{cmax} = 34 + \frac{(45 - 20) \cdot 1000}{800} = 65,25^{\circ}\text{C}$$

Por otro lado, la mínima temperatura ambiente a la sombra se produce con una irradiancia de 100 W/m<sup>2</sup> y es de 1°C. Lógicamente, la temperatura de trabajo de las células a 800 W/m<sup>2</sup> sigue siendo la misma.

$$T_{cmin} = 1 + \frac{(45 - 20) \cdot 100}{800} = 4,125^{\circ}\text{C}$$

A continuación se calcula la variación de tensión en circuito abierto, corriente de cortocircuito y potencia pico para ambos casos: cuando la temperatura de trabajo de las células sea máxima y cuando la temperatura de trabajo sea mínima. La variación viene dada por las siguientes fórmulas:

$$R_T(\%) = (\alpha_R \cdot \Delta T) \cdot 100 \quad [36]$$

$$R_T = \frac{(100 + R_T(\%))}{100} \cdot R \quad [37]$$

En la que  $R_T$  es la variación del parámetro  $R$  a calcular (potencia, tensión o corriente) respecto a la temperatura,  $\alpha_R$  es el coeficiente por temperatura del parámetro y  $\Delta T$  es la variación de temperatura respecto a la temperatura en condiciones estándar de medida (25°C).

Los cálculos de la variación de los parámetros para la máxima temperatura son los siguientes:

$$V_{OC(65,25^\circ\text{C})}(\%) = (-0,0029506 \cdot (65,25 - 25)) \cdot 100 = -11,88 \%$$

$$V_{OC(65,25^\circ\text{C})}(V) = \frac{100 - 11,88}{100} \cdot 45,75 = 40,31 \text{ V}$$

$$I_{SC(65,25^\circ\text{C})}(\%) = (0,0008558 \cdot (65,25 - 25)) \cdot 100 = 3,44 \%$$

$$I_{SC(65,25^\circ\text{C})}(A) = \frac{100 + 3,44}{100} \cdot 9,3 = 9,62 \text{ A}$$

$$W_{p(65,25^\circ\text{C})}(\%) = (-0,0038001 \cdot (65,25 - 25)) \cdot 100 = -15,3 \%$$

$$W_{p(65,25^\circ\text{C})}(W) = \frac{100 - 15,3}{100} \cdot 330 = 279,51 \text{ W}$$

Por otro lado, los cálculos para la mínima temperatura serían los siguientes:

$$V_{OC(4,125^\circ\text{C})}(\%) = (-0,0029506 \cdot (4,125 - 25)) \cdot 100 = 6,16 \%$$

$$V_{OC(4,125^\circ\text{C})}(V) = \frac{100 + 6,16}{100} \cdot 45,75 = 48,57 \text{ V}$$

$$I_{SC(4,125^\circ\text{C})}(\%) = (0,0008558 \cdot (4,125 - 25)) \cdot 100 = -1,79 \%$$

$$I_{SC(4,125^\circ\text{C})}(A) = \frac{100 - 1,79}{100} \cdot 9,3 = 9,13 \text{ A}$$

$$W_{p(4,125^\circ\text{C})}(\%) = (-0,0038001 \cdot (4,125 - 25)) \cdot 100 = 7,93 \%$$

$$W_{p(4,125^{\circ}\text{C})}(W) = \frac{100 + 7,93}{100} \cdot 330 = 356,17 W$$

Estos resultados se deben tener en consideración en el dimensionado de la instalación fotovoltaica, en especial en los cálculos del número de paneles fotovoltaicos necesarios y del regulador.

## 2. CÁLCULO DE LA DISTANCIA MÍNIMA ENTRE FILAS DE PANELES

La distancia mínima entre filas de paneles que asegura un mínimo de 4 horas de sol en el solsticio de invierno viene dada por la siguiente fórmula en que  $d$  es la distancia entre filas de paneles,  $h$  la distancia entre el punto más alto del panel y el suelo y latitud es la misma del punto geográfico de la instalación fotovoltaica:

$$d = \frac{h}{\tan(61^{\circ} - \text{latitud})} \quad [38]$$

La altura  $h$  se calcula como la longitud del panel por el seno del ángulo de inclinación, en este caso  $60^{\circ}$ . Existen dos posibilidades de colocar los paneles solares: levantarlos por la arista de 1,956 m o bien levantarlos por la arista de 0,992 m. Si los módulos se colocan de manera que queden levantados por la parte más larga, la altura  $h$  y la distancia  $d$  quedarían como:

$$h = 1,956 \cdot \sin(60) = 1,69 \text{ m}$$

$$d = \frac{1,69}{\tan(61^{\circ} - 39,43^{\circ})} = 4,28 \text{ m}$$

En caso contrario, si los módulos se instalan de manera que queden levantados por la arista más corta, 0,992 m, la altura  $h$  y la distancia  $d$  quedarían como:

$$h = 0,992 \cdot \sin(60) = 0,86 \text{ m}$$

$$d = \frac{0,86}{\tan(61^{\circ} - 39,43^{\circ})} = 2,15 \text{ m}$$

Por otro lado, también debe tenerse en cuenta la distancia que ocupa el panel solar en el plano horizontal, ya que ésta ocupa parte de la longitud disponible. Se calculará esta distancia  $d1$  como como la longitud  $a$  del panel por el coseno del ángulo de inclinación:

$$d1 = a \cdot \cos\alpha \quad [39]$$

Dando como resultado para la longitud más larga, 1,956 m:

$$d1 = 1,956 \cdot \cos(60) = 0,978 \text{ m}$$

Y para la longitud más corta, 0,992 m:

$$d1 = 0,992 \cdot \cos(60) = 0,496 \text{ m}$$

### 3. NÚMERO DE PANELES FOTOVOLTAICOS NECESARIOS

En este punto del anexo se calcula el número de paneles fotovoltaicos necesarios para cubrir la demanda energética de la instalación de alumbrado, según los datos y las consideraciones de la memoria en el apartado 6.2. *Potencia y Régimen de Funcionamiento Previsto*, cubriendo la demanda de 15,25 kWh y haciendo el cálculo para el mes más desfavorable, siendo Diciembre el mes con menos Horas Sol Pico tal como se puede ver en la *Tabla 10*.

Primero, se procede al cálculo de la potencia pico necesaria en paneles. La potencia mínima necesaria  $P_{mp,min}$  se calculará como:

$$P_{mp,min} = \frac{E_D \cdot G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot PR} \quad [40]$$

Siendo  $E_D$  el consumo a cubrir,  $G_{CEM}$  la irradiancia estándar de 1 kW/m<sup>2</sup>,  $G_{dm}(\alpha, \beta)$  el valor de la irradiación diaria sobre el generador fotovoltaico en unidades de kWh/(m<sup>2</sup>·día) y PR el rendimiento energético calculado en el apartado 6.3.2. *Rendimiento Energético de la Instalación*, en la memoria. El valor de  $G_{dm}(\alpha, \beta)$  se corresponde al valor  $G_{dm}(\alpha=0^\circ, \beta=60^\circ)$  de la *Tabla 10* para el mes de Diciembre, siendo 131,13 kWh/(m<sup>2</sup>·mes). Por tanto los cálculos quedarían como:

$$P_{mp,min} = \frac{(15,25 \cdot 31) \frac{kWh}{mes} \cdot 1 \frac{kW}{m^2}}{131,13 \frac{kWh}{m^2 \cdot mes} \cdot 0,792} = 4,552 \text{ kWp} = 4552 \text{ Wp}$$



#### 4. CÁLCULO DE LA GARGA DE VIENTO SOBRE EL PANEL FOTOVOLTAICO

La carga del viento sobre el panel fotovoltaico produce una fuerza sobre éste, la cual debe soportar la estructura. El viento considerado para el cálculo es de 120 km/h. Se calculará la fuerza que provoca el viento sobre la superficie de panel incidente, así como se muestra en la *Figura 20*.

La superficie en la que incide el viento se calcula como la superficie del panel multiplicado por el seno del ángulo de inclinación:

$$S_{inc} = S_{PANEL} \cdot \sin \beta = (1,956 \cdot 0,992) \cdot \sin(60^\circ) = 1,68 \text{ m}^2$$

La presión del viento  $P$  se calcula como el cuadrado de la velocidad del viento en m/s multiplicado por la densidad del aire  $\delta$  y dividido por 2. La densidad del aire puede adoptarse el valor de 1,25 kg/m<sup>3</sup>, mientras que 120 km/h son 33,33 m/s. Por tanto, la presión del viento sobre el panel quedaría como:

$$P = 0,5 \cdot \delta \cdot v^2 = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 33,33^2 = 694,3 \text{ N/m}^2$$

Pasando de Pascales (N/m<sup>2</sup>) a Kilogramos-fuerza, la presión del viento sobre el panel quedaría como:

$$P = 694,3 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \frac{1 \text{ kgf}}{9,8 \text{ N}} = 70,85 \text{ kgf/m}^2$$

La fuerza  $F$  sería el producto de la presión por la superficie perpendicular al viento:

$$F = S_{inc} \cdot P = 1,68 \text{ m}^2 \cdot 70,85 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} = 119 \text{ kgf}$$

Por último, la fuerza  $F$  debe descomponerse en los vectores  $F_1$  y  $F_2$ . La fuerza  $F_1$  no afecta al panel ya que su dirección es paralela al mismo y cae directamente sobre el tejado del edificio. No obstante, la fuerza  $F_2$  va en dirección perpendicular al panel, por lo que actúa directamente sobre el módulo.

$$F_1 = F \cdot \cos \beta = 119 \text{ kgf} \cdot \cos(60^\circ) = 59,5 \text{ kgf}$$

$$F_2 = F \cdot \sin \beta = 119 \text{ kgf} \cdot \sin(60^\circ) = 103 \text{ kgf}$$

Consecuentemente, la estructura de cada módulo fotovoltaico debe soportar una carga de 103 kgf.

## 5. CÁLCULO DEL ACUMULADOR

Para el cálculo de la capacidad del acumulador es necesario realizar previamente el cálculo de los amperios hora diarios requeridos por la instalación de alumbrado. Conociendo que se necesitan 15,25 kWh/día y que la tensión de las baterías e inversor es de 48 V:

$$L_D(Ah/día) = \frac{E_D(Wh/día)}{V_{nom}(V)} = \frac{15.246}{48} = 317,63 Ah/día$$

Por tanto la capacidad de la batería quedaría como:

$$C_{24} = \frac{A \cdot L_D}{PD_{máx} \cdot \eta_{inv} \cdot \eta_{reg}} = \frac{1 \cdot 317,63}{0,6 \cdot 0,95 \cdot 0,99} = 562,87Ah$$

## 6. CÁLCULO SECCIÓN DE CONDUCTORES

En este punto del anexo se detallarán los cálculos de los criterios térmico y caída de tensión para tres secciones de conductores del presente proyecto: la línea L0.2, el conductor del vestíbulo i el conductor de alumbrado de andén A1.1.

El conductor L0.2 se trata de un cable por el cual circula corriente continua. El procedimiento del cálculo serviría también para la resta de conductores de corriente continua de la instalación fotovoltaica L0.1, L0.3 y L0.4.

En la parte de alumbrado se puede diferenciar entre el cableado en los andenes y el de vestíbulo. Los circuitos en los andenes son parecidos, con el mismo método de instalación, por tanto el dimensionamiento de una línea, A1.1 en este caso, sería similar a las otras tres A1.2, A2.1 y A2.2.

Por tanto, va a describirse el procedimiento de cálculo para las líneas L0.2, A1.1 y alumbrado de vestíbulo y así, quedarían descritos los cálculos para los circuitos restantes.

### 6.1. Sección del Conductor de L0.2

El conductor L0.2 va desde la caja de protección solar en el exterior hasta el regulador, dentro del edificio. Tiene 2 métodos de instalación y se procederá al cálculo de ambos para ver qué sección es la más desfavorable.

Desde la caja de protección exterior, el conductor baja por la pared de la cafetería 5,3 metros dentro de un canal, siguiendo el método de instalación B1. A continuación, el conductor enterrado bajo tubo a una distancia de 0,7 metros, recorre 13,2 metros hasta llegar al punto de entrada al edificio, siguiendo el método de instalación D.

### 6.1.1. Criterio Térmico del Conductor L0.2

Siguiendo el procedimiento descrito en el apartado 7.1.4. *Dimensionado por Criterio Térmico*, en la memoria, el 125% de la corriente demanda por el conductor, tal como se indica en la instrucción ITC-BT-40, sería de:

$$I_{B0.2} = n_{paralelo} \cdot I_{scmax} \cdot 1,25 = 4 \cdot 9,62 \cdot 1,25 = 48,1 \text{ A}$$

Para ambos métodos de instalación, el factor de corrección por agrupamiento de circuitos  $K_A$  sería igual a 1 por no haber más circuitos. Si se considera una temperatura ambiente de 40°C, el factor de corrección por temperatura  $K_T$  es igual a 0,91 según la tabla 52-E1 de la norma UNE 20460-5-523. Por último, el terreno es arena seca y su resistividad térmica es de 172°C·cm/W y según la tabla 52-D3, el factor de corrección  $K_R$  es de 1,078 y finalmente se considera una temperatura de terreno de 30°C, por lo que  $K_T$  sería de 0,93 según la tabla 52-D2.

Por tanto el factor de corrección  $K$  para cada caso quedaría como:

$$K_{B1} = K_T \cdot K_A = 0,91 \cdot 1 = 0,91$$

$$K_D = K_T \cdot K_A \cdot K_R = 0,93 \cdot 1 \cdot 1,078 = 1$$

Por lo que la corriente  $I_1$  para cada caso quedaría como:

$$I_{1,B1} = \frac{I_{0.2}}{K_{B1}} = \frac{48,1}{0,91} = 52,86$$

$$I_{1,D} = \frac{I_{0.2}}{K_D} = \frac{48,1}{1} = 48,1$$

A continuación, en la tabla A52-1 se busca la sección para la intensidad  $I_{1,B1}$  en las columna 10, obteniendo como resultado una sección de 6 mm<sup>2</sup>. En la parte en la que el conductor está enterrado, según la tabla A52-2, la sección mínima debe ser de 6 mm<sup>2</sup> para el método de instalación D.

$$I_{Z,B1} = I_{T,B1} \cdot K_{B1} = 54 \cdot 0,91 = 49,14 \text{ A} , \text{ con } S_{B1} = 6 \text{ mm}^2$$

$$I_{Z,D} = I_{T,D} \cdot K_D = 56 \cdot 1 = 56 \text{ A} , \text{ con } S_D = 6 \text{ mm}^2$$

### 6.1.2. Criterio de Caída de Tensión del Conductor L0.2

Según la instrucción ITC-BT-40, la caída de tensión entre el generador y la instalación interior debe ser inferior a 1,5 %. Trasladándolo a este proyecto, significa que la caída de tensión por las líneas L0.2, L0.4 y L0.5, del cuadro general de protección solar en el exterior hasta el cuadro general de protección de alumbrado en el interior, debe ser inferior a 1,5 %.

Para empezar con el cálculo, se asigna una caída de tensión a cada línea proporcional a su longitud. Como la longitud de las líneas L0.2, L0.4 y L0.5 son de 20,8, 1,5 y 18,56 metros respectivamente, la caída de tensión por metro sería de:

$$\frac{1,5\%}{(20,8 + 1,5 + 18,56)m} = 0,0367 \%/m$$

Por tanto, la caída de tensión de diseño para la línea L0.2 sería:

$$0,0367\%/m \cdot 20,8m = 0,763 \%$$

A partir de la ecuación [22] del apartado 7.1.6. *Secciones de Diseño de los Conductores*, la sección mínima del conductor para no superar la caída de tensión de diseño quedaría como:

$$S > \frac{L \cdot \rho \cdot I}{V \cdot \varepsilon} \cdot 200 \quad [41]$$

En la que L es la longitud de la línea en metros,  $\rho$  es la resistividad térmica del material conductor, I es la corriente de demanda en amperios, V es la tensión y  $\varepsilon$  el valor porcentual de caída de tensión. En este caso, el material conductor es cobre y la temperatura normal de trabajo va a considerarse 90°C, que es la temperatura máxima de trabajo, por tanto, la resistividad  $\rho$  sería de  $0,02198 \Omega \cdot mm^2/m$ . Por tanto, para este caso:

$$S_2 > \frac{L \cdot \rho \cdot I}{V \cdot \varepsilon} \cdot 200 = \frac{20,8 \cdot 0,02198 \cdot 48,1}{194,28 \cdot 0,763} \cdot 200 = 29,67 mm^2$$

Como no existen cables normalizados con dicha sección, se escoge la sección de 35 mm<sup>2</sup>, por lo que se cumpliría con el criterio de caída de tensión y el criterio térmico. Con 35 mm<sup>2</sup> la caída de tensión en este tramo de cable sería de:

$$\varepsilon(\%) > \frac{L \cdot \rho \cdot I}{V \cdot S_2} \cdot 200 = \frac{20,8 \cdot 0,02198 \cdot 48,1}{194,28 \cdot 35} \cdot 200 = 0,647 \%$$

Y finalmente la I<sub>Z</sub> del conductor quedaría (utilizando el método de instalación más desfavorable según las tablas y factor de corrección) como:

$$I_{Z,0.2} = I_{T,D} \cdot K_{B1} = 158 \cdot 0,91 = 143,78 A$$

Los cálculos para las líneas L0.3, L0.4 y L0.5 se han realizado de la misma manera. No obstante, cabe destacar que la sección de la línea L0.5 se ha sobredimensionado a 16 mm<sup>2</sup> (siendo inicialmente de 6 mm<sup>2</sup>) para compensar la caída de tensión excesiva producida en la línea L0.4, cuya sección finalmente sería de 16 mm<sup>2</sup>.

## 6.2. Sección del Conductor de Alumbrado del Vestíbulo

El conductor de alumbrado del vestíbulo alimenta a 6 luminarias PHILIPS Pacific LED gen4 de 46,5 W cada uno, por lo que el conjunto de estas luminarias tiene una potencia de 279 W. Las luminarias están distribuidas en dos filas de tres, tal como se observa en el PLANO 4. CIRCUITO Y LUMINARIAS EN VESTÍBULO.

El método de instalación es B1, siendo un conductor aislado en tubo circulando por encima del falso techo y cuya longitud hasta la luminaria más alejada es de 16,5 metros desde el cuadro de protección de alumbrado en la sala contigua al vestíbulo.

Conociendo que el factor de potencia de las luminarias es de 0,98 se puede calcular la corriente demandada por la línea:

$$I_{B,vest.} = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi} = \frac{279}{220 \cdot 0,98} = 1,29 \text{ A}$$

Como observación, al tratarse de alumbrado LED, no existe el pico de corriente en el arranque de las luminarias, por lo que no se multiplica por el factor 1,8, así como se hace en lámparas halógenas.

### 6.2.1. Criterio Térmico del Conductor de Alumbrado del Vestíbulo

Siguiendo el procedimiento ya descrito, se considera una temperatura ambiente máxima de 40°C, mientras que solamente circula un cable, de tal forma que los factores de corrección quedarían, según la tabla 52-D1 para el de temperatura y 52-E1 para el de agrupamiento de la norma UNE 20460-5-523, como:

$$K_T = 0,91$$

$$K_A = 1$$

$$K_{VEST} = K_T \cdot K_A = 0,91 \cdot 1 = 0,91$$

Por lo que la corriente encontrada en la tabla A52-1 para el método de instalación B1 y cable XLPE2 (columna 10), debe ser mayor a I<sub>1</sub>:

$$I_1 = \frac{I_{B,vest.}}{K_{VEST}} = \frac{1,29}{0,91} = 1,36 \text{ A}$$

La primera sección encontrada en la tabla es de 1,5 mm<sup>2</sup>, no obstante se selecciona el cable de 2,5 mm<sup>2</sup> por más seguridad. Según la tabla, su intensidad I<sub>T</sub> es igual a 31 A, por lo que la intensidad admisible del cable, I<sub>Z</sub>, será de:

$$I_Z = I_T \cdot K_{VEST} = 31 \cdot 0,91 = 28,21 A$$

### 6.2.2. Criterio de Caída de Tensión del Conductor de Alumbrado del Vestíbulo

La caída de tensión máxima indicada por la instrucción ITC-BT-19 para instalaciones interiores o receptoras es del 3 % de su tensión nominal para circuitos de alumbrado. En este caso, se tienen líneas de sección uniforme con múltiples cargas (siendo 6 cargas de 46,5 W cada una). Relacionando la intensidad de cada carga con la fórmula [23] del apartado 7.1.5 *Dimensionado por Caída de Tensión*, en la memoria, la potencia y despreciando la reactancia por tener una sección pequeña, se llega a la siguiente expresión:

$$\varepsilon(\%) = \frac{200 \cdot \rho}{S \cdot U_n^2} \cdot \left( \sum_{i=1}^n L_{oi} \cdot P_i \right) \quad [42]$$

Siendo en este caso:

$$\varepsilon(\%) = \frac{200 \cdot 0,02198}{2,5 \cdot 220^2} \cdot [46,5 \cdot (6,7 + 10,1 + 13,5 + 9,7 + 13,1 + 16,5)] = 0,142 \%$$

Por tanto, se cumple con la caída de tensión indicada por la normativa por ser menor al 3 % indicado.

### 6.3. Sección del Conductor A.1.1

El conductor A.1.1 de alumbrado del andén pertenece al circuito 1 del andén de vía ascendente. Este circuito alimenta a 4 luminarias PHILIPS ClearWay Gen2, con 74 W de potencia cada una y con un factor de potencia de 0,98. Por lo que siguiendo el procedimiento descrito y teniendo en cuenta que es una lámpara LED y no se multiplica por 1,8 por el arranque de las luminarias, la corriente de demanda I<sub>B</sub> es de:

$$I_{B,A.1.1} = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi} = \frac{74 \cdot 4}{220 \cdot 0,98} = 1,37 A$$

La línea, cuando sale del cuadro de alumbrado hacia fuera del edificio hasta el suelo para ser enterrada, sigue el método de instalación B1 recorriendo la pared dentro de un tubo en una distancia de 2,5 metros. A continuación se entierra a una profundidad mínima de 0,45 m del pavimento como se indica en ITC-BT-21 y siguiendo la norma UNE-EN 50086 2-4, junto las otras 3 líneas de los andenes y recorre 5,8 metros hasta llegar al andén, siguiendo el método de instalación D.

Después, las líneas A.1.1 y A.1.2 se separan de las líneas A.2.1 y A.2.2, dirigiéndose hacia el andén ascendente, pasando 1,3 metros por debajo de las vías, tal como se indica en la instrucción ITC-BT-07 en el apartado 2.2.1, y recorriendo 7,2 metros. Por último los circuitos se desplazarán por el andén ascendente dentro de un tubo sobre la pared de la vía (método B1) hasta llegar a la altura de la luminaria, donde irá hasta a ella enterrado (método D).

Teniendo en cuenta la posición de las luminarias alimentadas, el circuito recorre una distancia máxima de 72,55 metros, aplicándose los métodos de instalación B1 y D.

### 6.3.1. Criterio Térmico del Conductor A1.1

Como la línea sigue dos métodos de instalación, se procederá al cálculo de ambos para obtener la sección de línea más desfavorable. No obstante, se tendrán en cuenta las condiciones en cada tramo.

El primer tramo se considerará el recorrido del conductor dentro del tubo, desde la salida del cuadro eléctrico hasta el suelo, siendo el método de instalación B1. Habrá un tubo por circuito y éste estará expuesto al sol a una temperatura máxima de 60°C, por lo que los factores de reducción quedan como:

$$K_{T(60^{\circ}C)} = 0,71$$

$$K_A = 1$$

$$K_1 = K_T \cdot K_A = 0,71 \cdot 1 = 0,71$$

El segundo tramo es el conductor enterrado, método D, desde el edificio hasta el andén descendente, habiendo 4 tubos de conductores juntos y considerando la temperatura del terreno de 30°C y siendo de arena seca, por lo que:

$$K_{T(30^{\circ}C)} = 0,93$$

$$K_A = 0,7$$

$$K_R = 1,078$$

$$K_2 = K_T \cdot K_A \cdot K_R = 0,93 \cdot 0,7 \cdot 1,078 = 0,7$$

El tercer tramo va desde el andén descendente al ascendente (teniendo en cuenta que ambos tubos sobre la pared del andén tendría el factor de corrección  $K_1$ ), por debajo de las vías y por tanto enterrado, método D a una temperatura de 55°C, sobre piedra granítica con resistividad de 3 K·m/W y junto otro tubo a distancia nula, por lo que los coeficientes de reducción quedarían como:

$$K_{T(55^{\circ}C)} = 0,71$$

$$K_A = 0,85$$

$$K_R = 0,96$$

$$K_3 = K_T \cdot K_A \cdot K_R = 0,71 \cdot 0,85 \cdot 0,96 = 0,58$$

Una vez ambos circuitos llegan al andén de vía ascendente, tendrán los mismos factores de corrección que en el andén de vía descendente. En el primer caso, la sección del cable se buscaría en la columna 10 de la tabla A52-1 y en los casos dos y tres, al ser enterrados, en la tabla A52-2:

$$I_1 = \frac{I_{B,A.1.1}}{K_1} = \frac{1,37}{0,71} = 1,93 A$$

$$I_2 = \frac{I_{B,A.1.1}}{K_2} = \frac{1,37}{0,7} = 1,96 A$$

$$I_3 = \frac{I_{B,A.1.1}}{K_3} = \frac{1,37}{0,58} = 2,36 A$$

Obteniendo una sección del conductor para cada caso de:

$$S_1 = 1,5 \text{ mm}^2, \quad \text{con } I_T = 23 A$$

$$S_2 = 1,5 \text{ mm}^2, \quad \text{con } I_T = 26 A$$

$$S_3 = 1,5 \text{ mm}^2, \quad \text{con } I_T = 26 A$$

No obstante, según las instrucciones ITC-BT-09, la sección mínima de los cables debe ser de 6 mm<sup>2</sup>, por lo que:

$$S_1 = 6 \text{ mm}^2, \quad \text{con } I_T = 54 A, \quad I_{Z1} = 38,34 A$$

$$S_2 = 6 \text{ mm}^2, \quad \text{con } I_T = 56 A, \quad I_{Z2} = 39,2 A$$

$$S_3 = 6 \text{ mm}^2, \quad \text{con } I_T = 56 A, \quad I_{Z3} = 32,48 A$$

Por lo que la corriente admisible  $I_Z$  más desfavorable es  $I_{Z3}$  con 32,48 amperios.

### 6.3.2. Criterio de Caída de Tensión del Conductor A1.1

Tal como se ha explicado en el punto 6.2.2 del presente anexo, la máxima caída de tensión es del 3 %. Esta línea tiene 4 luminarias de 74 W en distintos puntos y por tanto, en diferentes puntos, por lo que se utilizará el mismo procedimiento que en el punto 6.2.2 del presente anexo. El conductor tiene un recorrido desde el cuadro de alumbrado hasta cada luminaria de 71,5 metros, 48,55 metros, 25,45 metros y 47,55 metros, por lo que la caída de tensión quedaría como:

$$\varepsilon(\%) = \frac{200 \cdot 0,02198}{6 \cdot 220^2} \cdot [74 \cdot (71,5 + 48,55 + 25,45 + 47,55)] = 0,216 \%$$



Por lo tanto, se cumple con el criterio de caída de tensión.

## 7. CÁLCULO DE PROTECCIONES

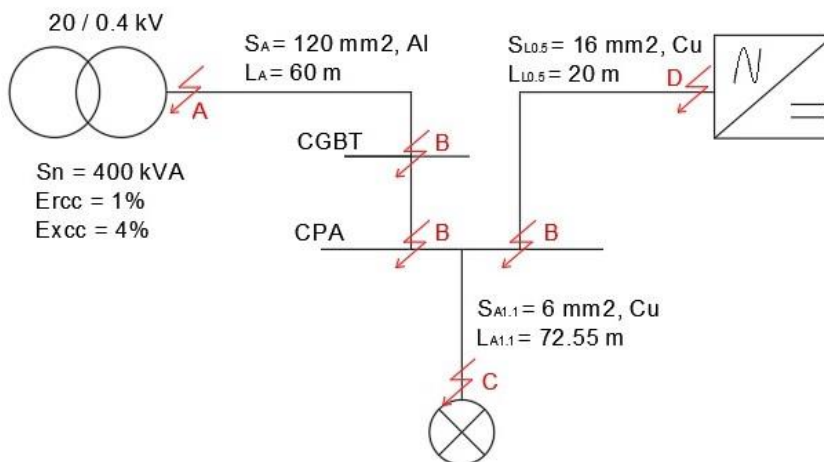
A continuación se procederá al cálculo de protecciones contra sobrentensidad y sobretensiones. La protección contra sobrentensidad se realizará mediante interruptores magnetotérmicos o fusibles, dependiendo de la línea a proteger, mientras que la protección frente a sobretensiones se realizará con un descargador de sobretensión. La normativa utilizada para el cálculo y elección de dispositivos es del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en sus instrucciones ITC-BT-22 y ITC-BT-23.

### 7.1. Cálculo de Cortocircuitos

Para seleccionar el dispositivo de protección contra sobrentensidad para cada línea es necesario conocer la corriente de cortocircuito máxima que puede producirse en dicha línea. La instalación proyectada cuenta con dos fuentes de energía o acometidas: la red eléctrica y la instalación fotovoltaica.

La corriente de cortocircuito proveniente de la instalación fotovoltaica se originaría aguas abajo del inversor. No obstante, según la ficha del inversor, éste está protegido contra los cortocircuitos en su salida y además, si se origina un cortocircuito en su salida, limita dichas corrientes y deja de funcionar. En consecuencia, se procederá al cálculo de las corrientes de cortocircuito provenientes de la acometida de la red eléctrica.

Para el procedimiento del cálculo se considera una red de media tensión con potencia infinita y que el transformador de 20/0,4 kV cuenta con una potencia  $S_n$  de 400 kVA y unas componentes resistiva e inductiva de la caída de tensión en cortocircuito de 1% y 4% respectivamente, siendo valores típicos en transformadores de pequeña potencia.



Se calculará la corriente de cortocircuito de los puntos A, B, C y D de la imagen. El cortocircuito en el punto A es el que se produce en los bornes del secundario del transformador y la línea  $L_A$  es la acometida monofásica desde el mismo hasta el CGBT de la estación con longitud estimada de 60 metros y conductor de aluminio y de sección  $120 \text{ mm}^2$ .

El cortocircuito en B es el que se produciría en el CGBT y el Cuadro de Protección de Alumbrado. La corriente de cortocircuito tendría el mismo valor en ambos cuadros por estar uno al lado del otro.

El cortocircuito en el punto C es el que se produciría al final de los circuitos de alumbrado, por lo que sería la intensidad de cortocircuito mínima con la que los dispositivos de protección deben actuar. Se procederá al cálculo de la línea A1.1 como ejemplo, siendo el mismo procedimiento de cálculo para las otras líneas de alumbrado.

Por último, aunque la línea L0.5 esté protegida por el inversor frente a los cortocircuitos que pudieran originarse desde éste, se estudiará la posibilidad de que la línea L0.5 entre en contacto con la red eléctrica en el conmutador de líneas eléctricas en el CPA y se origine cortocircuito en la salida del inversor (punto D).

La impedancia de cortocircuito en el transformador se calcula como:

$$R_{CC} = \frac{\varepsilon_{Rcc}(\%)}{100} \cdot \frac{U_{nT}^2}{S_{nT}} \quad (m\Omega) \quad [43]$$

$$X_{CC} = \frac{\varepsilon_{Xcc}(\%)}{100} \cdot \frac{U_{nT}^2}{S_{nT}} \quad (m\Omega) \quad [43]$$

$$Z_{CC} = \sqrt{R_{CC}^2 + X_{CC}^2} \quad (m\Omega) \quad [43]$$

En la que  $R_{CC}$ ,  $X_{CC}$  y  $Z_{CC}$  son la resistencia, reactancia e impedancia de defecto. En este caso quedarían como:

$$R_{CC} = \frac{1}{100} \cdot \frac{400^2}{400} = 4 \text{ m}\Omega$$

$$X_{CC} = \frac{4}{100} \cdot \frac{400^2}{400} = 16 \text{ m}\Omega$$

$$Z_{CC} = \sqrt{4^2 + 16^2} = 16,5 \text{ m}\Omega$$

Por lo que la corriente de cortocircuito  $I''_{K,A}$  en el punto A quedaría como:

$$I''_{K,A} = \frac{U_{nT}}{Z_{CC}} = \frac{400}{16,5} = 24,24 \text{ kA}$$

No obstante, la línea  $L_A$  ya está protegida y queda fuera del alcance de este proyecto.

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en los puntos B, C y D se necesita conocer el valor de la impedancia (resistencia y reactancia) de cada línea, cuyos valores vienen dados por las siguientes fórmulas:

$$R_i = \frac{1.000 \cdot \rho \cdot l_i}{n_i \cdot s_i} \text{ (m}\Omega\text{)} \quad [44]$$

$$X_i = \frac{x_i \cdot l_i}{1.000} \text{ (m}\Omega\text{)} \quad [44]$$

Donde  $l_i$  es la longitud de la línea,  $n_i$  el número de conductores en paralelo,  $s_i$  la sección del conductor,  $\rho$  la resistividad del conductor a temperatura de 20°C y  $x_i$  es la reactancia por kilómetro de la línea, de 80 mΩ/km. Así pues, los valores de resistencia y reactancia de cada línea quedarían como:

$$R_{LA} = \frac{1.000 \cdot 0,02826 \cdot 60}{1 \cdot 120} = 14,13 \text{ m}\Omega$$

$$X_{LA} = \frac{80 \cdot 60}{1.000} = 4,8 \text{ m}\Omega$$

$$R_{A1.1} = \frac{1.000 \cdot 0,01724 \cdot 72,55}{1 \cdot 6} = 208,46 \text{ m}\Omega$$

$$R_{L0.5} = \frac{1.000 \cdot 0,01724 \cdot 18,56}{1 \cdot 16} = 20 \text{ m}\Omega$$

Las reactancias en la línea L0.5 y las de alumbrado son muy pequeñas en comparación a sus resistencias, por lo que no se tiene en cuenta en el procedimiento del cálculo.

Por último, las impedancias de cortocircuito  $Z_{CC,i}$  las corrientes de cortocircuito  $I''_{K,i}$  de cada punto quedarían como:

$$Z_{CC,B} = \sqrt{(4 + 14,13)^2 + (16 + 4,8)^2} = 27,6 \text{ m}\Omega$$

$$I''_{K,B} = \frac{230}{27,6} = 8,33 \text{ kA}$$

$$Z_{CC,C} = \sqrt{(4 + 14,13 + 208,46)^2 + (16 + 4,8)^2} = 227,54 \text{ m}\Omega$$

$$I''_{K,C} = \frac{230}{227,54} = 1,01 \text{ kA}$$

$$Z_{CC,D} = \sqrt{(4 + 14,13 + 20)^2 + (16 + 4,8)^2} = 43,43 \text{ m}\Omega$$

$$I''_{K,D} = \frac{230}{43,43} = 5,3 \text{ kA}$$

## 7.2. Dispositivos de Protección Contra Sobreintensidades

Una vez calculados los cortocircuitos y conociendo las características de los conductores y su intensidad de diseño, deben seleccionarse los dispositivos de protección contra sobreintensidades. Se seleccionarán los elementos de protección de la línea L0.1 por ser un fusible, del circuito de alumbrado A1.1 (PIA) y el interruptor automático de entrada al cuadro general de protección.

De este modo, se realizaría la selección de dispositivos para tres situaciones distintas y servirían de ejemplo para todas las líneas de la instalación.

### 7.2.1. Selección de Fusible para la Línea L0.1

Así como se ha explicado en el apartado 7.2.5.1. *Sobrecargas*, un dispositivo protege frente a estas si se cumplen las condiciones [30] y [31]. Por lo que, particularizándolo a esta línea, quedaría de la siguiente manera:

$$12,03 \leq I_n \leq 26,09$$

$$1,6 \cdot I_n \leq 1,45 \cdot 26,09 \rightarrow I_n \leq 23,64 \text{ A}$$

Por lo que se elige un fusible con intensidad nominal de 16 A. Por otro lado, no es necesario proteger frente a cortocircuitos en este caso ya que se han realizado los cálculos con la corriente de cortocircuito del grupo fotovoltaico y no podría suministrar una corriente mayor.

### 7.2.2. Selección de PIA para la Línea A.1.1

La línea A.1.1 tiene una intensidad de diseño  $I_B$  de 1,37 amperios, con una sección del conductor de  $6 \text{ mm}^2$  y una intensidad admisible  $I_Z$  de 32,48 amperios. Para la protección de esta línea se elige la familia de interruptores automáticos Acti9 del fabricante SCHNEIDER. Siguiendo las condiciones de protección frente a sobrecargas, se obtiene que:

$$1,37 \leq I_n \leq 32,48$$

$$1,45 I_n \leq 1,45 I_Z$$

Por lo que la segunda condición cumple siempre y cuando cumpla la primera condición. Puesto que en la primera condición hay un margen amplio de intensidades nominales posibles, se elige un PIA con intensidad nominal de 6 A, cercano a la intensidad de diseño. De este modo se protegen las luminarias frente a corrientes demasiado elevadas y se da margen para una ampliación de potencia en la línea.

Para que un interruptor automático proteja frente a cortocircuitos, se deben cumplir las siguientes condiciones:

- a) Poder de corte  $> I_{cc,max}$
- b)  $I_{cc,min} > I_a$
- c)  $I_{cc,max} < I_b$

Donde  $I_a$  es la intensidad de actuación del disparador electromagnético y puesto que  $I_b$  es la intensidad correspondiente a  $(I^2t)_{adm}$  del conductor, la tercera condición se traduce en que  $(I^2t)_{Disp} \leq (I^2t)_{adm}$ .

El poder de corte debe ser mayor a la corriente de cortocircuito máxima que puede producirse en el cuadro de protección de alumbrado, siendo de 8,3 kA según los cálculos realizados en el punto 7.1 del presente anexo. Además, el dispositivo debería actuar rápidamente si se produce la corriente de cortocircuito mínima de 1,01 kA. Puesto que el PIA es de tipo C,  $I_a$  es igual a  $10 \cdot I_n$ , siendo 60 A y cumpliría con la segunda condición.

Por último, según las especificaciones técnicas del interruptor magnetotérmico elegido, este dispositivo limita la energía disipada hasta 10 kA<sup>2</sup>s, por lo que debe ser menor a la admisible por el conductor.

$$(I^2t)_{adm} = (K \cdot S)^2 = (143 \cdot 6)^2 = 736.164 A^2s = 736,2 kA^2s$$

Por lo que se cumplirían con las condiciones y el interruptor automático elegido sería el especificado: SCHNEIDER Acti9 iC60N, tipo C, 6 A, y poder de corte de 20 kA:

- a) 20 kA  $>$  8,3 kA
- b) 1,01 kA  $>$  60 A
- c) 10 kA<sup>2</sup>s  $<$  736,2 kA<sup>2</sup>s

### 7.2.3. Selección de PIA para Cuadro General de Protección

En este apartado se procederá al diseño del interruptor automático de entrada al cuadro de protección general. Puesto que esta protección ya existe, debe asegurarse que cumple con las condiciones de protección frente a sobrecargas.

Como se muestra en el PLANO 6. DIAGRAMA UNIFILAR DEL CUADRO GENERAL DE PROTECCIÓN DE LA ESTACIÓN, se alimentan las cargas de la línea L1.1 hasta la línea L1.8 y debe tenerse en cuenta las cargas que se alimenta. Una vez medidas las cargas en la misma estación, con el analizador de redes portátil trifásico AR5 Circutor (AR5-L), la corriente de demanda es de 29,76 A.

Puesto que el interruptor automático actual es de 32 A de intensidad nominal y este valor es demasiado cercano a la corriente de diseño (teniendo una  $I_z$  mayor), se decide aumentar su intensidad nominal a 40 A con la misma familia de dispositivos del caso anterior (SCHNEIDER Acti9 iC60N).

Puesto que se alimenta de la acometida de la red eléctrica, las condiciones de protección frente a cortocircuitos quedan de la siguiente manera:

- a) Poder de corte  $> 8,3 \text{ kA}$
- b)  $1,01 \text{ kA} > I_a$
- c)  $(I^2t)_{\text{Disp}} < 736,2 \text{ kA}^2\text{s}$

El poder de corte de esta familia de interruptores automáticos es de 20 kA, cumpliendo la primera condición. Respecto a la tercera condición, si se observa la gráfica de energía limitada que proporciona SCHNEIDER, ésta es de  $50 \text{ kA}^2\text{s}$ , por lo que se cumple la tercera condición.

En cuanto a la segunda condición, si el dispositivo es de tipo C como el caso anterior,  $I_a$  sería de 400 A y cumple con la condición. No obstante, como existen más circuitos en la instalación y no se conoce su corriente de cortocircuito mínima, se decide que el PIA sea de curva B por motivos de seguridad, por lo que  $I_a$  quedaría como 200 A.

**ANEXO 2 – ESTUDIO**  
**LUMINOTÉCNICO**



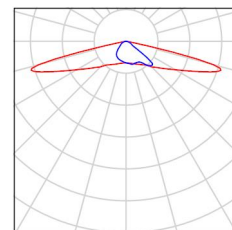




Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

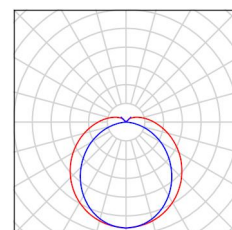
## ANDÉN PICANYA / Lista de luminarias

- 16 Pieza PHILIPS BGP307 T25 1 xLED120-4S/740 DM50  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 10200 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 12000 lm  
Potencia de las luminarias: 74.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 28 63 95 100 85  
Lámpara: 1 x LED120-4S/740 (Factor de corrección 1.000).



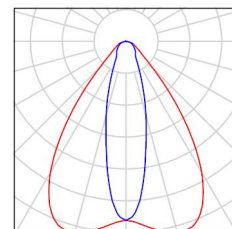
- 2 Pieza PHILIPS BN124C L600 1 xLED21S/840  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 2100 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 2100 lm  
Potencia de las luminarias: 19.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 91  
Código CIE Flux: 42 71 89 91 100  
Lámpara: 1 x LED21S/840 (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



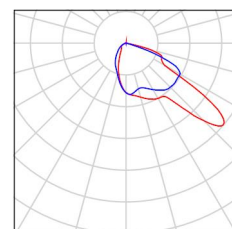
- 1 Pieza PHILIPS BVP650 T25 1 xLED80-4S/740 S  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 7200 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 8000 lm  
Potencia de las luminarias: 47.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 76 92 99 100 90  
Lámpara: 1 x LED80-4S/740 (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

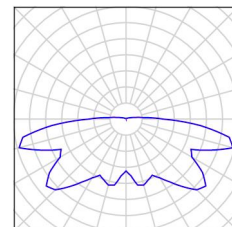


- 1 Pieza SIMON TRFDEM S ISTANIUM 36LED GTF TRF\_NDL\_73W 700mA IA5  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 9200 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 9200 lm  
Potencia de las luminarias: 73.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 99  
Código CIE Flux: 40 81 98 99 100  
Lámpara: 1 x IW5584 (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



- 15 Pieza SIMON LIGHTING BR7MP 1xSE100 E40 TR PPS  
N° de artículo: BR7MP  
Flujo luminoso (Luminaria): 6644 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 9500 lm  
Potencia de las luminarias: 100.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 94  
Código CIE Flux: 21 50 76 94 70  
Lámpara: 1 x Vsap-100W/E E-40 (Factor de corrección 1.000).

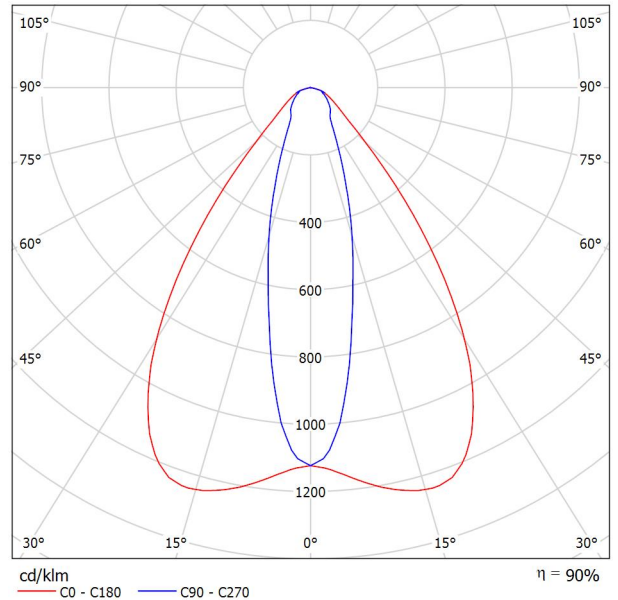


Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**PHILIPS BVP650 T25 1 xLED80-4S/740 S / Hoja de datos de luminarias**

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

**Emisión de luz 1:**



Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 76 92 99 100 90

ClearFlood: proyector LED para iluminación deportiva y de áreas ClearFlood es una gama de proyectores que permite elegir con exactitud el número de lúmenes requeridos para cada aplicación. En su diseño se utilizan LED de última generación y sistemas ópticos de eficiencia muy elevada. Es una solución muy competitiva que ofrece una excelente relación lúmen/precio. Las distintas ópticas disponibles en ClearFlood abren nuevas posibilidades en el uso de proyectores LED. ClearFlood es fácil de instalar y puede reemplazar puntos de luz convencionales, ya que se usan los mismos postes e instalación eléctrica. También es muy sencillo seleccionar la potencia lumínica necesaria.

**Emisión de luz 1:**

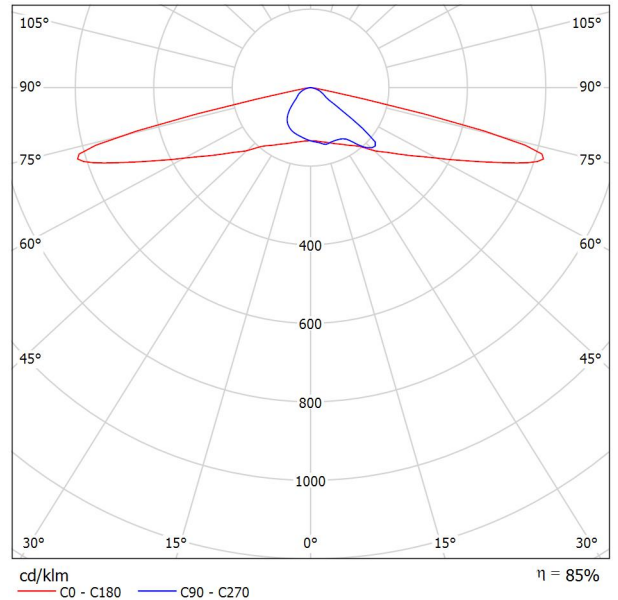
Valoración de deslumbramiento según UGR											
	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Techo											
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	18.3	19.2	18.6	19.4	19.7	16.5	17.5	16.8	17.7	17.9
	3H	20.0	20.9	20.3	21.1	21.3	18.5	19.4	18.8	19.6	19.9
	4H	20.7	21.5	21.0	21.7	22.0	19.5	20.3	19.9	20.6	20.9
	6H	21.0	21.7	21.3	22.0	22.3	19.7	20.4	20.0	20.7	21.0
	8H	21.0	21.7	21.3	22.0	22.3	19.7	20.4	20.0	20.7	21.0
4H	12H	20.9	21.6	21.3	21.9	22.2	19.6	20.3	20.0	20.6	20.9
	2H	18.6	19.4	18.9	19.7	20.0	17.2	18.0	17.5	18.2	18.5
	3H	20.5	21.2	20.9	21.5	21.8	19.3	20.0	19.7	20.3	20.6
	4H	21.3	21.9	21.7	22.2	22.6	20.4	21.0	20.8	21.4	21.7
	6H	21.8	22.3	22.2	22.6	23.0	20.7	21.2	21.1	21.5	21.9
8H	12H	21.8	22.3	22.2	22.6	23.0	20.7	21.1	21.1	21.5	21.9
	2H	21.8	22.2	22.2	22.6	23.0	20.6	21.0	21.1	21.5	21.9
	4H	21.4	21.9	21.8	22.3	22.7	20.6	21.1	21.0	21.5	21.9
	6H	22.0	22.3	22.4	22.7	23.2	20.9	21.3	21.4	21.7	22.1
	8H	22.0	22.4	22.5	22.8	23.3	20.9	21.2	21.4	21.7	22.2
12H	12H	22.0	22.3	22.5	22.7	23.2	20.9	21.2	21.4	21.6	22.1
	4H	21.4	21.8	21.8	22.2	22.6	20.6	21.0	21.1	21.4	21.9
	6H	22.0	22.3	22.4	22.7	23.2	20.9	21.2	21.4	21.7	22.1
8H	22.0	22.3	22.5	22.8	23.3	20.9	21.2	21.4	21.7	22.2	
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H	+2.2 / -0.9					+0.2 / -0.2					
S = 1.5H	+4.0 / -1.3					+0.4 / -0.5					
S = 2.0H	+5.7 / -1.8					+0.7 / -1.3					
Tabla estándar	BK03					BK05					
Sumando de corrección	-2.3					-3.8					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 8000lm Flujo luminoso total											



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**PHILIPS BGP307 T25 1 xLED120-4S/740 DM50 / Hoja de datos de luminarias**

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 28 63 95 100 85

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

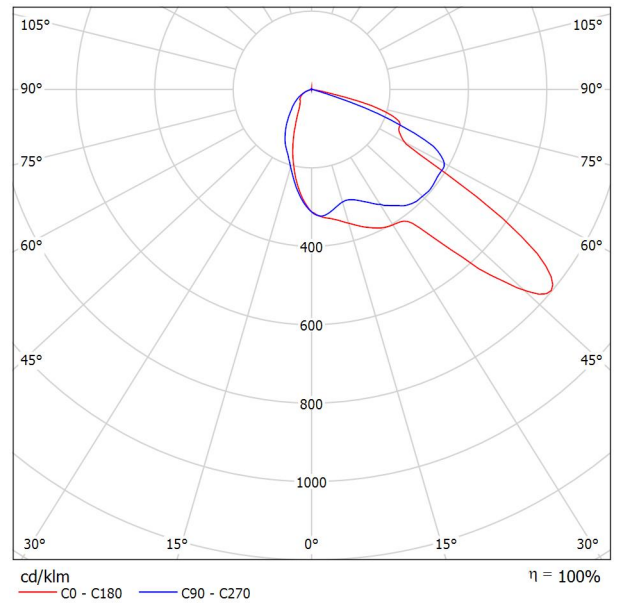


Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## SIMON TRFDEM S ISTANIUM 36LED GTF TRF\_ NDL \_73W 700mA IA5 / Hoja de datos de luminarias

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 99  
Código CIE Flux: 40 81 98 99 100

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

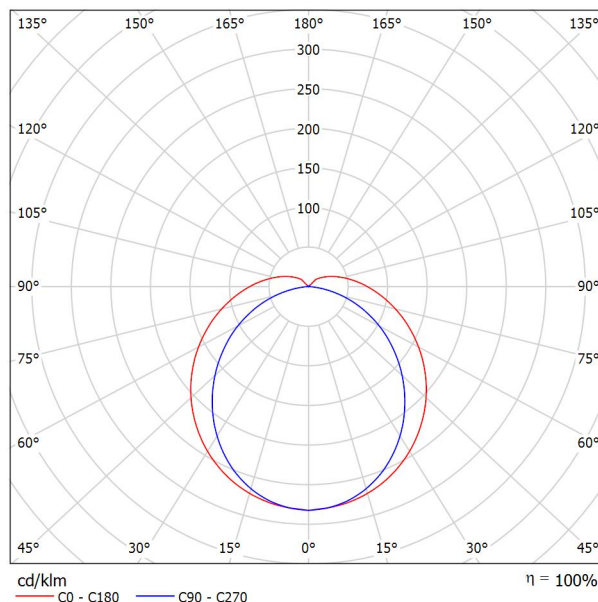


Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## PHILIPS BN124C L600 1 xLED21S/840 / Hoja de datos de luminarias

### Emisión de luz 1:

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



Clasificación luminarias según CIE: 91  
Código CIE Flux: 42 71 89 91 100

### Emisión de luz 1:

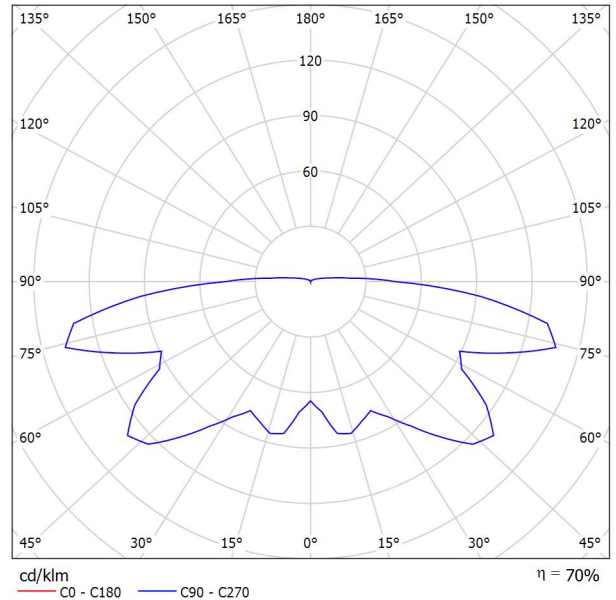
Valoración de deslumbramiento según UGR												
		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
p Techo												
p Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
p Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local	X	Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
2H	2H	2H	20.0	21.3	20.4	21.7	22.1	19.1	20.4	19.5	20.8	21.2
	3H	3H	22.1	23.3	22.6	23.7	24.2	20.7	21.8	21.1	22.3	22.7
	4H	4H	23.0	24.1	23.5	24.6	25.1	21.2	22.3	21.7	22.7	23.2
	6H	6H	23.9	24.9	24.4	25.4	25.9	21.5	22.5	22.0	23.0	23.5
	8H	8H	24.3	25.3	24.8	25.8	26.3	21.6	22.6	22.1	23.0	23.6
12H	12H	24.7	25.6	25.2	26.1	26.7	21.6	22.5	22.1	23.0	23.6	
4H	2H	2H	20.4	21.6	20.9	22.0	22.5	19.7	20.8	20.2	21.3	21.8
	3H	3H	22.8	23.7	23.3	24.2	24.8	21.5	22.5	22.1	23.0	23.5
	4H	4H	23.9	24.8	24.5	25.3	25.9	22.2	23.1	22.8	23.6	24.2
	6H	6H	25.0	25.7	25.5	26.3	26.9	22.7	23.4	23.2	24.0	24.6
	8H	8H	25.5	26.2	26.1	26.7	27.4	22.8	23.5	23.4	24.0	24.7
12H	12H	26.0	26.6	26.6	27.2	27.8	22.8	23.5	23.4	24.1	24.7	
8H	4H	4H	24.2	24.9	24.8	25.4	26.1	22.7	23.4	23.3	24.0	24.6
	6H	6H	25.5	26.1	26.1	26.6	27.3	23.4	24.0	24.0	24.6	25.2
	8H	8H	26.1	26.6	26.7	27.2	27.9	23.6	24.2	24.3	24.8	25.4
	12H	12H	26.8	27.2	27.4	27.9	28.5	23.8	24.2	24.4	24.9	25.6
12H	4H	4H	24.2	24.8	24.8	25.4	26.0	22.8	23.5	23.4	24.1	24.7
	6H	6H	25.5	26.1	26.2	26.7	27.3	23.6	24.1	24.2	24.7	25.4
	8H	8H	26.3	26.7	26.9	27.3	28.0	23.9	24.4	24.6	25.0	25.7
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias												
S = 1,0H		+0.1 / -0.1					+0.1 / -0.1					
S = 1,5H		+0.2 / -0.3					+0.2 / -0.3					
S = 2,0H		+0.3 / -0.5					+0.4 / -0.6					
Tabla estándar		BK08					BK06					
Sumando de corrección		7.2					4.4					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 2100lm Flujo luminoso total												



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## SIMON LIGHTING BR7MP 1xSE100 E40 TR PPS / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 94  
Código CIE Flux: 21 50 76 94 70

BR de SIMON LIGHTING, luminaria urbano decorativa de diseño contemporáneo eficientemente energética y reducida contaminación lumínica.

IP55  
IK04 (PMMA)  
IK07 (PC)

#### Materiales

- Base: fundición inyectada de aluminio.
- Reflector: aluminio anodizado.
- Difusor: policarbonato prismatizado (PC) o metacrilato prismatizado (PMMA).

#### Acabado

Difusor transparente.  
Base: negro RAL 9005  
Otros colores consultar cantidad y precio.

#### Reflector:

BR7 / BR8 / BR9: FHS E3

#### Lámparas

- Vsap ovoide (50W a 250W).
  - Vmh ovoide (50W a 250W).
  - Vm ovoide (80W a 250W).
- Utilizar lámparas Vsap de 70W sin arrancador incorporado.  
Portalámparas: E-27 y E-40.  
Se suministra sin lámparas.

#### Equipos

Equipos para lámparas Vsap, Vmh y Vm.

#### Instalación

- Columna Ø60mm con 70mm de longitud.

#### Certificaciones

Conforme norma EN-60598-1 & 2-3.

#### Observaciones

Reducción de la contaminación lumínica.

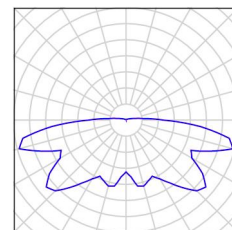
Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## SITUACIÓN ACTUAL / Lista de luminarias

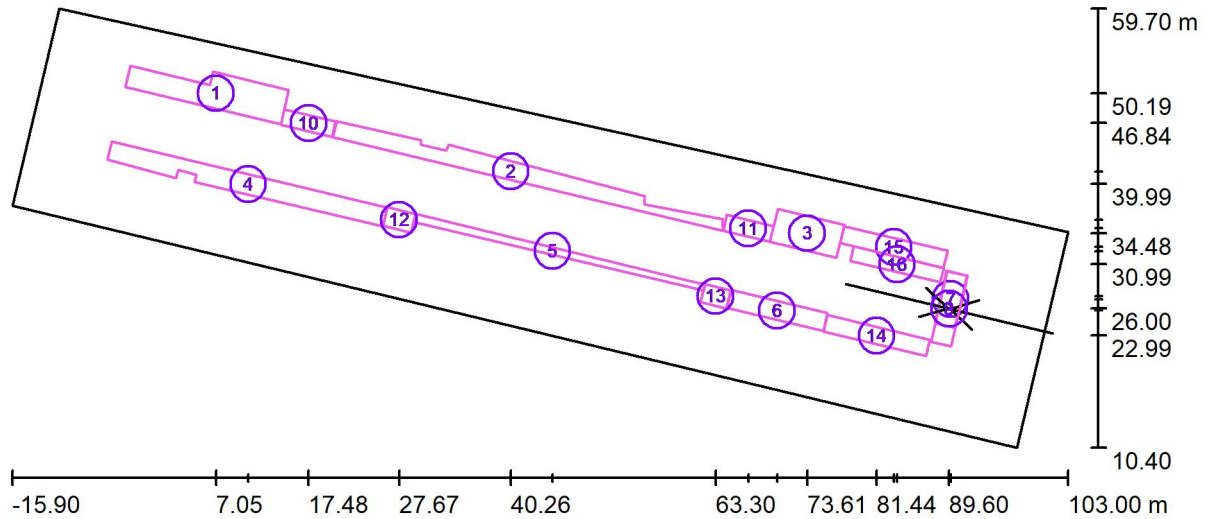
15 Pieza SIMON LIGHTING BR7MP 1xSE100 E40 TR  
PPS  
N° de artículo: BR7MP  
Flujo luminoso (Luminaria): 6644 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 9500 lm  
Potencia de las luminarias: 100.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 94  
Código CIE Flux: 21 50 76 94 70  
Lámpara: 1 x Vsap-100W/E E-40 (Factor de  
corrección 1.000).





Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SITUACIÓN ACTUAL / Superficie de cálculo (sumario de resultados)**



Escala 1 : 851

**Lista de superficies de cálculo**

N°	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	Zona 1	perpendicular	128 x 32	32	22	43	0.689	0.516
2	Zona 2	perpendicular	128 x 64	31	19	42	0.612	0.452
3	Zona 3	perpendicular	128 x 64	29	19	36	0.671	0.525
4	Zona 4	perpendicular	128 x 32	32	22	42	0.682	0.523
5	Zona 5	perpendicular	128 x 128	29	13	43	0.455	0.310
6	Zona 6	perpendicular	128 x 64	29	17	38	0.582	0.433
7	Paso Horizontal	perpendicular	16 x 8	22	11	33	0.521	0.344
8	Paso Vertical Descendente	vertical, -13.5°	32 x 16	14	3.43	41	0.238	0.083
9	Paso Vertical Ascendente	vertical, 166.5°	8 x 4	9.53	8.88	10	0.932	0.871



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## SITUACIÓN ACTUAL / Superficie de cálculo (sumario de resultados)

### Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
10	Zona A	perpendicular	16 x 8	23	14	33	0.632	0.433
11	Zona B	perpendicular	16 x 8	22	12	31	0.548	0.391
12	Zona C	perpendicular	8 x 8	19	14	25	0.723	0.547
13	Zona D	perpendicular	32 x 32	16	9.89	19	0.637	0.521
14	Rampa Ascendente	perpendicular	32 x 8	8.56	6.19	18	0.724	0.340
15	Rampa Descendente 1	perpendicular	32 x 8	14	8.79	24	0.612	0.364
16	Rampa Descendente 2	perpendicular	32 x 8	13	8.52	23	0.653	0.372

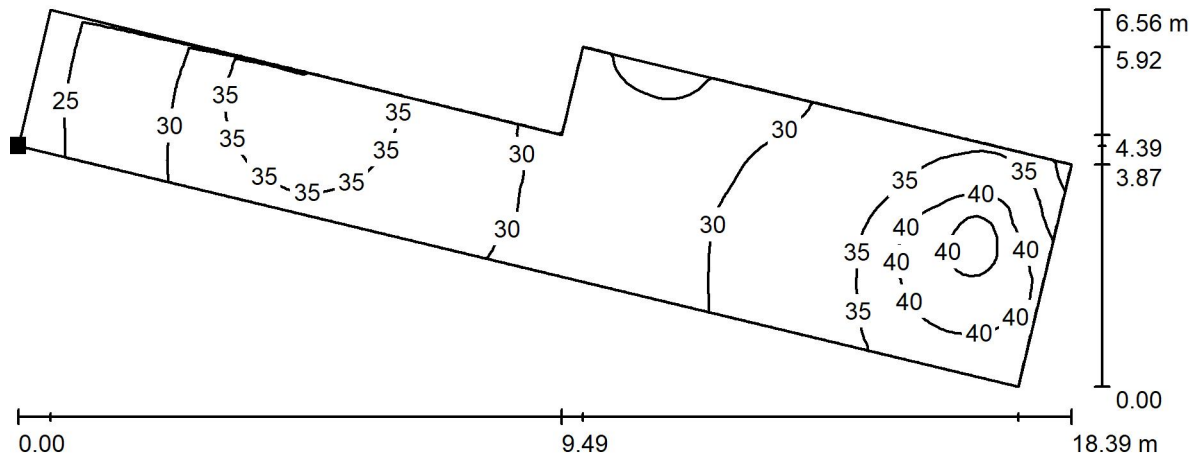
### Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
perpendicular	14	27	6.19	43	0.23	0.14
vertical	2	12	3.43	41	0.29	0.08



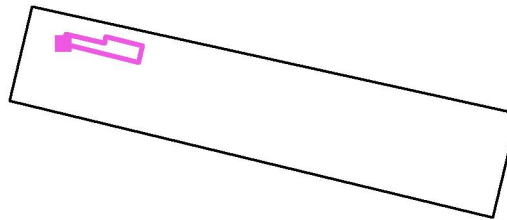
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SITUACIÓN ACTUAL / Zona 1 / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 132

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(-3.140 m, 50.900 m, 1.170 m)



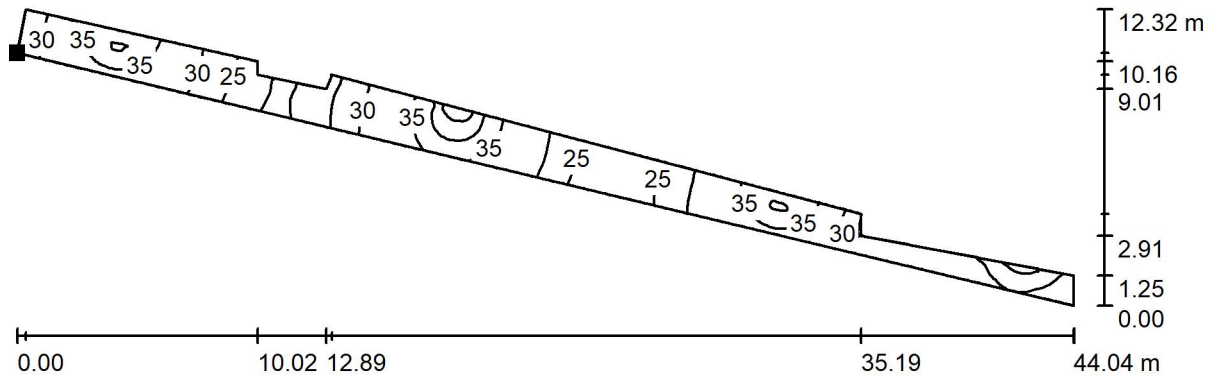
Trama: 128 x 32 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
32	22	43	0.689	0.516



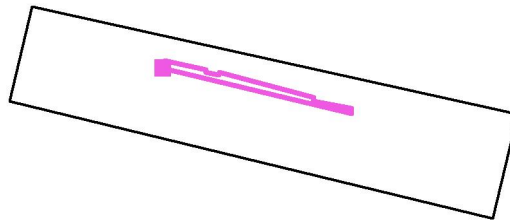
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SITUACIÓN ACTUAL / Zona 2 / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 315

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(20.114 m, 45.297 m, 1.170 m)



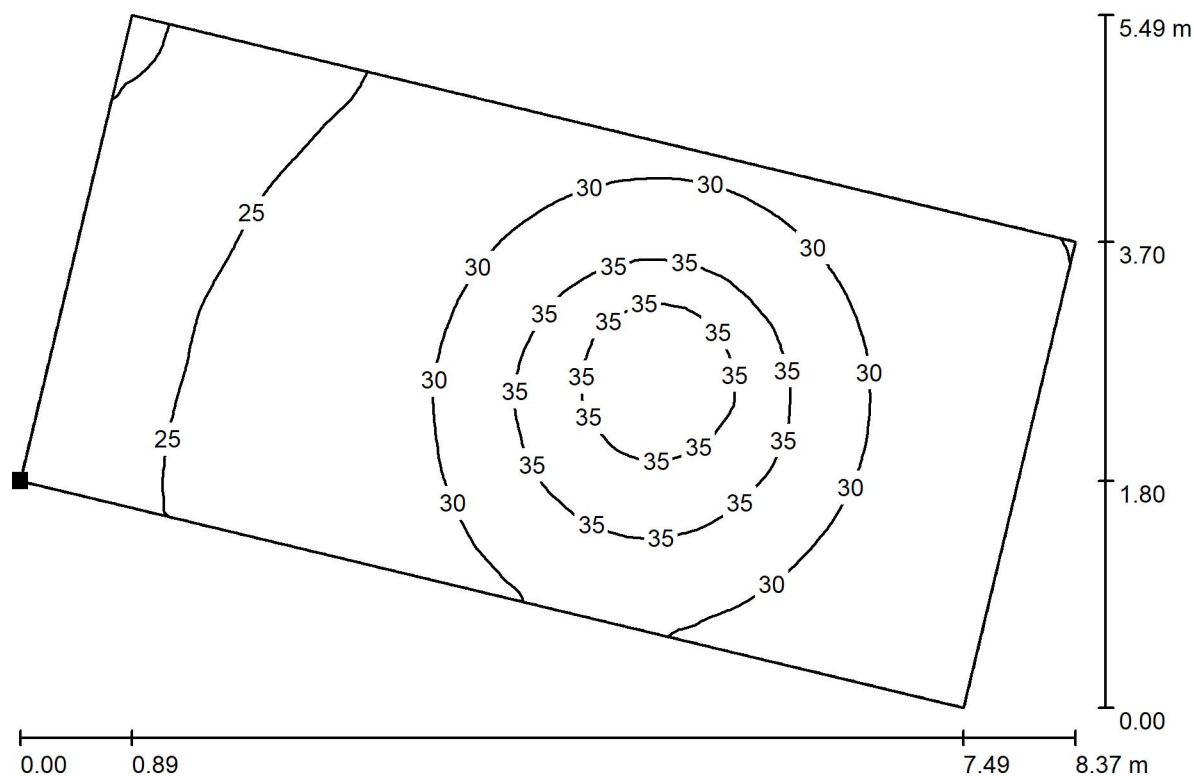
Trama: 128 x 64 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
31	19	42	0.612	0.452



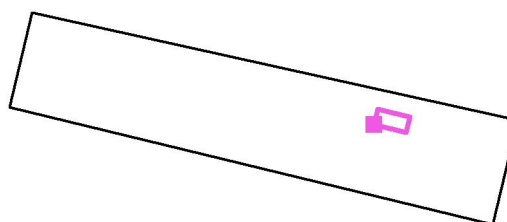
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SITUACIÓN ACTUAL / Zona 3 / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 60

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(69.422 m, 33.526 m, 1.170 m)



Trama: 128 x 64 Puntos

$E_m$  [lx]  
29

$E_{min}$  [lx]  
19

$E_{max}$  [lx]  
36

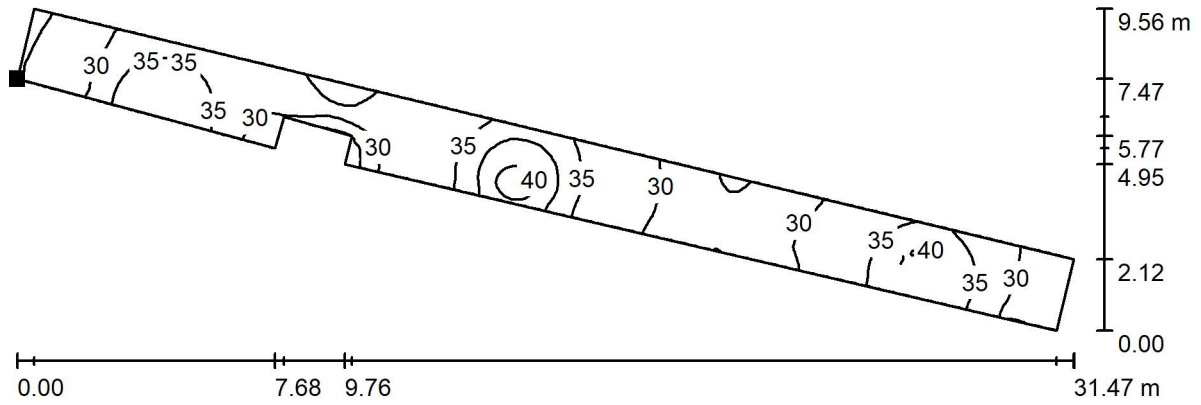
$E_{min} / E_m$   
0.671

$E_{min} / E_{max}$   
0.525



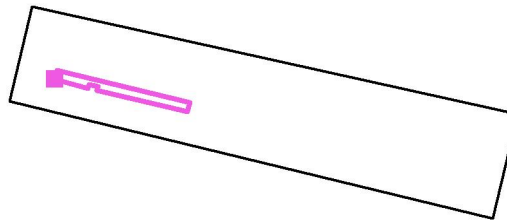
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SITUACIÓN ACTUAL / Zona 4 / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 225

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(-5.158 m, 42.724 m, 1.170 m)



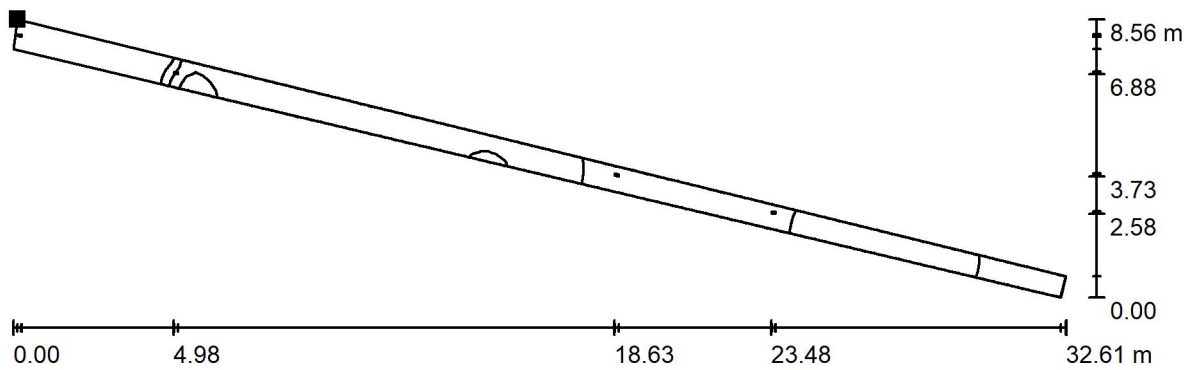
Trama: 128 x 32 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
32	22	42	0.682	0.523



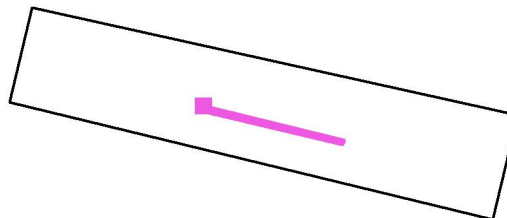
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SITUACIÓN ACTUAL / Zona 5 / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 234

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(29.629 m, 36.615 m, 1.170 m)



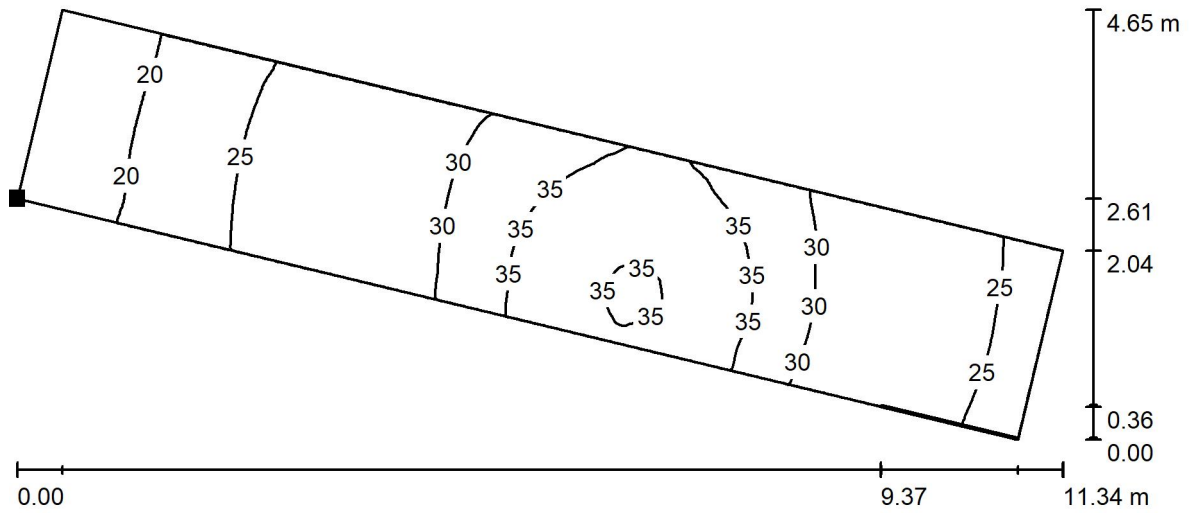
Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
29	13	43	0.455	0.310



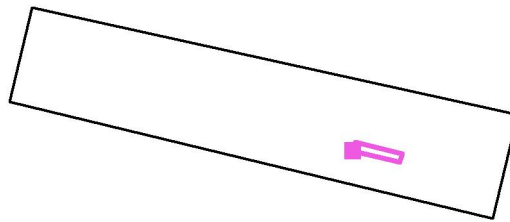
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SITUACIÓN ACTUAL / Zona 6 / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 82

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(64.556 m, 26.084 m, 1.170 m)



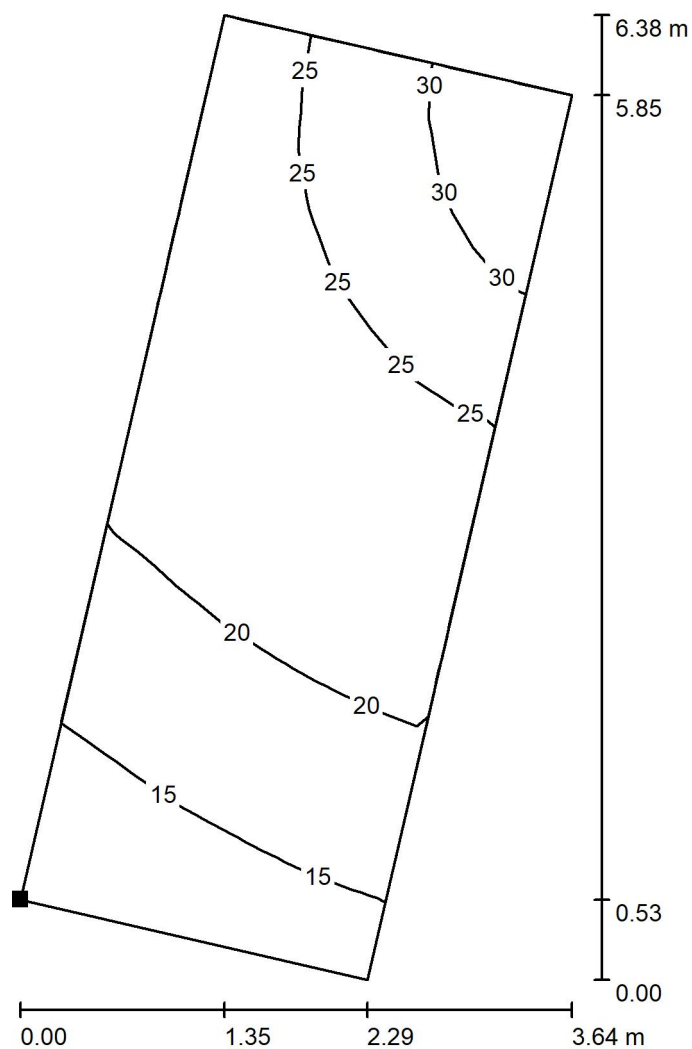
Trama: 128 x 64 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
29	17	38	0.582	0.433



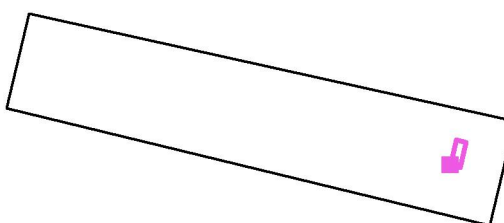
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SITUACIÓN ACTUAL / Paso Horizontal / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 50

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(87.962 m, 24.401 m, 0.010 m)



Trama: 16 x 8 Puntos

$E_m$  [lx]  
22

$E_{min}$  [lx]  
11

$E_{max}$  [lx]  
33

$E_{min} / E_m$   
0.521

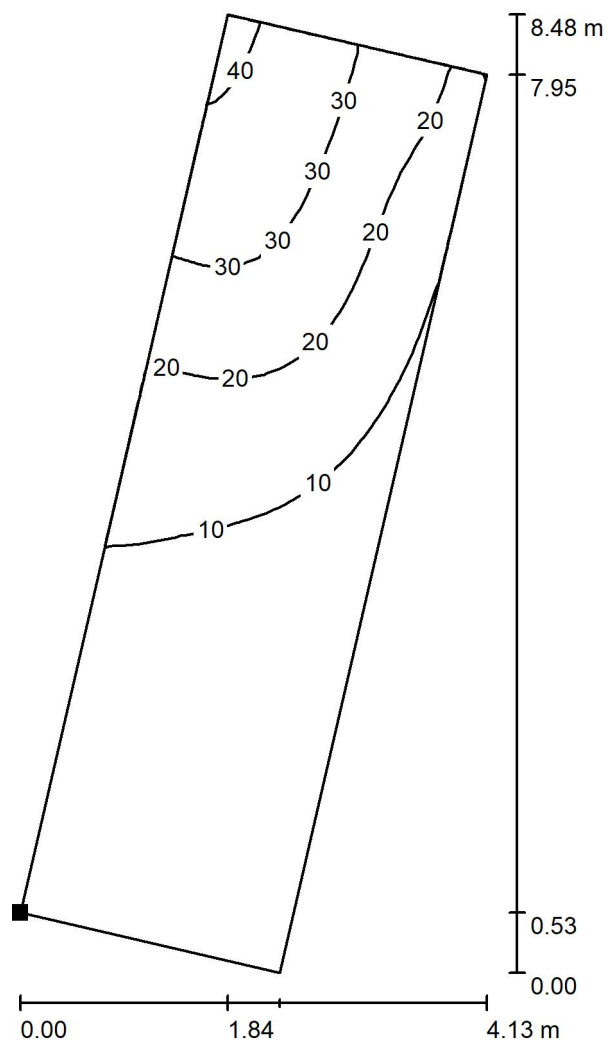
$E_{min} / E_{max}$   
0.344





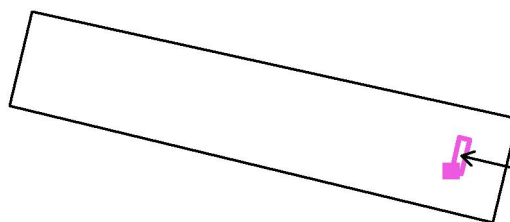
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SITUACIÓN ACTUAL / Paso Vertical Descendente / Isolíneas (E, vertical)**



Valores en Lux, Escala 1 : 67

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(87.536 m, 22.290 m, 1.500 m)



Trama: 32 x 16 Puntos

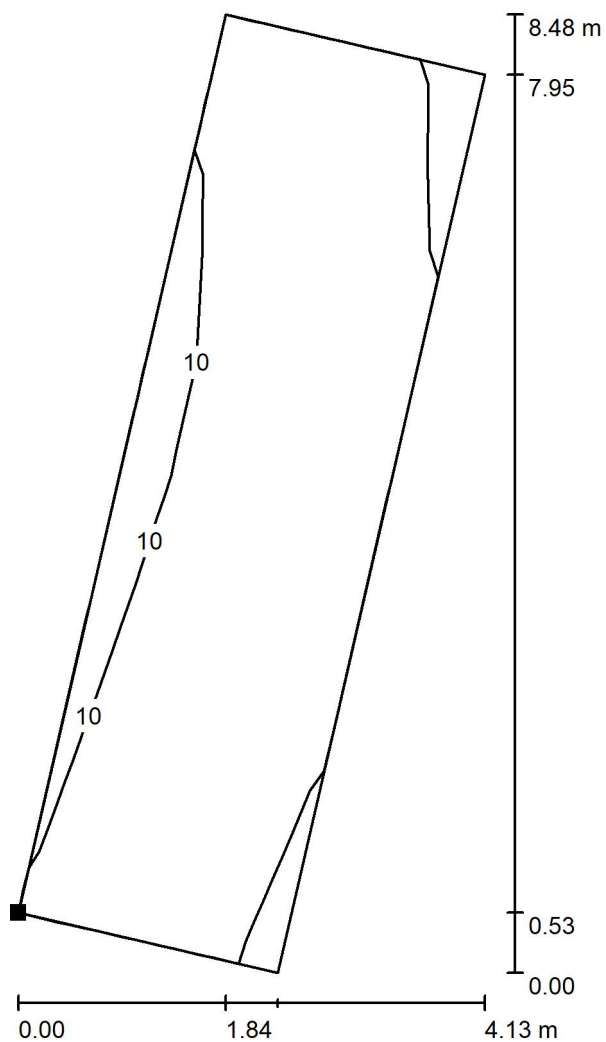
$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
14	3.43	41	0.238	0.083

Rotación: -13.5°



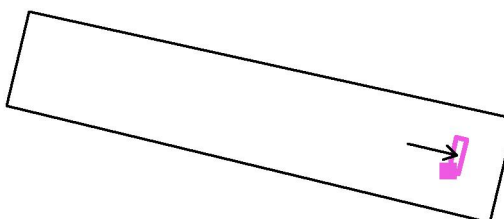
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SITUACIÓN ACTUAL / Paso Vertical Ascendente / Isolíneas (E, vertical)**



Valores en Lux, Escala 1 : 67

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(87.536 m, 22.290 m, 1.500 m)



Trama: 8 x 4 Puntos

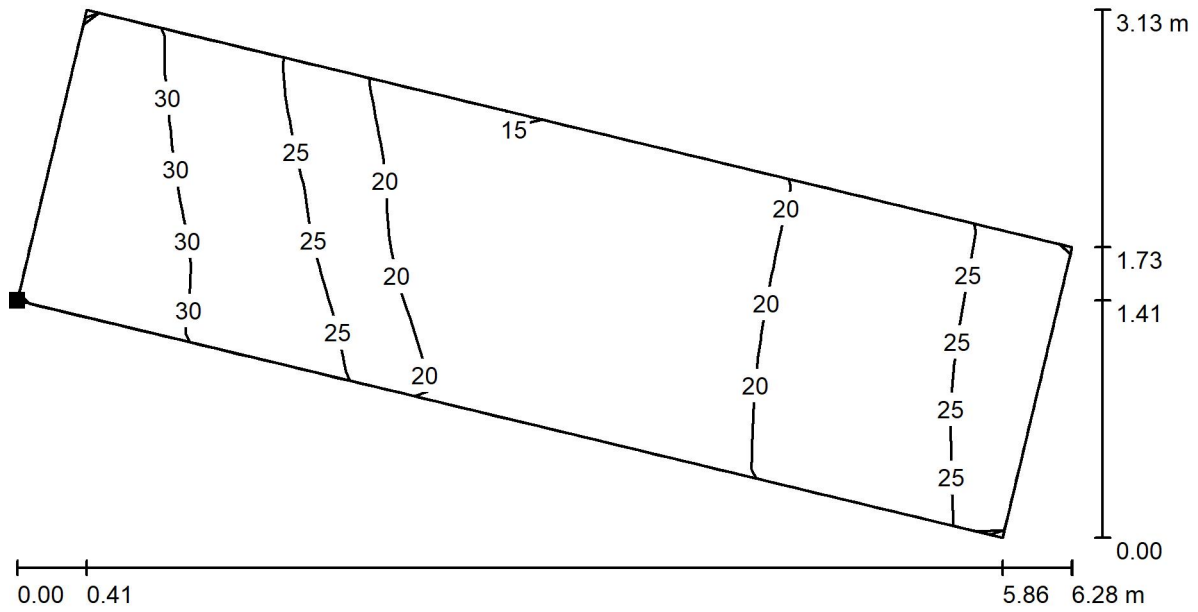
$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
9.53	8.88	10	0.932	0.871

Rotación: 166.5°



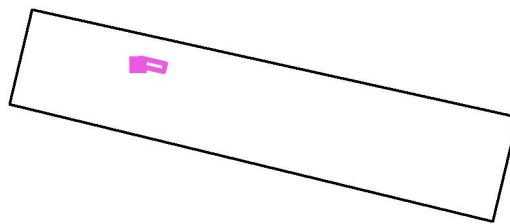
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SITUACIÓN ACTUAL / Zona A / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 45

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(14.340 m, 46.684 m, 1.170 m)



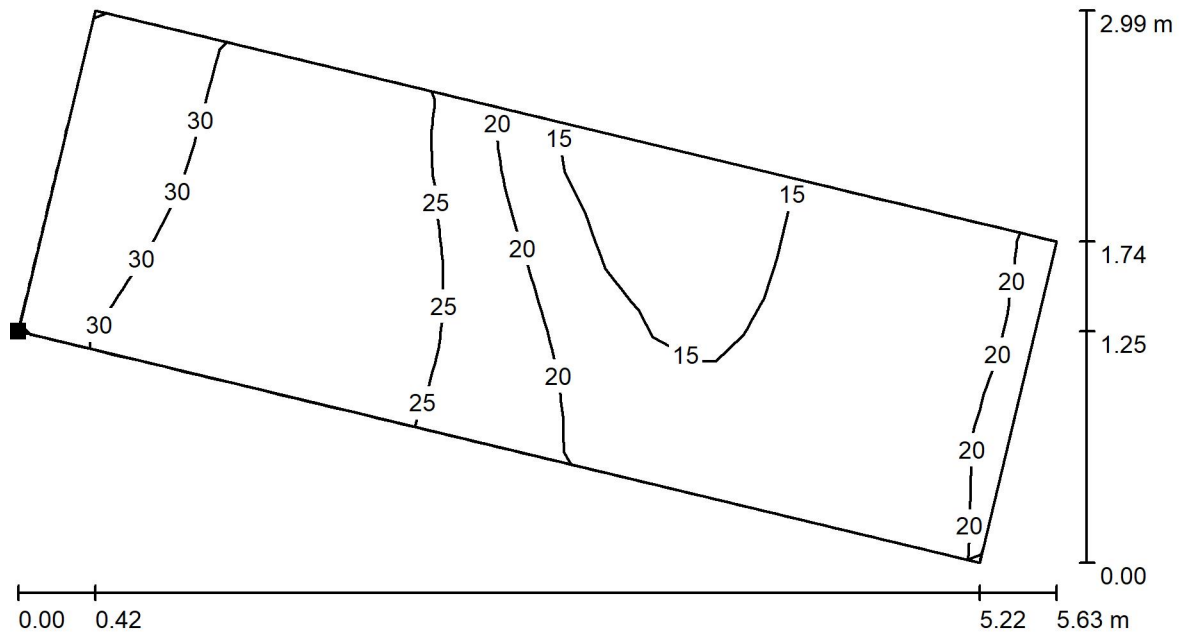
Trama: 16 x 8 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
23	14	33	0.632	0.433



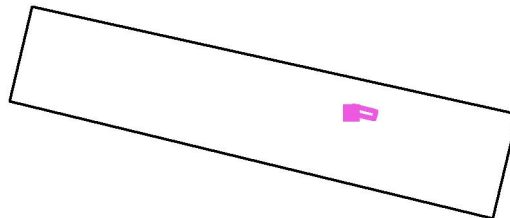
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SITUACIÓN ACTUAL / Zona B / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 41

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(64.165 m, 34.788 m, 1.170 m)



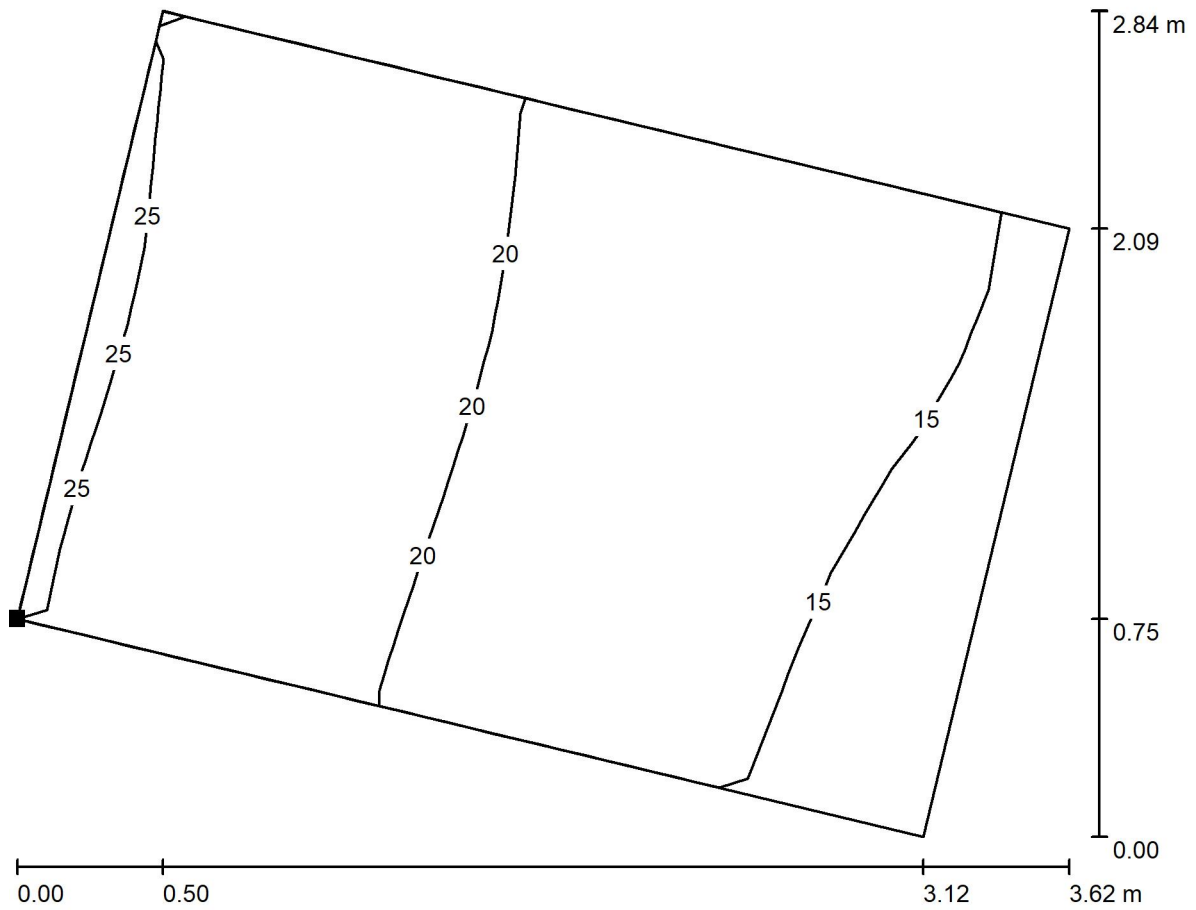
Trama: 16 x 8 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
22	12	31	0.548	0.391



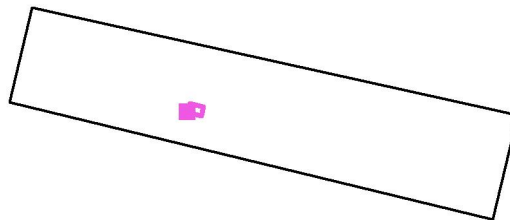
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SITUACIÓN ACTUAL / Zona C / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 26

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(25.861 m, 35.307 m, 1.170 m)



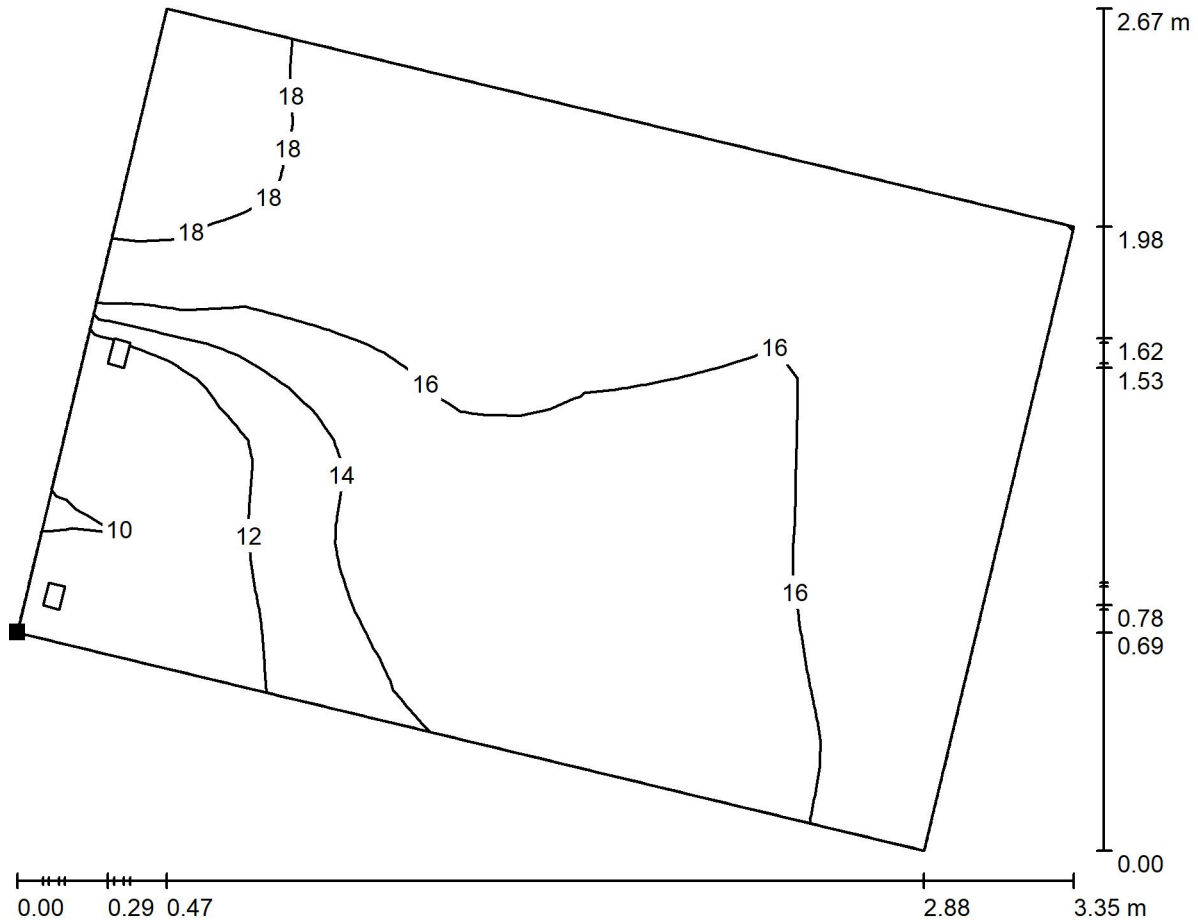
Trama: 8 x 8 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
19	14	25	0.723	0.547



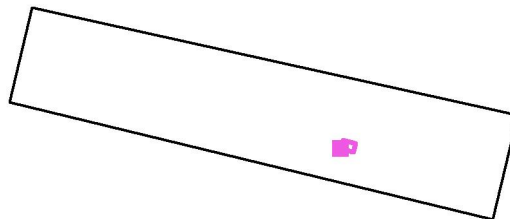
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SITUACIÓN ACTUAL / Zona D / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 24

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(61.623 m, 26.757 m, 1.170 m)



Trama: 32 x 32 Puntos

$E_m$  [lx]  
16

$E_{min}$  [lx]  
9.89

$E_{max}$  [lx]  
19

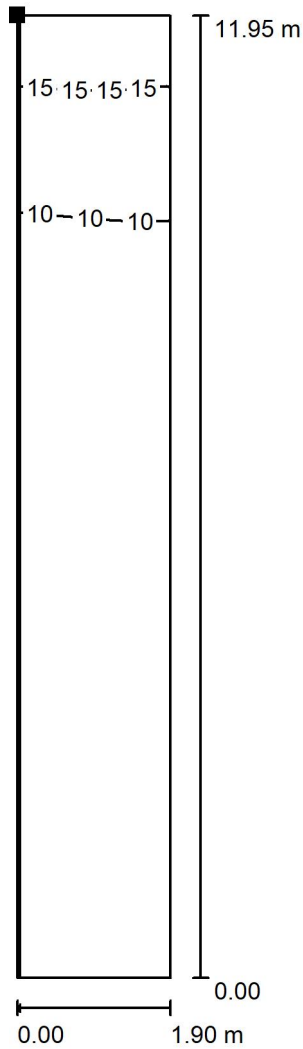
$E_{min} / E_m$   
0.637

$E_{min} / E_{max}$   
0.521



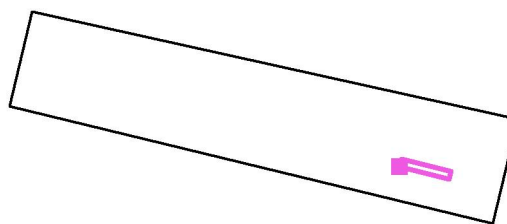
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SITUACIÓN ACTUAL / Rampa Ascendente / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 94

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(75.430 m, 23.454 m, 1.163 m)



Trama: 32 x 8 Puntos

$E_m$  [lx]  
8.56

$E_{min}$  [lx]  
6.19

$E_{max}$  [lx]  
18

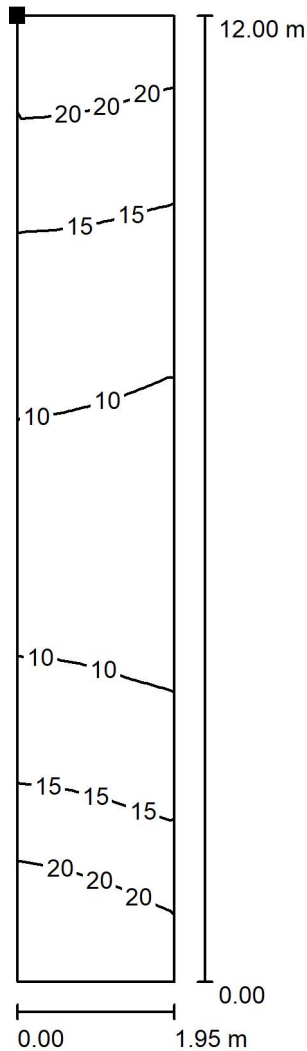
$E_{min} / E_m$   
0.724

$E_{min} / E_{max}$   
0.340



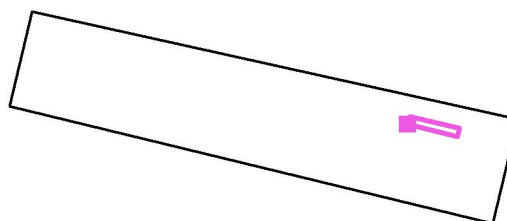
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SITUACIÓN ACTUAL / Rampa Descendente 1 / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 94

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(77.329 m, 33.385 m, 1.165 m)



Trama: 32 x 8 Puntos

$E_m$  [lx]  
14

$E_{min}$  [lx]  
8.79

$E_{max}$  [lx]  
24

$E_{min} / E_m$   
0.612

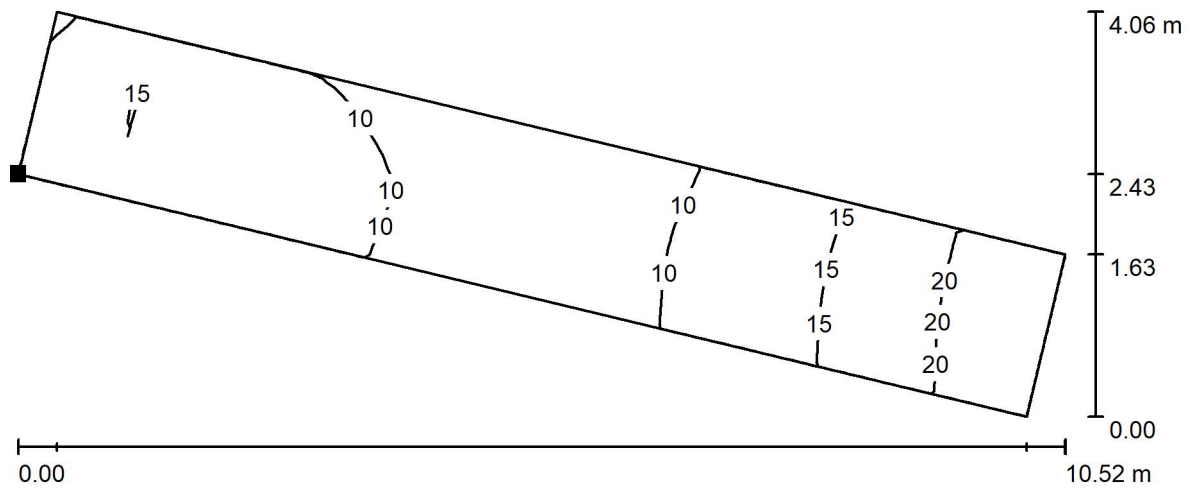
$E_{min} / E_{max}$   
0.364





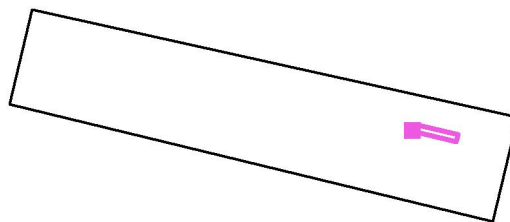
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SITUACIÓN ACTUAL / Rampa Descendente 2 / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 76

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(78.468 m, 31.392 m, 0.010 m)



Trama: 32 x 8 Puntos

$E_m$  [lx]  
13

$E_{min}$  [lx]  
8.52

$E_{max}$  [lx]  
23

$E_{min} / E_m$   
0.653

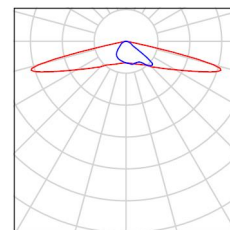
$E_{min} / E_{max}$   
0.372



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

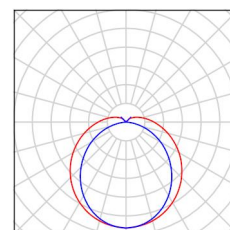
## SOLUCIÓN / Lista de luminarias

- 16 Pieza PHILIPS BGP307 T25 1 xLED120-4S/740 DM50  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 10200 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 12000 lm  
Potencia de las luminarias: 74.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 28 63 95 100 85  
Lámpara: 1 x LED120-4S/740 (Factor de corrección 1.000).



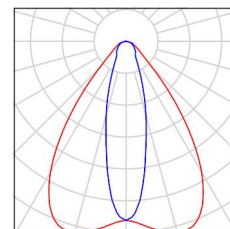
- 2 Pieza PHILIPS BN124C L600 1 xLED21S/840  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 2100 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 2100 lm  
Potencia de las luminarias: 19.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 91  
Código CIE Flux: 42 71 89 91 100  
Lámpara: 1 x LED21S/840 (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



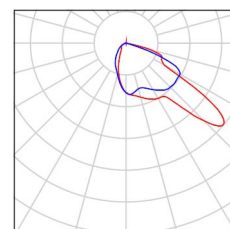
- 1 Pieza PHILIPS BVP650 T25 1 xLED80-4S/740 S  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 7200 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 8000 lm  
Potencia de las luminarias: 47.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 76 92 99 100 90  
Lámpara: 1 x LED80-4S/740 (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



- 1 Pieza SIMON TRFDEM S ISTANIUM 36LED GTF TRF\_NDL\_73W 700mA IA5  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 9200 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 9200 lm  
Potencia de las luminarias: 73.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 99  
Código CIE Flux: 40 81 98 99 100  
Lámpara: 1 x IW5584 (Factor de corrección 1.000).

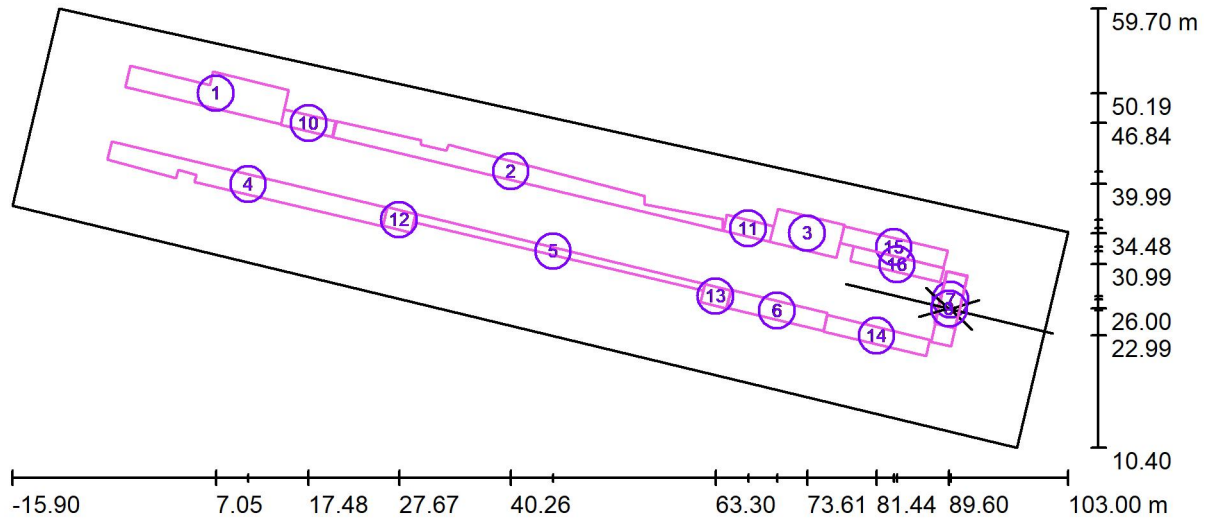
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SOLUCIÓN / Superficie de cálculo (sumario de resultados)**



Escala 1 : 851

**Lista de superficies de cálculo**

N°	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	Zona 1	perpendicular	128 x 32	81	45	122	0.553	0.368
2	Zona 2	perpendicular	128 x 64	94	59	121	0.627	0.488
3	Zona 3	perpendicular	128 x 64	77	48	94	0.619	0.507
4	Zona 4	perpendicular	128 x 32	82	41	107	0.507	0.388
5	Zona 5	perpendicular	128 x 128	91	52	142	0.567	0.364
6	Zona 6	perpendicular	128 x 64	84	47	171	0.564	0.278
7	Paso Horizontal	perpendicular	64 x 32	126	49	176	0.390	0.280
8	Paso Vertical Descendente	vertical, -13.5°	64 x 32	66	8.83	222	0.134	0.040
9	Paso Vertical Ascendente	vertical, 166.5°	32 x 16	53	25	103	0.481	0.247

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## SOLUCIÓN / Superficie de cálculo (sumario de resultados)

### Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
10	Zona A	perpendicular	32 x 16	101	70	121	0.692	0.579
11	Zona B	perpendicular	32 x 16	91	63	103	0.699	0.614
12	Zona C	perpendicular	16 x 16	47	37	58	0.787	0.642
13	Zona D	perpendicular	32 x 32	46	20	58	0.442	0.351
14	Rampa Ascendente	perpendicular	64 x 16	52	20	151	0.374	0.129
15	Rampa Descendente 1	perpendicular	64 x 16	63	36	100	0.579	0.365
16	Rampa Descendente 2	perpendicular	64 x 16	71	54	92	0.759	0.581

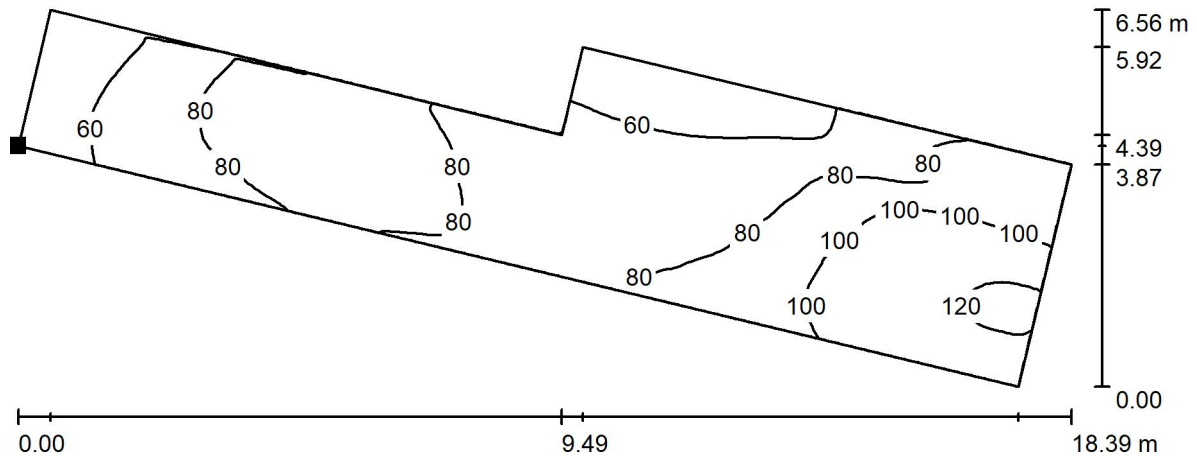
### Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
perpendicular	14	82	20	176	0.24	0.11
vertical	2	60	8.83	222	0.15	0.04



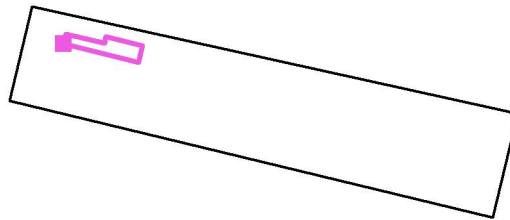
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SOLUCIÓN / Zona 1 / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 132

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(-3.140 m, 50.900 m, 1.170 m)



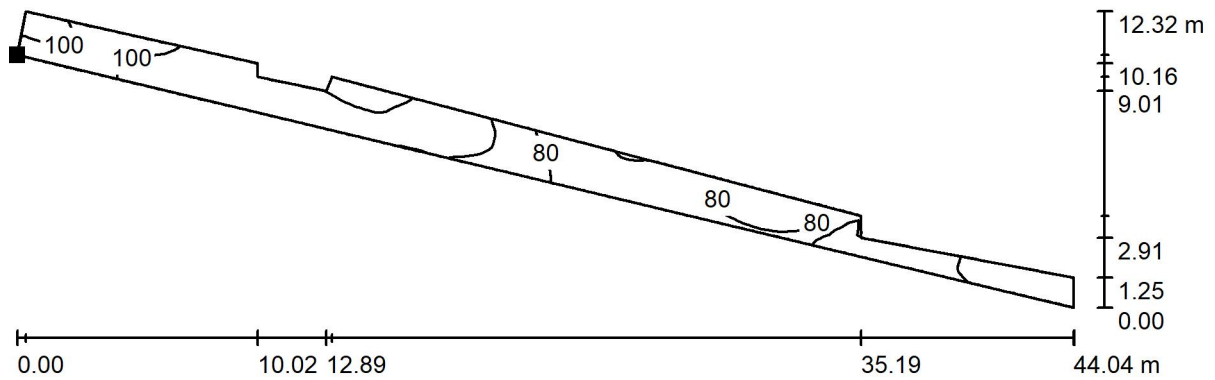
Trama: 128 x 32 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
81	45	122	0.553	0.368



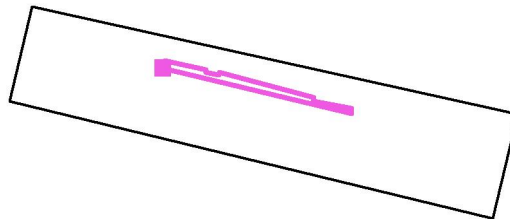
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SOLUCIÓN / Zona 2 / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 315

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(20.114 m, 45.297 m, 1.170 m)



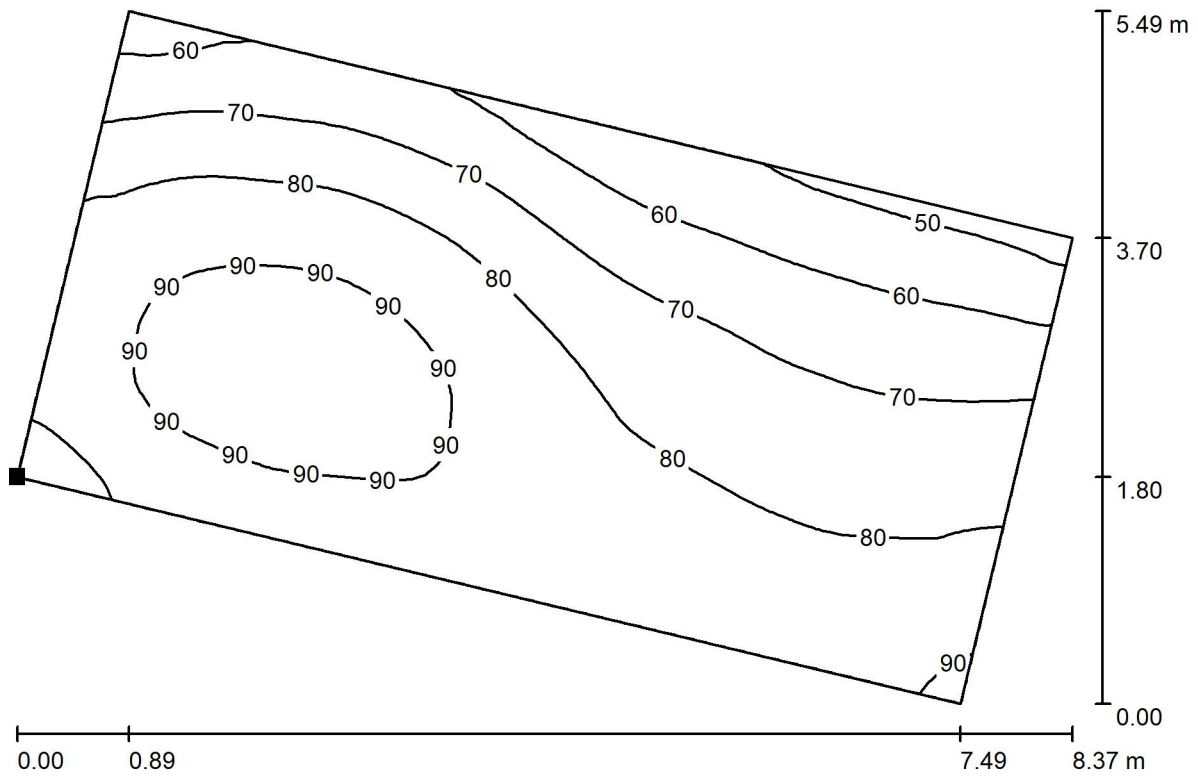
Trama: 128 x 64 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
94	59	121	0.627	0.488



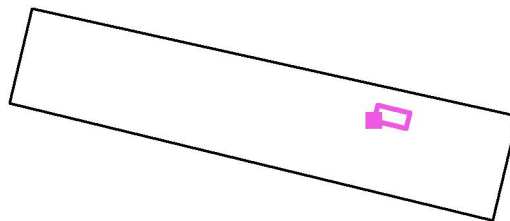
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SOLUCIÓN / Zona 3 / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 60

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(69.422 m, 33.526 m, 1.170 m)



Trama: 128 x 64 Puntos

$E_m$  [lx]  
77

$E_{min}$  [lx]  
48

$E_{max}$  [lx]  
94

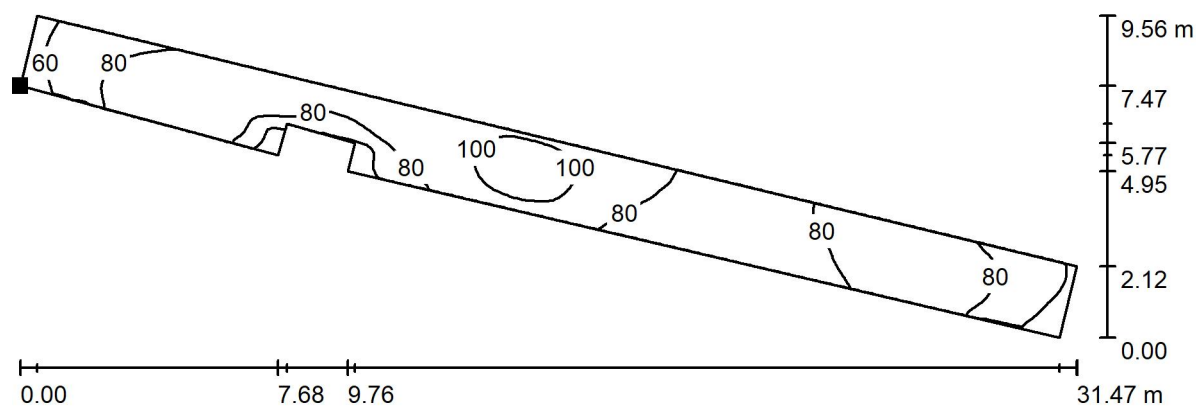
$E_{min} / E_m$   
0.619

$E_{min} / E_{max}$   
0.507



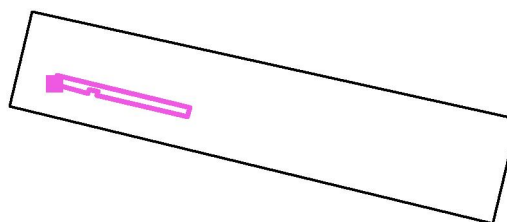
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SOLUCIÓN / Zona 4 / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 225

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(-5.158 m, 42.724 m, 1.170 m)



Trama: 128 x 32 Puntos

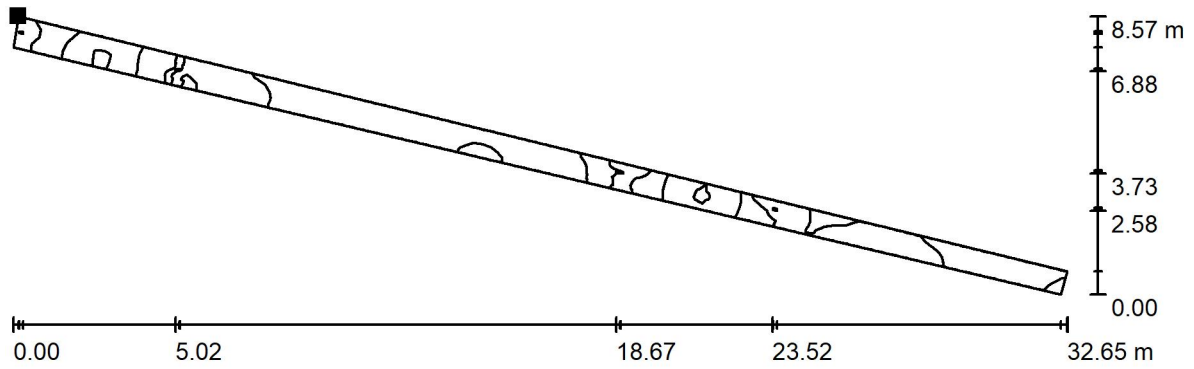
$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
82	41	107	0.507	0.388





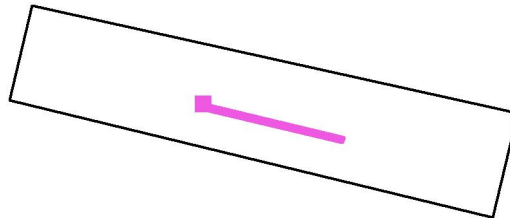
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SOLUCIÓN / Zona 5 / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 234

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(29.605 m, 36.622 m, 1.170 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
91

$E_{min}$  [lx]  
52

$E_{max}$  [lx]  
142

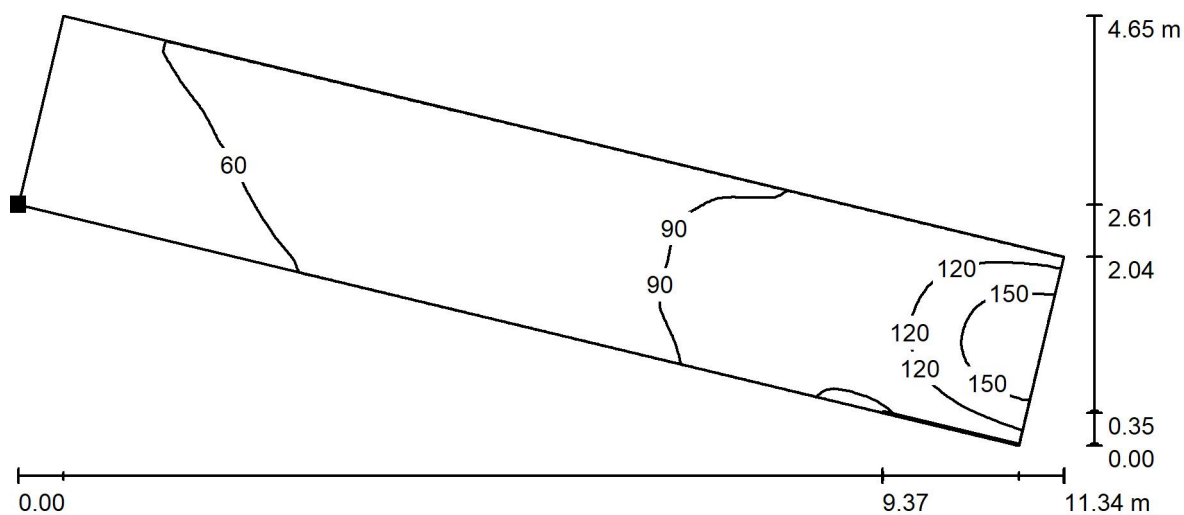
$E_{min} / E_m$   
0.567

$E_{min} / E_{max}$   
0.364



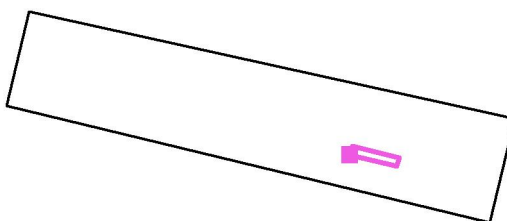
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SOLUCIÓN / Zona 6 / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 82

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(64.556 m, 26.084 m, 1.170 m)



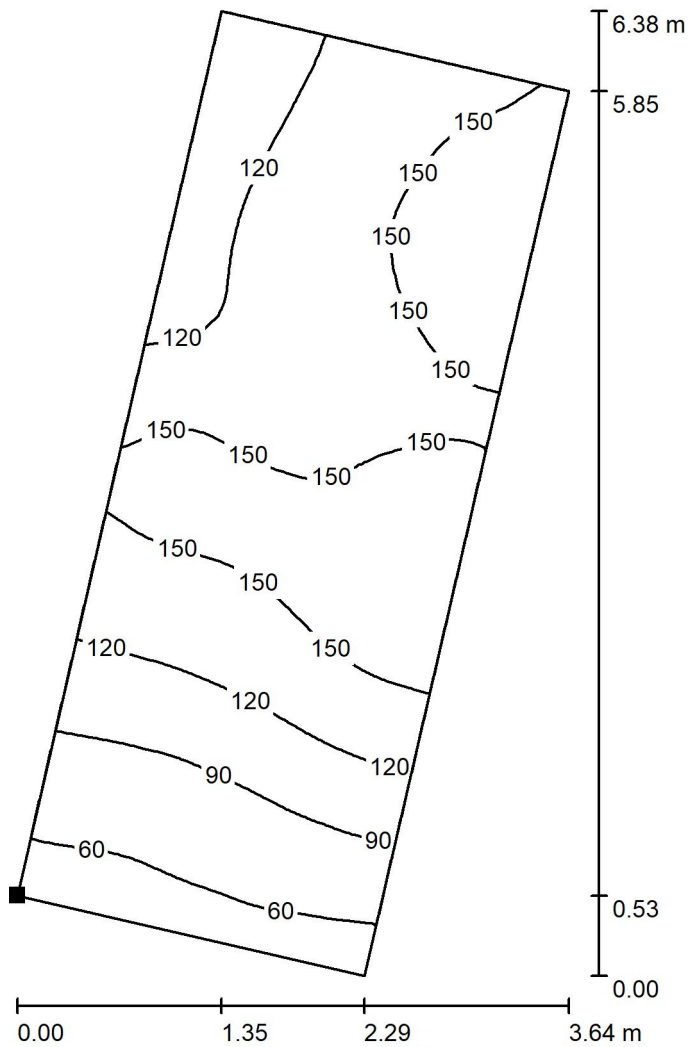
Trama: 128 x 64 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
84	47	171	0.564	0.278



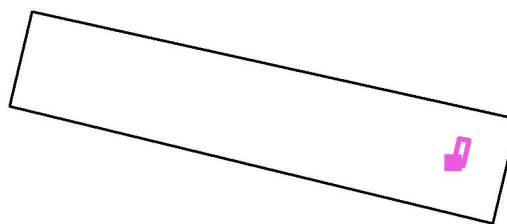
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SOLUCIÓN / Paso Horizontal / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 50

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(87.952 m, 24.357 m, 0.010 m)



Trama: 64 x 32 Puntos

$E_m$  [lx]  
126

$E_{min}$  [lx]  
49

$E_{max}$  [lx]  
176

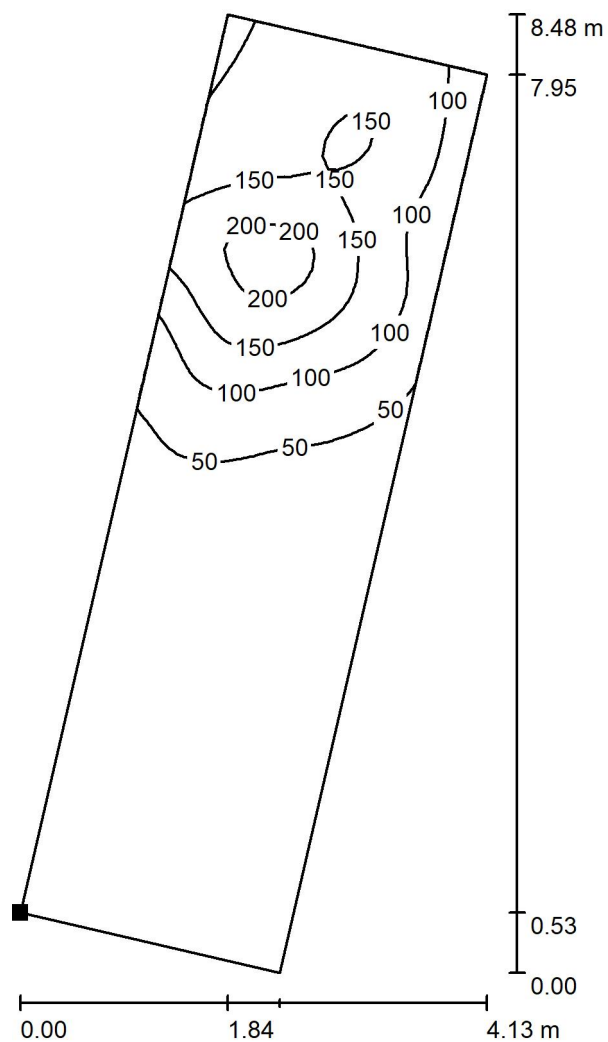
$E_{min} / E_m$   
0.390

$E_{min} / E_{max}$   
0.280



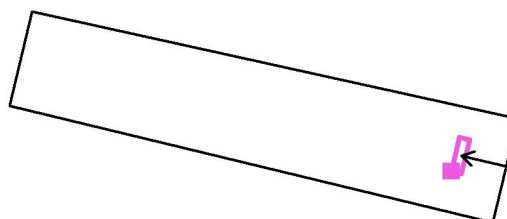
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SOLUCIÓN / Paso Vertical Descendente / Isolíneas (E, vertical)**



Valores en Lux, Escala 1 : 67

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(87.536 m, 22.290 m, 1.500 m)



Trama: 64 x 32 Puntos

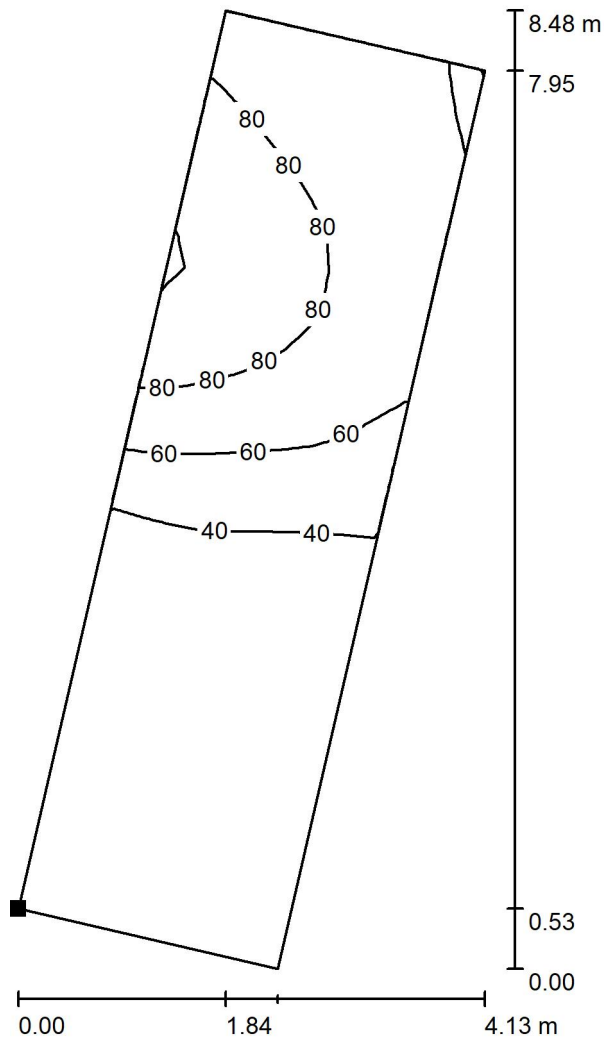
$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
66	8.83	222	0.134	0.040

Rotación: -13.5°



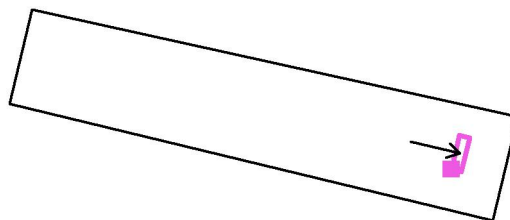
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SOLUCIÓN / Paso Vertical Ascendente / Isolíneas (E, vertical)**



Valores en Lux, Escala 1 : 67

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(87.536 m, 22.290 m, 1.500 m)



Trama: 32 x 16 Puntos

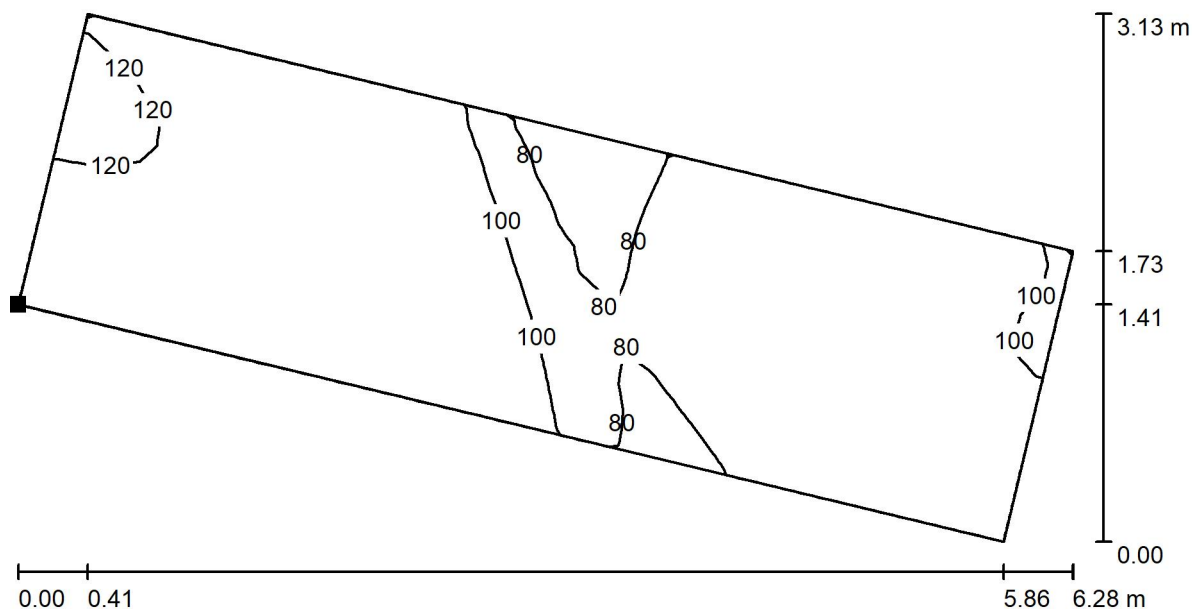
$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
53	25	103	0.481	0.247

Rotación: 166.5°



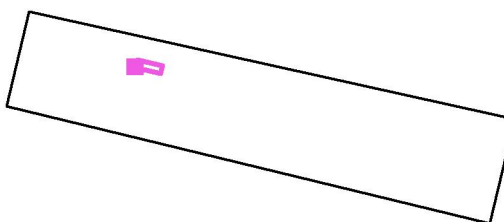
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SOLUCIÓN / Zona A / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 45

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(14.340 m, 46.684 m, 1.170 m)



Trama: 32 x 16 Puntos

$E_m$  [lx]  
101

$E_{min}$  [lx]  
70

$E_{max}$  [lx]  
121

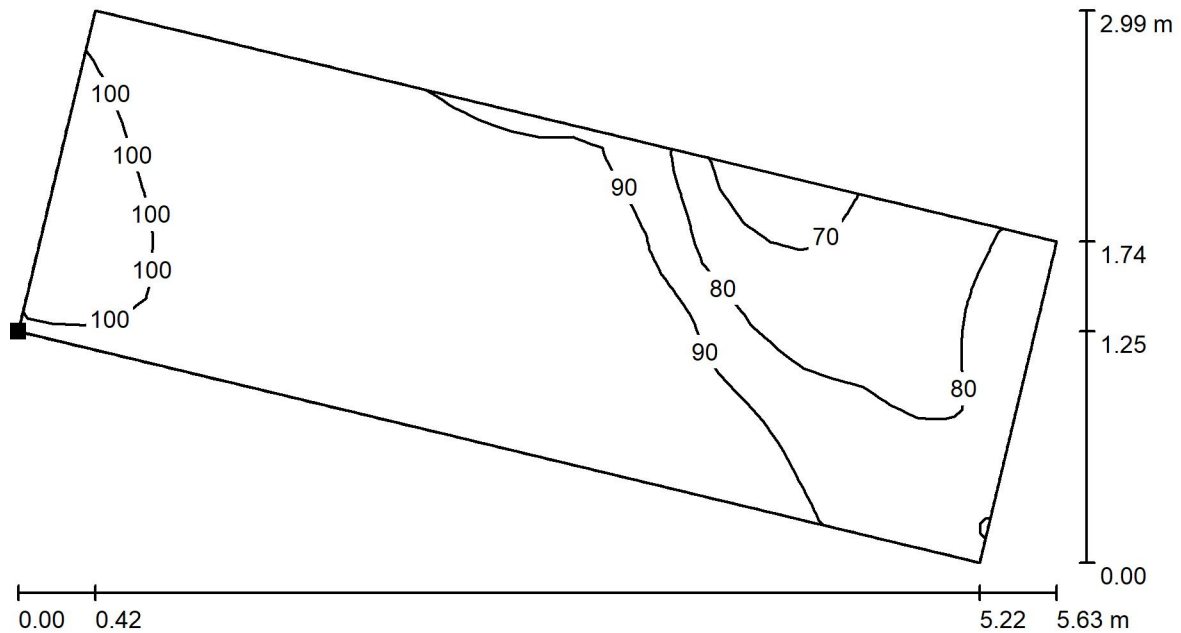
$E_{min} / E_m$   
0.692

$E_{min} / E_{max}$   
0.579



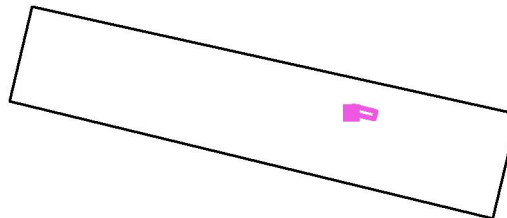
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SOLUCIÓN / Zona B / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 41

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(64.165 m, 34.788 m, 1.170 m)



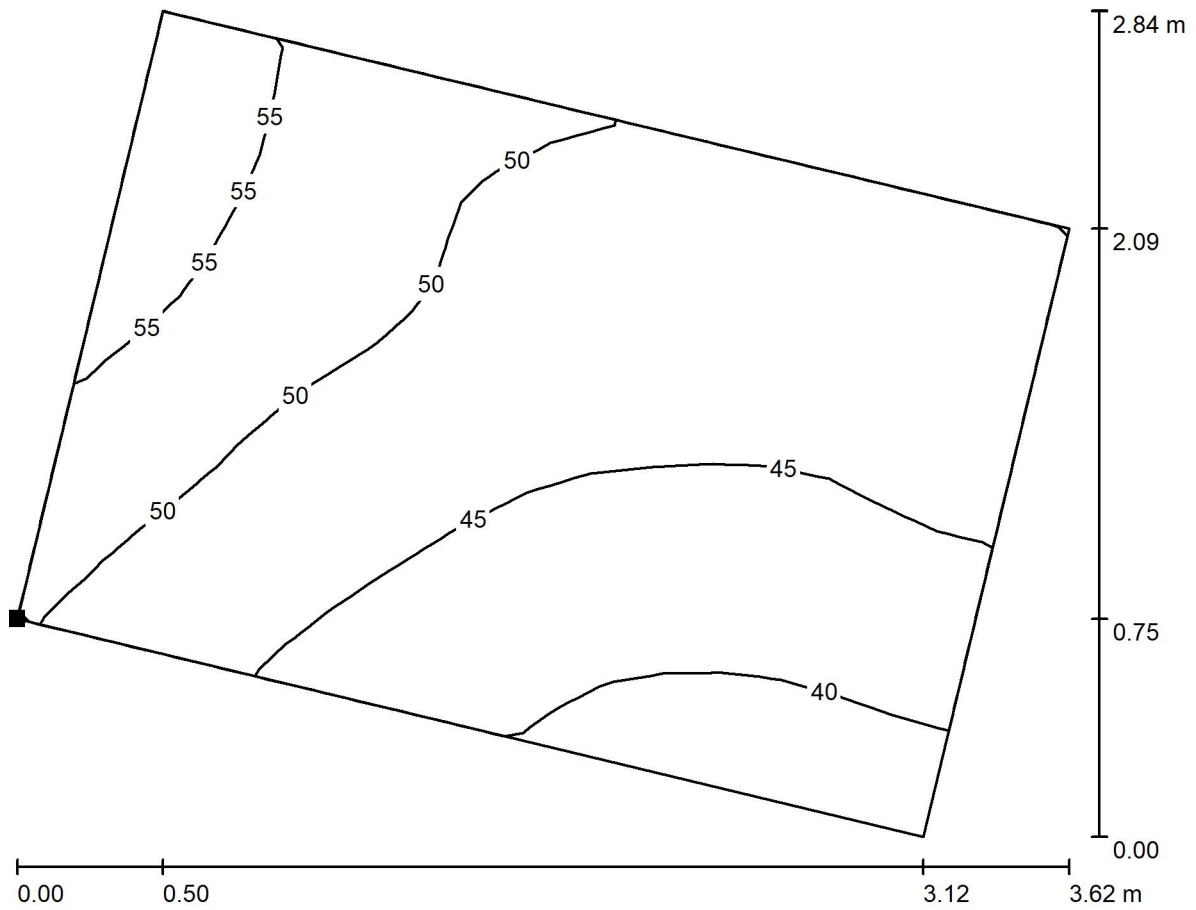
Trama: 32 x 16 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
91	63	103	0.699	0.614



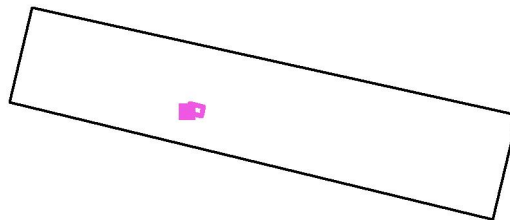
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SOLUCIÓN / Zona C / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 26

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(25.861 m, 35.307 m, 1.170 m)



Trama: 16 x 16 Puntos

$E_m$  [lx]  
47

$E_{min}$  [lx]  
37

$E_{max}$  [lx]  
58

$E_{min} / E_m$   
0.787

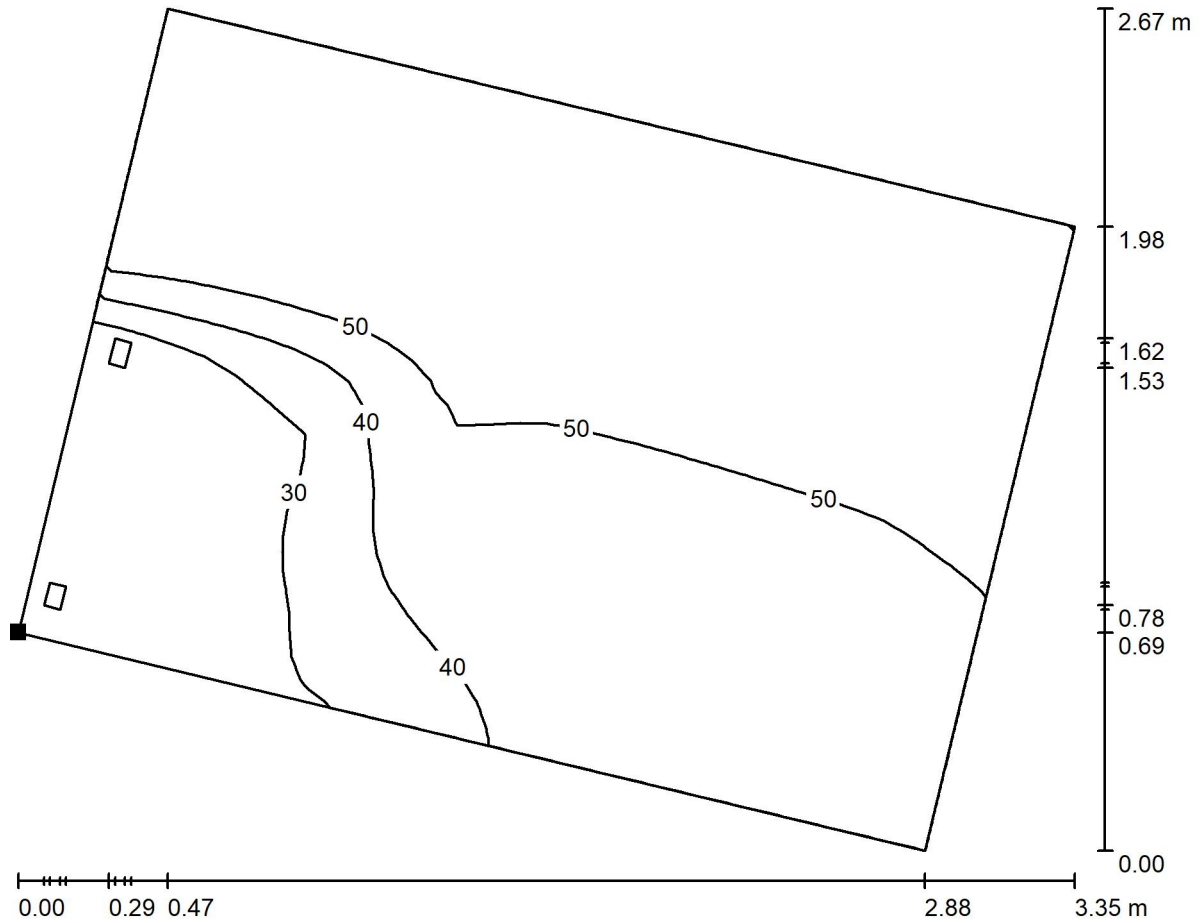
$E_{min} / E_{max}$   
0.642





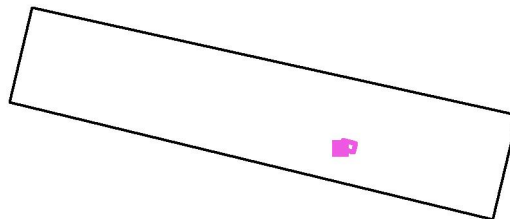
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SOLUCIÓN / Zona D / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 24

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(61.623 m, 26.757 m, 1.170 m)



Trama: 32 x 32 Puntos

$E_m$  [lx]  
46

$E_{min}$  [lx]  
20

$E_{max}$  [lx]  
58

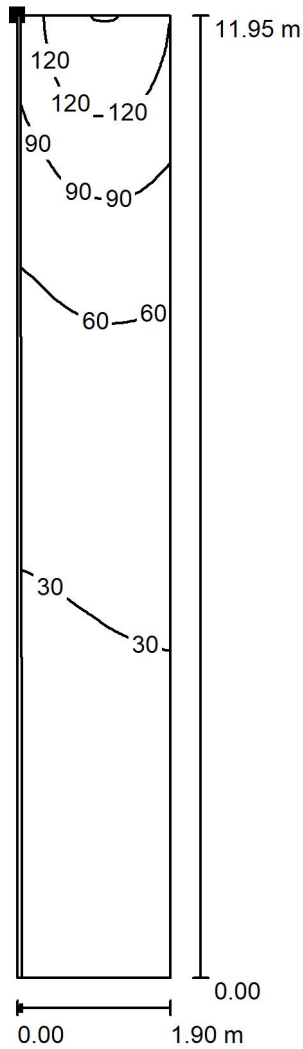
$E_{min} / E_m$   
0.442

$E_{min} / E_{max}$   
0.351



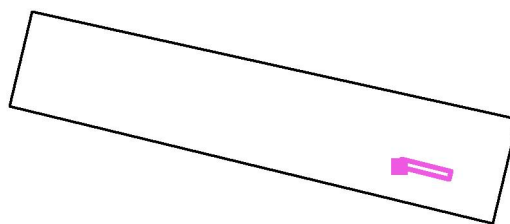
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SOLUCIÓN / Rampa Ascendente / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 94

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(75.430 m, 23.454 m, 1.163 m)



Trama: 64 x 16 Puntos

$E_m$  [lx]  
52

$E_{min}$  [lx]  
20

$E_{max}$  [lx]  
151

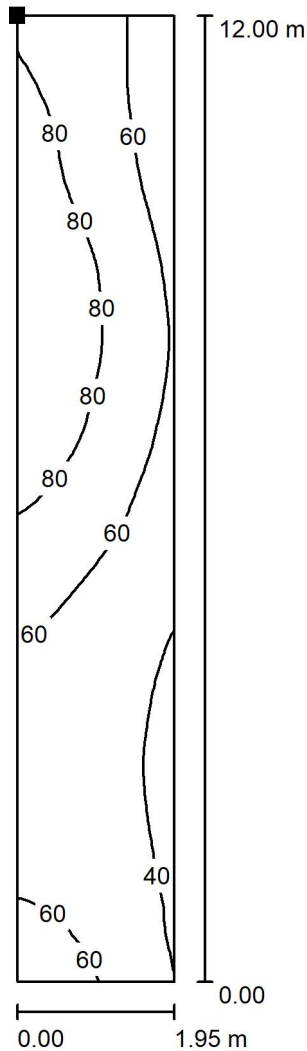
$E_{min} / E_m$   
0.374

$E_{min} / E_{max}$   
0.129



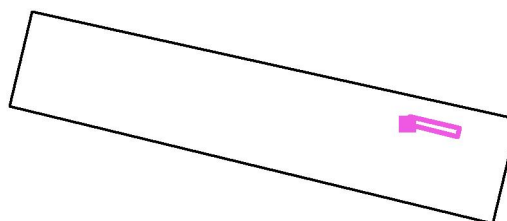
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SOLUCIÓN / Rampa Descendente 1 / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 94

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(77.329 m, 33.385 m, 1.165 m)



Trama: 64 x 16 Puntos

$E_m$  [lx]  
63

$E_{min}$  [lx]  
36

$E_{max}$  [lx]  
100

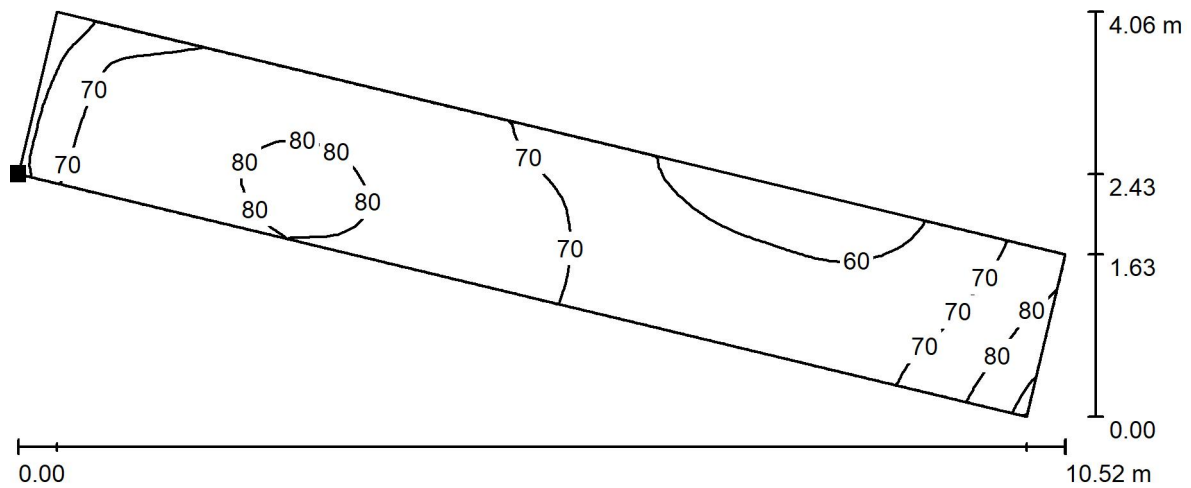
$E_{min} / E_m$   
0.579

$E_{min} / E_{max}$   
0.365



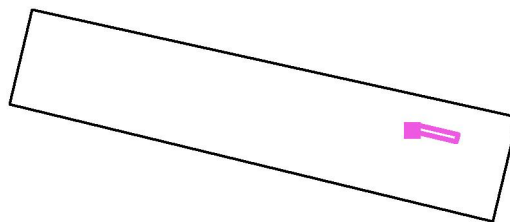
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SOLUCIÓN / Rampa Descendente 2 / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 76

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(78.468 m, 31.392 m, 0.010 m)



Trama: 64 x 16 Puntos

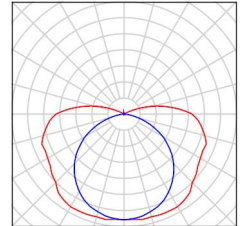
$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
71	54	92	0.759	0.581



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

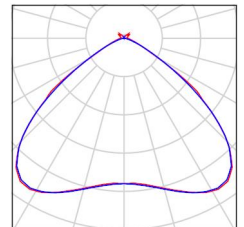
## VESTÍBULO PICANYA / Lista de luminarias

6 Pieza Philips TCW216 1xTL-D36W HFP  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 2579 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 3350 lm  
Potencia de las luminarias: 36.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 90  
Código CIE Flux: 35 62 84 90 77  
Lámpara: 1 x TL-D36W/840 (Factor de corrección 1.000).



6 Pieza PHILIPS WT470C L1600 1 xLED64S/840 WB  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 6400 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 6400 lm  
Potencia de las luminarias: 46.5 W  
Clasificación luminarias según CIE: 97  
Código CIE Flux: 57 92 98 97 100  
Lámpara: 1 x LED64S/840 (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



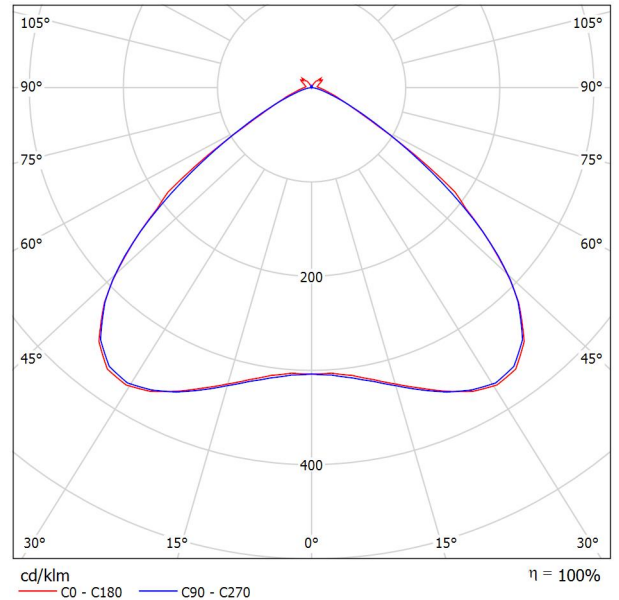


Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## PHILIPS WT470C L1600 1 xLED64S/840 WB / Hoja de datos de luminarias

### Emisión de luz 1:

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



Clasificación luminarias según CIE: 97  
Código CIE Flux: 57 92 98 97 100

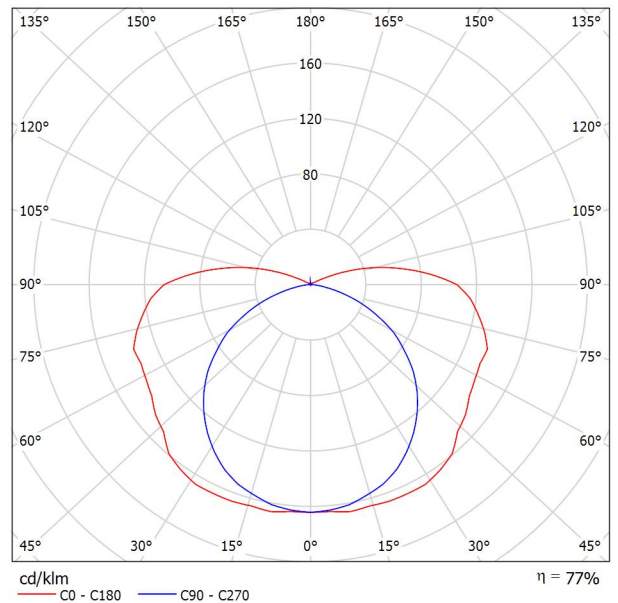
### Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	17.4	18.6	17.8	18.8	19.1	18.0	19.2	18.4	19.4	19.7
	3H	17.6	18.6	18.0	18.9	19.2	18.2	19.3	18.6	19.6	19.9
	4H	17.6	18.6	18.0	18.9	19.2	18.2	19.2	18.6	19.5	19.9
	6H	17.6	18.5	18.0	18.9	19.2	18.2	19.1	18.6	19.4	19.8
	8H	17.6	18.5	18.0	18.8	19.2	18.2	19.0	18.6	19.4	19.8
4H	12H	17.6	18.4	18.1	18.8	19.2	18.1	18.9	18.6	19.3	19.7
	2H	17.5	18.4	17.8	18.7	19.1	18.0	18.9	18.4	19.3	19.6
	3H	17.7	18.5	18.1	18.9	19.3	18.3	19.1	18.7	19.5	19.9
	4H	17.8	18.5	18.2	18.9	19.3	18.4	19.1	18.8	19.5	19.9
	6H	17.9	18.5	18.3	18.9	19.4	18.4	19.0	18.8	19.4	19.9
8H	12H	17.9	18.5	18.4	18.9	19.4	18.4	18.9	18.8	19.3	19.8
	12H	17.9	18.4	18.4	18.9	19.4	18.3	18.8	18.8	19.3	19.8
	4H	17.8	18.3	18.3	18.8	19.3	18.3	18.9	18.8	19.3	19.8
	6H	17.9	18.4	18.4	18.8	19.4	18.4	18.8	18.9	19.3	19.8
	8H	18.0	18.4	18.5	18.9	19.4	18.4	18.8	18.9	19.3	19.8
12H	12H	18.1	18.4	18.6	18.9	19.5	18.3	18.7	18.9	19.2	19.8
	4H	17.8	18.2	18.3	18.7	19.2	18.3	18.8	18.8	19.3	19.8
	6H	17.9	18.3	18.4	18.8	19.3	18.4	18.7	18.9	19.2	19.8
	8H	18.0	18.3	18.5	18.8	19.4	18.4	18.7	18.9	19.2	19.8
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H	+0.7 / -0.9					+0.7 / -0.9					
S = 1.5H	+1.7 / -4.0					+2.0 / -3.8					
S = 2.0H	+3.0 / -5.4					+3.7 / -5.6					
Tabla estándar	BK01					BK01					
Sumando de corrección	-4.6					-3.9					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 6400lm Flujo luminoso total											

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

### Philips TCW216 1xTL-D36W HFP / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 90  
Código CIE Flux: 35 62 84 90 77

Emisión de luz 1:

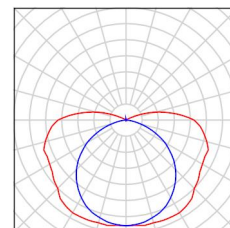
Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	17.1	18.4	17.5	18.8	19.3	14.7	16.1	15.2	16.5	17.0
	3H	20.1	21.3	20.5	21.8	22.3	16.1	17.4	16.6	17.8	18.3
	4H	21.5	22.7	22.0	23.2	23.7	16.6	17.8	17.1	18.2	18.8
	6H	22.9	24.0	23.4	24.5	25.0	16.9	18.0	17.4	18.5	19.0
	8H	23.5	24.6	24.1	25.1	25.7	16.9	18.0	17.4	18.5	19.1
12H	24.2	25.2	24.7	25.7	26.3	16.9	18.0	17.5	18.5	19.1	
4H	2H	17.5	18.7	18.0	19.2	19.7	15.8	17.0	16.3	17.5	18.0
	3H	20.8	21.9	21.4	22.4	23.0	17.6	18.6	18.1	19.1	19.7
	4H	22.5	23.4	23.1	24.0	24.6	18.3	19.2	18.8	19.7	20.3
	6H	24.1	24.9	24.7	25.5	26.1	18.7	19.5	19.3	20.1	20.7
	8H	24.9	25.7	25.5	26.2	26.9	18.8	19.6	19.4	20.2	20.8
12H	25.7	26.4	26.3	27.0	27.6	18.9	19.6	19.5	20.2	20.9	
8H	4H	22.8	23.6	23.4	24.2	24.8	19.5	20.3	20.1	20.9	21.5
	6H	24.7	25.4	25.3	26.0	26.7	20.4	21.1	21.0	21.7	22.3
	8H	25.7	26.3	26.3	26.9	27.6	20.7	21.3	21.3	21.9	22.6
	12H	26.7	27.2	27.3	27.8	28.6	20.9	21.4	21.6	22.1	22.8
12H	4H	22.8	23.6	23.4	24.2	24.8	19.9	20.6	20.5	21.2	21.9
	6H	24.8	25.4	25.5	26.0	26.7	21.0	21.6	21.6	22.2	22.9
	8H	25.9	26.4	26.5	27.0	27.8	21.5	22.0	22.1	22.7	23.4
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H	+0.1 / -0.1					+0.1 / -0.1					
S = 1.5H	+0.2 / -0.2					+0.2 / -0.2					
S = 2.0H	+0.3 / -0.4					+0.3 / -0.5					
Tabla estándar	BK12					BK13					
Sumando de corrección	5.4					-0.3					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 3350lm Flujo luminoso total											



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## SITUACIÓN ACTUAL / Lista de luminarias

6 Pieza Philips TCW216 1xTL-D36W HFP  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 2579 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 3350 lm  
Potencia de las luminarias: 36.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 90  
Código CIE Flux: 35 62 84 90 77  
Lámpara: 1 x TL-D36W/840 (Factor de corrección 1.000).

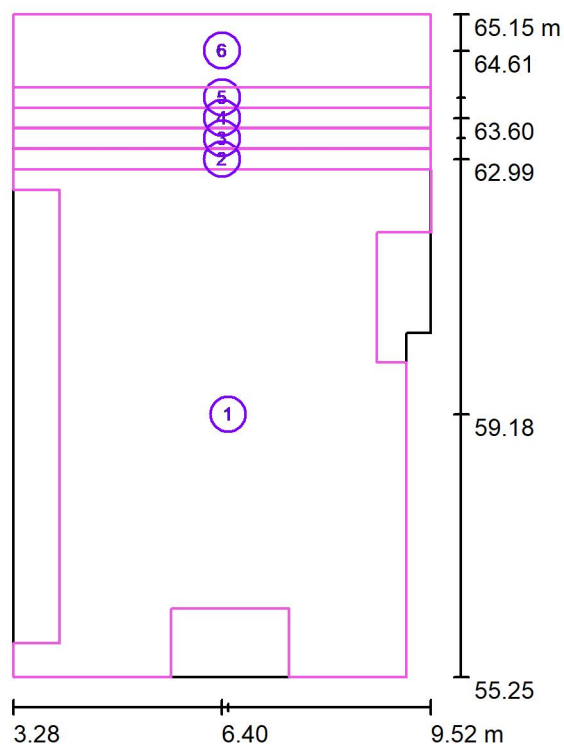






Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

### SITUACIÓN ACTUAL / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 113

#### Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	Superior	perpendicular	128 x 128	107	58	126	0.539	0.458
2	Escalón 1	perpendicular	32 x 2	90	66	107	0.742	0.619
3	Escalón 2	perpendicular	32 x 2	85	65	101	0.760	0.641
4	Escalón 3	perpendicular	32 x 2	79	59	95	0.757	0.626
5	Escalón 4	perpendicular	32 x 2	72	57	87	0.787	0.653
6	Inferior	perpendicular	32 x 8	70	55	83	0.786	0.670

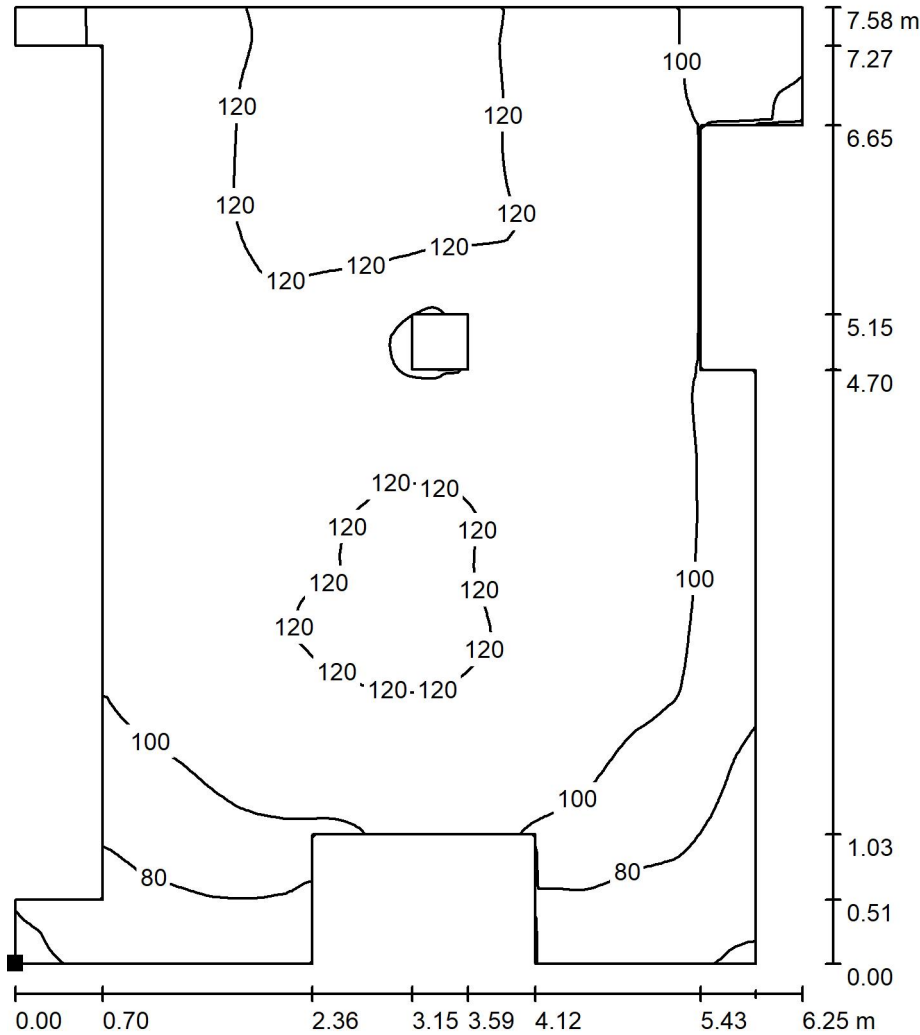
#### Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
perpendicular	6	98	55	126	0.56	0.44



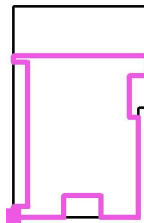
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SITUACIÓN ACTUAL / Superior / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 60

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(3.275 m, 55.252 m, 0.801 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
107

$E_{min}$  [lx]  
58

$E_{max}$  [lx]  
126

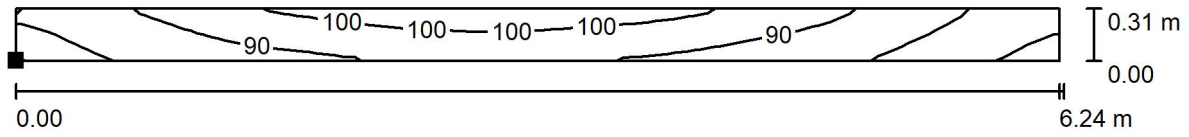
$E_{min} / E_m$   
0.539

$E_{min} / E_{max}$   
0.458



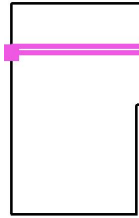
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SITUACIÓN ACTUAL / Escalón 1 / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 45

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(3.275 m, 62.832 m, 0.650 m)



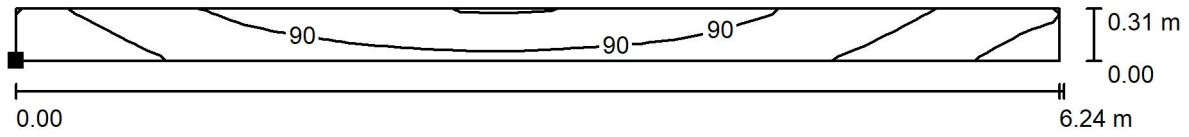
Trama: 32 x 2 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
90	66	107	0.742	0.619



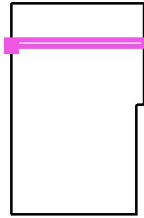
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SITUACIÓN ACTUAL / Escalón 2 / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 45

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(3.275 m, 63.145 m, 0.490 m)



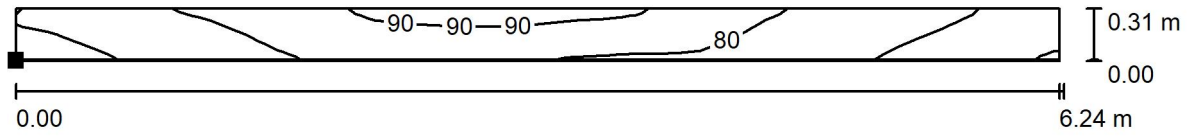
Trama: 32 x 2 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
85	65	101	0.760	0.641



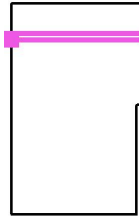
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SITUACIÓN ACTUAL / Escalón 3 / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 45

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(3.275 m, 63.446 m, 0.330 m)



Trama: 32 x 2 Puntos

$E_m$  [lx]  
79

$E_{min}$  [lx]  
59

$E_{max}$  [lx]  
95

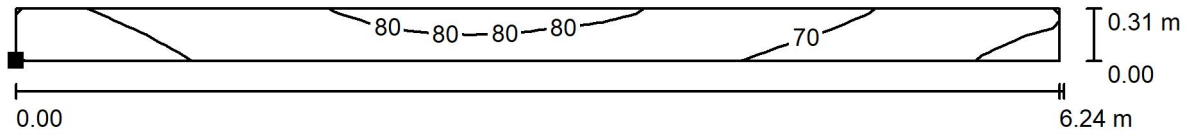
$E_{min} / E_m$   
0.757

$E_{min} / E_{max}$   
0.626



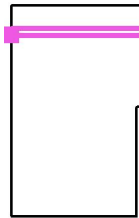
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SITUACIÓN ACTUAL / Escalón 4 / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 45

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(3.275 m, 63.753 m, 0.170 m)



Trama: 32 x 2 Puntos

$E_m$  [lx]  
72

$E_{min}$  [lx]  
57

$E_{max}$  [lx]  
87

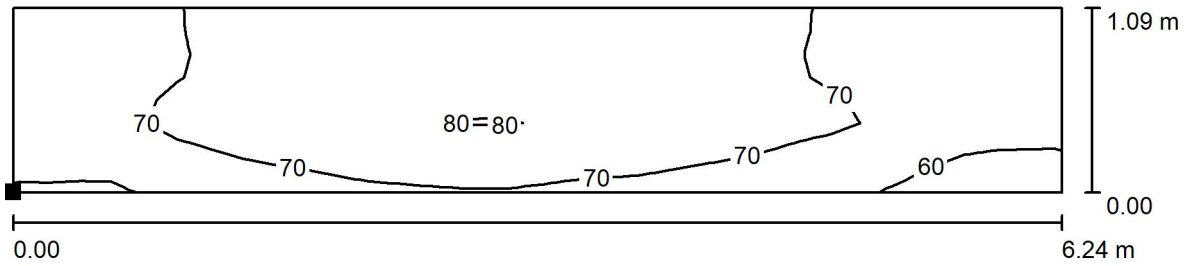
$E_{min} / E_m$   
0.787

$E_{min} / E_{max}$   
0.653



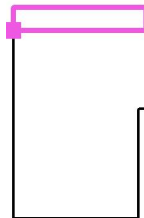
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SITUACIÓN ACTUAL / Inferior / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 45

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(3.275 m, 64.062 m, 0.010 m)



Trama: 32 x 8 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
70	55	83	0.786	0.670

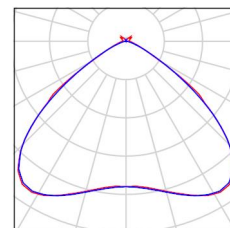


Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## SOLUCIÓN / Lista de luminarias

6 Pieza PHILIPS WT470C L1600 1 xLED64S/840 WB  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 6400 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 6400 lm  
Potencia de las luminarias: 46.5 W  
Clasificación luminarias según CIE: 97  
Código CIE Flux: 57 92 98 97 100  
Lámpara: 1 x LED64S/840 (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

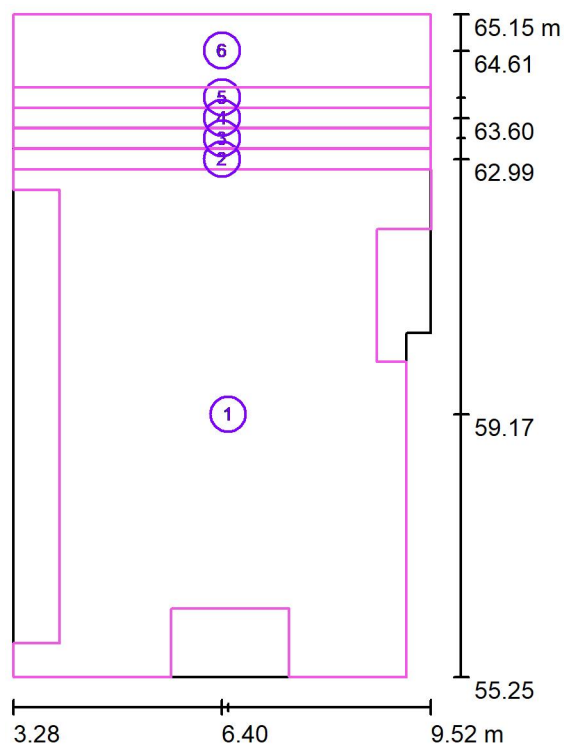






Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

### SOLUCIÓN / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 113

#### Lista de superficies de cálculo

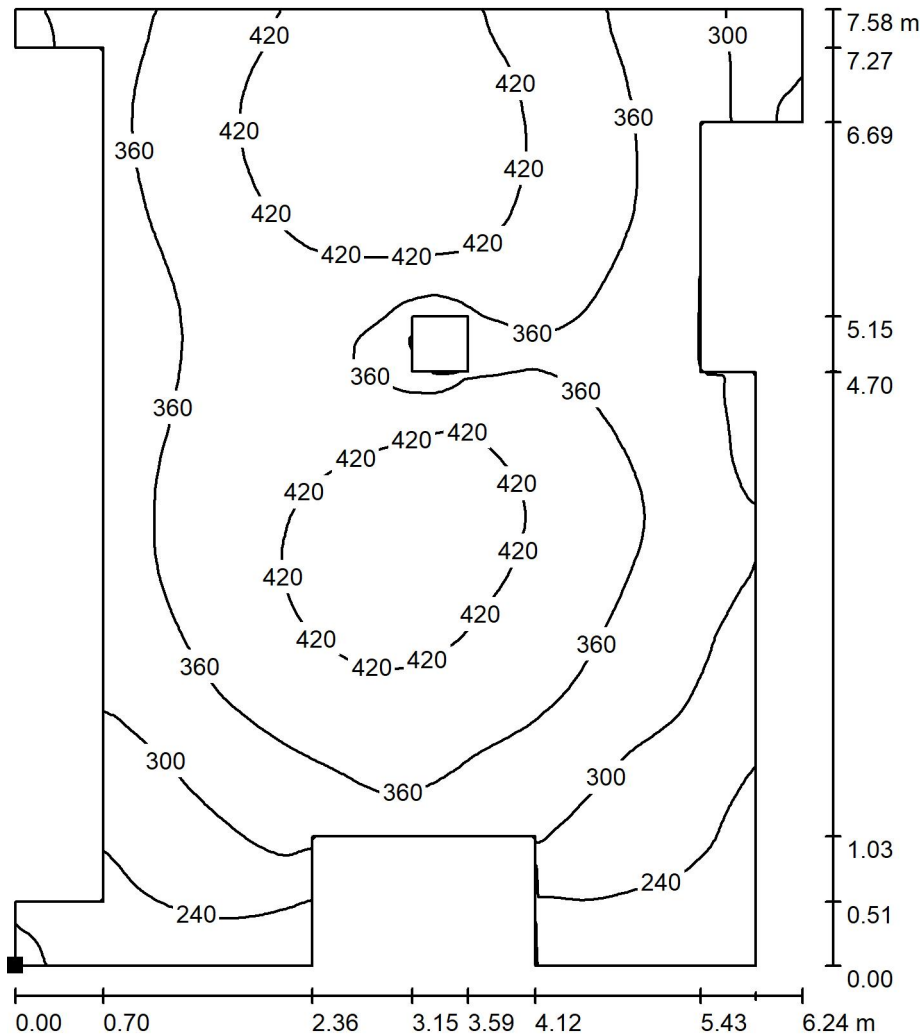
N°	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	Superior	perpendicular	128 x 128	358	172	455	0.482	0.379
2	Escalón 1	perpendicular	32 x 2	300	195	397	0.648	0.491
3	Escalón 2	perpendicular	32 x 2	284	193	364	0.680	0.530
4	Escalón 3	perpendicular	32 x 2	255	171	337	0.669	0.507
5	Escalón 4	perpendicular	32 x 2	235	161	308	0.683	0.522
6	Inferior	perpendicular	32 x 8	232	159	284	0.685	0.558

#### Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
perpendicular	6	328	159	455	0.48	0.35

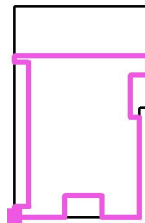
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SOLUCIÓN / Superior / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 60

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(3.275 m, 55.252 m, 0.801 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

$E_m$  [lx]  
358

$E_{min}$  [lx]  
172

$E_{max}$  [lx]  
455

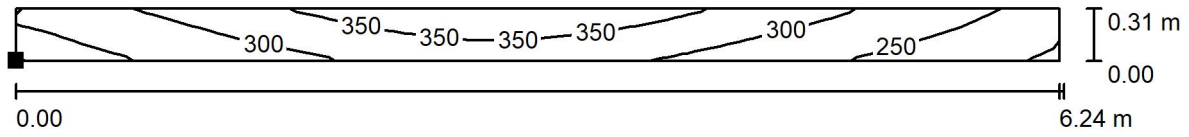
$E_{min} / E_m$   
0.482

$E_{min} / E_{max}$   
0.379



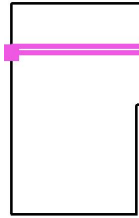
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SOLUCIÓN / Escalón 1 / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 45

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(3.275 m, 62.832 m, 0.650 m)



Trama: 32 x 2 Puntos

$E_m$  [lx]  
300

$E_{min}$  [lx]  
195

$E_{max}$  [lx]  
397

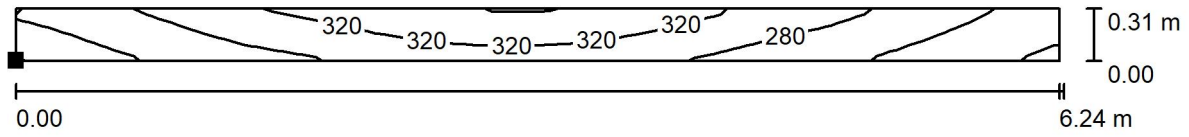
$E_{min} / E_m$   
0.648

$E_{min} / E_{max}$   
0.491



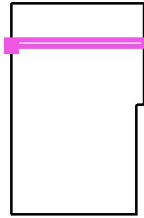
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SOLUCIÓN / Escalón 2 / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 45

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(3.275 m, 63.145 m, 0.490 m)



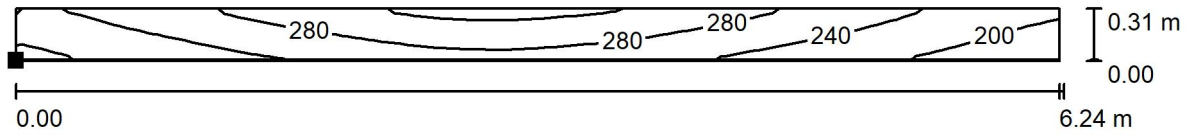
Trama: 32 x 2 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
284	193	364	0.680	0.530



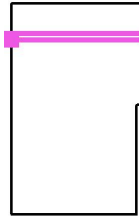
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SOLUCIÓN / Escalón 3 / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 45

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(3.275 m, 63.446 m, 0.330 m)



Trama: 32 x 2 Puntos

$E_m$  [lx]  
255

$E_{min}$  [lx]  
171

$E_{max}$  [lx]  
337

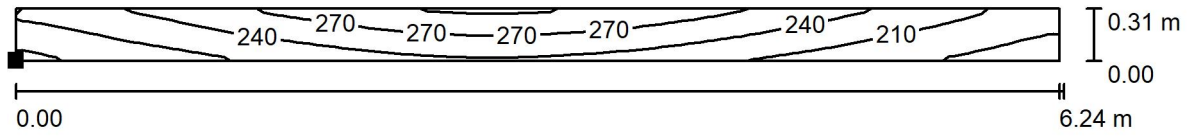
$E_{min} / E_m$   
0.669

$E_{min} / E_{max}$   
0.507



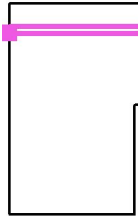
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SOLUCIÓN / Escalón 4 / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 45

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(3.275 m, 63.753 m, 0.170 m)



Trama: 32 x 2 Puntos

$E_m$  [lx]  
235

$E_{min}$  [lx]  
161

$E_{max}$  [lx]  
308

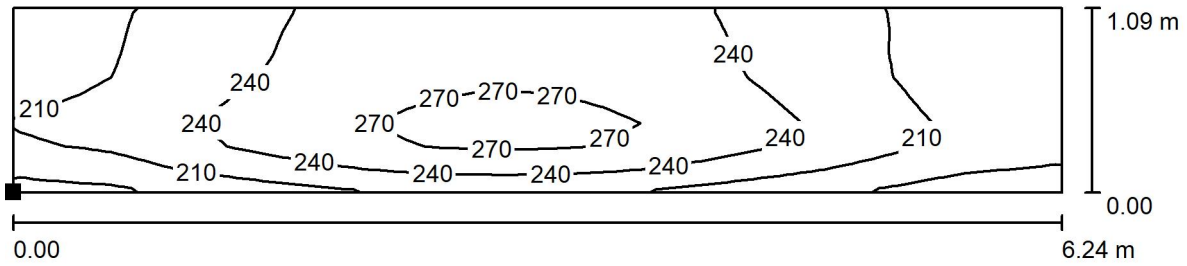
$E_{min} / E_m$   
0.683

$E_{min} / E_{max}$   
0.522



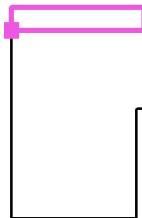
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**SOLUCIÓN / Inferior / Isolíneas (E, perpendicular)**



Valores en Lux, Escala 1 : 45

Situación de la superficie en el local:  
Punto marcado:  
(3.275 m, 64.062 m, 0.010 m)



Trama: 32 x 8 Puntos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
232	159	284	0.685	0.558





# **PRESUPUESTO**

INSTALACIÓN DE ALUMBRADO ALIMENTADA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA  
PRESUPUESTO

## 1. DEFINICIÓN DE LAS UNIDADES QUE INTERVIENEN

A continuación se mostrará de manera detallada el listado de precios de mano de obra, maquinaria y materiales que intervienen en la ejecución del proyecto tomando como fuente de datos principal la Base de Precios del Instituto Valenciano de la Edificación del 2016, el cual detalla tanto estos precios, como diferentes unidades de obra junto los rendimientos de cada mano de obra, material y maquinaria. Se detallará el código utilizado, la unidad, descripción y precio.

### 1.1. Listado de Precios de Mano de Obra

<b>MANO DE OBRA</b>			
<b>CÓDIGO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO (€)</b>
MO01	h	Oficial 1ª electricidad	16,58
MO02	h	Especialista electricidad	14,1
MO03	h	Oficial 1ª construcción	15,77
MO04	h	Peón ordinario construcción	13,11
MO05	h	Peón electricidad	13,18
MO06	h	Peón especializado construcción	13,63
MO07	h	Oficial 2ª electricidad	16,56
MO08	h	Oficial 3ª electricidad	14,14
MO09	h	Oficial 2ª construcción	15,14

### 1.2. Listado de Precios de Materiales

<b>MATERIALES</b>			
<b>CÓDIGO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO (€)</b>
MA01	u	Módulo fotovoltaico 330W 24V Policristalino Bauer	149,08
MA02	u	Estructura acero galvanizado 2 paneles sobre tejado	270
MA03	u	Controlador de Carga Smart Solar MPPT 250/100	965,58
MA04	u	Batería solar OPzS 24V 765Ah (12 unidades)	3105,96
MA05	u	Inversor VICTRON Phoenix 48/3000	1145,51
MA06	u	Fusible, cartucho de fusión lenta, 16A, 500V	0,86
MA07	u	Portafusibles Bussman, DIN RAIL, 30A	26,42
MA08	u	Repartidor de energía de 2 polos, 125A MAXGE	10,95
MA09	u	Limitador sobretensión enchufable fotovoltaico, tipo 2, 25kA, 1000VDC	266,26
MA10	u	Desconector por conmutación Eaton, 2 polos, 100A, IP40	23,52
MA11	u	Vigilante de aislamiento PROAT fac3	193,45
MA12	u	Cofret Mini Pragma superficie de 3 filas	91,31
MA13	u	Fusible Cooper Bussman FRN-R-110 110A	173,46
MA14	u	Portafusibles en carril Cooper Bussmann 110A	36,5
MA15	u	Contactador 25A, 2NC, 230Vac	54,2

INSTALACIÓN DE ALUMBRADO ALIMENTADA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA  
PRESUPUESTO

<b>MATERIALES</b>			
<b>CÓDIGO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO (€)</b>
MA16	u	Interruptor automático magnetotérmico iC60N 2P 25A curva C	81,31
MA17	u	Bloque diferencial Vigi iC60 2P 25A 30mA	291,74
MA18	u	Caja de superficie 8 módulos	29,51
MA19	u	Interruptor automático magnetotérmico iC60N, 2P, 40A, curva B	129,25
MA20	u	Conmutador de líneas eléctricas a 230V/20/40A Victron transfer switch 5kVA	299,9
MA21	u	Interruptor automático magnetotérmico iC60N 2P 16A curva C	77,42
MA22	u	Contactor modular iCT 25A 2NO 24V 50Hz MO	87,35
MA23	u	Interruptor automático magnetotérmico iC60N 2P 6A curva C	83,4
MA24	u	Mini Pragma superficie P.P., 2F 24M	57,34
MA25	u	Ado H 10x10x8 gris	0,08
MA26	t	Arena 0/5 triturada s/lvd 10km	9,66
MA27	m3	Agua	1,05
MA28	m	Tubo TM-PVC 7035 DN 7	2,14
MA29	m	Cable Cu RV-K(AS) monofásico 0,6/1kV 3G6mm2	2,59
MA30	m	Cable Cu PV ZZ-F/H1Z2Z2-K unipolar 4mm2	2,74
MA31	m	Cable Cu Z1C4Z1-K (AS) monofásico 0,6/1kV 1x35mm2	5,93
MA32	m	Cable Cu Z1C4Z1-K (AS) monofásico 0,6/1kV 2x25mm2	4,37
MA33	m	Bandeja varilla inoxidable 35x100	24,32
MA34	m	Canaleta PVC 160X65	27,39
MA35	m	Canaleta PVC 160X65	8,5
MA36	m	Cable Cu Z1C4Z1-K (AS) monofásico 0,6/1kV 2x16mm2	4,37
MA37	m	Tubo TM-PVC 7035 DN 48	0,58
MA38	m	Tubo TM-PVC 7035 DN 29	0,24
MA39	u	Luminaria BPP530 LED19-/830 II DM FG AL GR	785
MA40	u	Luminaria BVP650 LED80--4S/740 PSU S ALU	823
MA41	u	Luminaria BN124C LED21S/840 PSU TW1 L600	60
MA42	u	Luminaria TRFDES05SMTRFNDL_81 W700IA23_MOV_C1TRFPED	1614
MA43	u	Columna fundición hierro 4m	992
MA44	u	Caja de registro y derivación aislante 153x110 10conos	6,07
MA45	m	Cable monofásico de cobre tipo RV-K 3x2,5mm2	1,12
MA46	m3	HL-150 blanda TM 20	57,95
MA47	m3	H 20 plástica TM 20 I	58
MA48	m	Tubo rojo doble pared entre 90mm	1,42

<b>MATERIALES</b>			
<b>CÓDIGO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO (€)</b>
MA49	u	Perno anclaje d1,6cm L=50cm	2,15
MA50	u	Luminaria WT470C LED23S/840 PSU WB L700	250
MA51	u	Pie metálico altura 48mm	4,82
MA52	u	Grapa metal para fijación de cables	3,47
MA53	u	Luminaria PHILIPS BGP761 T25 1 xLED94-4S/830 DM70	511
MA54	u	Luminaria PHILIPS ClearWay gen2 BGP307 T25 1 xLED120-4S_740 DM50	298
MA55	m	Conductor pletina cobre	15,25
MA56	u	Conexión en cruz	19,94
MA57	u	Vía chispas tomas tierra	145,45
MA58	m	Cable cobre desnudo 1x35	1,21
MA59	u	Taco y collarín para sujección	7,9
MA60	m	Cable Cu RZ1-K(AS) monofásico 0,6/1kV 3G2,5mm2	1,71
MA61	u	Caja estanca 150x120x60mm	7,54
MA62	m	Tubo TM-PVC 7035 DN 16	0,18
MA63	u	Bloque diferencial Vigi iC60 2P 25A 300mA	215,84
MA64	m	Cable Cu RV-K 0.6/1kV 1x16mm2	2,05
MA65	m	Tubo PVC cg DC emp 20mm 30%acc	0,26
MA66	u	Losa de hormigón de 20x15x1000 mm	39,49

### 1.3. Listado de Precios de Maquinaria

<b>MAQUINARIA</b>			
<b>CÓDIGO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO (€)</b>
MM01	h	Retroexcavadora de orugas 247cv 1.9 m3	87
MM02	h	Suplemento por martillo picador	20
MM03	h	Pala cargadora de neumaticos 179cv 3,2m3	55,76
MM04	h	Bandeja vibradora compactadora 140kg	3,41
MM05	h	Camión grúa 12T	57,45
MM06	h	Vibrador gasolina aguja d30-50mm	1,42
MM07	h	Taladradora mecánica	1,79

## 2. UNIDADES DE OBRA

En este apartado se describe cada unidad de obra utilizada, añadiendo su unidad y código utilizado para el presupuesto.

<b>UNIDAD DE OBRA 01: INSTALACIÓN DE PANEL FOTOVOLTAICO</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO01	ud	Módulo fotovoltaico policristalino de clase II, con un grado de protección mínimo de IP67, 330Wp de potencia pico y 24V de tensión nominal, totalmente instalado y cableado entre distintos paneles.

<b>UNIDAD DE OBRA 02: INSTALACIÓN SOPORTE PANELES SOLARES</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO02	ud	Estructura inclinada a 30° o 60° de acero galvanizado con marcado CE para soporte de 2 paneles fotovoltaicos de 330Wp, instalada en tejado o terraza plana, con tratamiento contra inclemencias meteorológicas y fabricada según exigencias de la Unión Europea, totalmente instalada según DB SE y DB HE-5 del CTE.

<b>UNIDAD DE OBRA 03: INSTALACIÓN DEL REGULADOR DE CARGA</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO03	ud	Controlador de carga Smart Solar MPPT 250/100 de hasta 5800W de potencia FV máxima y grado de protección IP43 (componentes electrónicos) y IP22 (área de conexión). Totalmente instalado

<b>UNIDAD DE OBRA 04: INSTALACIÓN DE GRUPO DE 12 BATERÍAS</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO04	ud	Conjunto de 12 baterías solares OPzS estacionaria de 24V y 660Ah, incluyendo soportes, totalmente instalada.

<b>UNIDAD DE OBRA 05: INSTALACIÓN DE INVERSOR DE ONDA SENOIDAL</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO05	ud	Inversor de onda senoidal pura monofásico VICTRON Phoenix 48/3000 para instalación interior y a batería, de 6000W de pico de potencia, totalmente instalado

<b>UNIDAD DE OBRA 06: CUADRO ELÉCTRICO DE PROTECCIÓN EXTERIOR</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO06	ud	Cuadro de protección exterior de la instalación fotovoltaica de 268x478x102mm, montado en superficie, montaje DIN y grados de protección IP40 IK07, incluye cableado interior del cuadro, totalmente instalado

<b>UNIDAD DE OBRA 07: CUADRO ELÉCTRICO PROTECCIÓN INTERIOR</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO07	ud	Cuadro de protección eléctrica general para la instalación interior de los elementos fotovoltaicos: regulador, baterías e inversor, con fusibles, portafusibles, contactor, interruptor automático magnetotérmico y bloque diferencial, incluye cableado interior del cuadro.

<b>UNIDAD DE OBRA 08: REMODELACIÓN CUADRO ELÉCTRICO DE PROTECCIÓN GENERAL</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO08	ud	Cuadro de protección eléctrica general para toda la estación de ferrocarril en su conjunto. Hay protecciones que ya están instaladas y sólo se instalarían los siguientes elementos: interruptor magnetotérmico general, diferencial para el alumbrado del despacho e interruptor magnetotérmico de la línea al CGP del alumbrado, incluye cableado interior del cuadro

<b>UNIDAD DE OBRA 09: CUADRO ELÉCTRICO DE PROTECCIÓN DEL ALUMBRADO</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO09	ud	Cuadro de protección eléctrica general para el alumbrado de andenes y vestíbulo de la estación. El cuadro tiene una entrada des del cuadro eléctrico de protección general y otra entrada des del cuadro eléctrico de protección interior de la instalación fotovoltaica. Contará con un conmutador de redes para conmutar ambas entradas. En el cuadro también se instalarán el reloj astronómico y su protección magnetotérmica que ya hay instalados en el cuadro eléctrico de protección general, incluye cableado interior del cuadro

<b>UNIDAD DE OBRA 10: DEMOLICIÓN ADOQUINADO SOBRE LECHO ARENA MMEC CON RECUPERACIÓN</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO10	m <sup>2</sup>	Demolición de adoquinado sobre lecho arena con recuperación del material realizada con medios mecánicos, incluida la retirada de escombros a contenedor o acopio intermedio y sin incluir la carga y el transporte a vertedero

<b>UNIDAD DE OBRA 11: EXCAVACIÓN DE ZANJA POR MEDIOS MECÁNICOS</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO11	m <sup>3</sup>	Excavación de zanja en tierras realizada mediante medios mecánicos, incluida la carga de material y su acopio intermedio o su transporte a vertedero a una distancia menor de 10km.

<b>UNIDAD DE OBRA 12: RELLENO ZANJA CON TIERRA PROPIA Y COMPACTADA</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO12	m <sup>3</sup>	Relleno y compactación de zanja con tierra propia de excavación

<b>UNIDAD DE OBRA 13: PAVIMENTO ADOQUINES HORMIGÓN 10x10x8 SOBRE CAPA DE ARENA</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO13	m <sup>2</sup>	Pavimento realizado con adoquines de hormigón de 10x10x8cm acabado gris, asentados sobre capa de arena de 10cm de espesor mínimo previa compactación del terreno hasta conseguir un valor del 95% del próctor modificado, incluso relleno de juntas con arena, compactado con bandeja vibratoria y eliminación de restos y limpieza, según NTE/RSR-17

<b>UNIDAD DE OBRA 14: TUBO CORRUGADO SIMPLE PVC CURVABLE 12,8mm</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO14	m	Suministro e instalación de tubo curvable de PVC corrugado simple para canalización ordinaria de 12,8mm de diámetro nominal, no propagador de la llama, totalmente instalado, incluso ayudas de albañilería y sin incluir el cableado, según REBT 2002

<b>UNIDAD DE OBRA 15: LÍNEA DE COBRE RV-K(AS) MONOF. 0,6/1kV MULTICONDUCTOR 3G6mm<sup>2</sup></b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO15	m	Suministro y tendido de línea monofásica formada por 1 cable RV-K(AS) multiconductor (F+N+T) no propagador del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida, de 0,6/1kV de tensión nominal, constituido por conductores de cobre flexible de 6mm <sup>2</sup> de sección para las fases y 6mm <sup>2</sup> para el cable de tierra, con aislamiento XLPE y cubierta de poliolefina, totalmente instalada, conectada y en correcto estado de funcionamiento según REBT 2002

<b>UNIDAD DE OBRA 16: LÍNEA DE COBRE PV ZZ-F/H1Z2Z2-K MONOF. 0,6/1kV CC:1.8kV 1x4mm<sup>2</sup></b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO16	m	Suministro y tendido de línea monofásica formada por 2 cables PV ZZ-F/H1Z2Z2-K (F+N) constituidos por conductores de cobre flexible de 4mm <sup>2</sup> de sección para la fase y 4mm <sup>2</sup> de sección para el neutro, con aislamiento PVC, incluyendo parte proporcional de pequeño material y piezas especiales, totalmente instalada, y en correcto estado de funcionamiento según REBT 2002

<b>UNIDAD DE OBRA 17: LÍNEA DE COBRE Z1C4Z1-K (AS) MONOF. 0,6/1kV 2x35mm<sup>2</sup></b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO17	m	Suministro y tendido de línea monofásica formada por 1 cable Z1C4Z1-K (AS) constituido por dos conductores de cobre flexible de 35mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento XLPE, incluyendo parte proporcional de pequeño material y piezas especiales, totalmente instalada, y en correcto estado de funcionamiento según REBT 2002

<b>UNIDAD DE OBRA 18: LÍNEA DE COBRE Z1C4Z1-K (AS) MONOF. 0,6/1kV 2x25mm<sup>2</sup></b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO18	m	Suministro y tendido de línea monofásica formada por 1 cable TOXFREE Z1C4Z1-K (AS) constituido por tres conductores de cobre flexible de 25mm <sup>2</sup> de sección (F+N), con aislamiento XLPE, incluyendo parte proporcional de pequeño material y piezas especiales, totalmente instalada, y en correcto estado de funcionamiento según REBT 2002

<b>UNIDAD DE OBRA 19: BANDEJA VARILLA 35x100mm</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO19	m	Bandeja metálica de varilla inoxidable sin tapa de dimensiones 35x100mm, para canalización eléctrica, suministrada en tramos de 3m de longitud, totalmente montada, incluido pie metálico de 48mm de altura, sin incluir cableado según el REBT 2002



<b>UNIDAD DE OBRA 20: CANALETA PVC 160x65 CON TAPA</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO20	m	Canaleta de PVC con tapa y tabique separador para canalización de todo tipo de cables de señal o baja tensión, con posibilidad de colocación de mecanismos empotrados en la canal, de dimensiones 160x65mm, suministrada en tramos de 2m de longitud, según el REBT 2002

<b>UNIDAD DE OBRA 21: BANDEJA METÁLICA PERFORADA 30x100</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO21	m	Bandeja metálica perforada de acero galvanizado sin tapa, de dimensiones 30x100mm, para canalización eléctrica suministrada en tramos de 2m de longitud, totalmente montada, incluye obra en el techo si es necesario, sin incluir cableado, según el REBT 2002

<b>UNIDAD DE OBRA 22: LÍNEA DE COBRE Z1C4Z1-K (AS) MONOF. 0,6/1kV 2x16mm<sup>2</sup></b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO22	m	Suministro y tendido de línea monofásica formada por 1 cable TOXFREE Z1C4Z1-K (AS) constituido por dos conductores de cobre flexible de 16mm <sup>2</sup> de sección (F+N) , con aislamiento XLPE, incluyendo parte proporcional de pequeño material y piezas especiales, totalmente instalada, y en correcto estado de funcionamiento según REBT 2002

<b>UNIDAD DE OBRA 23: TUBO CORRUGADO SIMPLE PVC CURVABLE 50mm</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO23	m	Suministro e instalación de tubo curvable de PVC corrugado simple para canalización ordinaria de 50mm de diámetro nominal, no propagador de la llama, totalmente instalado, incluso ayudas de albañilería y sin incluir el cableado, según REBT 2002

<b>UNIDAD DE OBRA 24: TUBO CORRUGADO SIMPLE PVC CURVABLE 32mm</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO24	m	Suministro e instalación de tubo curvable de PVC corrugado simple para canalización ordinaria de 32mm de diámetro nominal, no propagador de la llama, totalmente instalado, incluso ayudas de albañilería y sin incluir el cableado, según REBT 2002

<b>UNIDAD DE OBRA 25: LUMINARIA PARA ALUMBRADO ANDÉN CLEARWAY GEN2 LED</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO25	ud	Suministro e instalación de luminaria ClearWay gen2 LED para alumbrado público urbano, equipo eléctrico 220-240V 50a 60Hz, lámpara de 74W de potencia, clase II, IP66, IK08, totalmente instalada

<b>UNIDAD DE OBRA 26: LUMINARIA PARA ALUMBRADO ANDÉN CLEARFLOOD</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO26	ud	Suministro e instalación de luminaria ClearFlood para alumbrado público urbano, equipo eléctrico 220-240V 50a 60Hz, lámpara de 47W de potencia, clase II, IP66, IK09, totalmente instalada

<b>UNIDAD DE OBRA 27: LUMINARIA PARA ALUMBRADO ANDÉN CORE LINE REGLETA</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO27	ud	Suministro e instalación de luminaria tubo CoreLine Regleta, equipo eléctrico, de 19W de potencia, IP20, IK02, totalmente instalada en la marquesina

<b>UNIDAD DE OBRA 28: LUMINARIA PARA ALUMBRADO PASO TRAFIC DEMON</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO28	ud	Suministro e instalación de luminaria SIMON TRAFIC DEMON para alumbrado público urbano, equipo eléctrico 220-240V 50a 60Hz, lámpara de 71W de potencia, clase II, IP66, IK09, totalmente instalada

<b>UNIDAD DE OBRA 29: DESMONTAJE PUNTO ALUMBRADO PÚBLICO</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO29	ud	Desmontaje de punto de alumbrado público formado por luminaria, equipo eléctrico y báculo de hasta 6m de altura, incluido el transporte de los elementos a lugar de acopio para su posterior reutilización

<b>UNIDAD DE OBRA 30: INSTALACIÓN COLUMNA FUNDICIÓN HIERRO 4m</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO30	ud	Suministro e instalación de columna de fundición de hierro para alumbrado, de 4m de altura, con orejas en la ase para pernos de anclaje, zócalo y fuste, cableado interior de conexión y toma a tierra, totalmente montada.

<b>UNIDAD DE OBRA 31: CIMENTACIÓN BÁCULO/COLUMNA 4-6m</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO31	ud	Cimentación de báculo o columna de altura 4-6m, formada por zapata de hormigón HM-20/P/20/I de dimensiones 70x70x70cm, cuatro pernos de anclaje de 16mm de diámetro y 50cm de longitud para recibir placa de asiento y codo de tubo de PVC de 90mm, sin incluir la excavación ni el relleno perimetral posterior, totalmente ejecutada.

<b>UNIDAD DE OBRA 32: LUMINARIA PARA ALUMBRADO INTERIOR PACIFIC LED GEN4</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO32	ud	Suministro e instalación de luminaria tubo Pacific LED gen4, equipo eléctrico, de 46,5W de potencia, IP20, IK02, incluido accesorios necesarios para su anclaje, totalmente instalada y en correcto funcionamiento, según el REBT 2002

<b>UNIDAD DE OBRA 33: DESMONTADO LUMINARIA INTERIOR</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO33	ud	Desmontado de red de instalación eléctrica, luminarias, tubos, cajas para un número de puntos de luz menor o igual a 10 unidades, incluso retirada de escombros y carga sobre camión o contenedor, sin incluir transporte a vertedero.

<b>UNIDAD DE OBRA 34: UNIÓN CON TOMA DE TIERRA GENERAL</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO34	ud	Unión con toma de tierra general, colocada y en un correcto estado de funcionamiento. Sólo incluye la instalación eléctrica

<b>UNIDAD DE OBRA 35: CONDUCTOR PUESTA A TIERRA CU DESNUDO 35mm<sup>2</sup></b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO35	m	Tendido de conducción de puesta a tierra a una profundidad mínima de 80cm, instalada con conductor de cobre desnudo recocido de 35mm <sup>2</sup> de sección, según el REBT 2002

<b>UNIDAD DE OBRA 36: PERFORACIÓN PARED</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO36	ud	Perforación de pared de ladrillo de 0,25m y 60mm de diámetro para el paso de tubos y conductores

<b>UNIDAD DE OBRA 37: INSTALACIÓN COLUMNA FUNDICIÓN HIERRO 4m EXISTENTE</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO37	ud	Suministro e instalación de columna de fundición de hierro para alumbrado, de 4m de altura, con orejas en la ase para pernos de anclaje, zócalo y fuste, cableado interior de conexión y toma a tierra, totalmente montada.

<b>UNIDAD DE OBRA 38: INSTALACIÓN CAJA DE DISTRIBUCIÓN</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO38	ud	Suministro e instalación de caja de distribución, de dimensiones 150x120x60mm, para interconexión y distribución de redes eléctricas, instalada y comprobada para su puesta en funcionamiento.

<b>UNIDAD DE OBRA 39: CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA 16mm<sup>2</sup></b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO39	ud	Línea de puesta a tierra instalada con conductor de cobre RV-K 0.6/1kV de 16mm <sup>2</sup> de sección protegida con tubo corrugado simple de PVC de diámetro 25mm, knclus o parte proporcional de pequeño material y piezas especiales, ayudas de albañilería y conexión al punto d epuesta a tierra, según el REBT 2002.

<b>UNIDAD DE OBRA 40: LÍNEA DE COBRE RZ1-K(AS) MONOF. 0,6/1kV MULTICONDUCTOR 3G2,5mm2</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO40	ud	Suministro y tendido de línea monofásica formada por 1 cable RZ1-K(AS) multiconductor (F+N+T) no propagador del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida, de 0,6/1kV de tensión nominal, constituido por conductores de cobre flexible de 2,5mm <sup>2</sup> de sección para las fases y 2,5mm <sup>2</sup> para el cable de tierra, con aislamiento XLPE y cubierta de poliolefina, totalmente instalada, conectada y en correcto estado de funcionamiento según REBT 2002

<b>UNIDAD DE OBRA 41: INSTALACIÓN DE LOSA DE HORMIGÓN PARA SUJECIÓN DE PANELES SOLARES</b>		
CÓDIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
UDO41	ud	Instalación de losa de hormigón para sujeción de la estructura fotovoltaica, de 20x15x1000 mm

### 3. CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS

A continuación se describen los precios descompuestos para cada unidad de obra necesaria para la ejecución del proyecto, considerando entre un 2% y un 4% el coste directo complementario dependiendo de la información obtenida en la base de datos.

Código	Unidad	Descripción	Rend	Precio (€)	Importe (€)
--------	--------	-------------	------	------------	-------------

<b>UDO01</b>	<b>ud</b>	<b>INSTALACIÓN DE PANEL FOTOVOLTAICO</b>			<b>157,50</b>
MO01	h	Oficial 1ª electricidad	0,125	16,58	2,07
MO02	h	Especialista electricidad	0,125	14,1	1,76
MA01	ud	Módulo fotovoltaico 330W 24V Policristalino Bauer	1	149,08	149,08
	%	Costes Directos Complementarios	0,03	152,91	4,59

<b>UDO02</b>	<b>ud</b>	<b>INSTALACIÓN SOPORTE PANELES SOLARES</b>			<b>294,70</b>
MO03	h	Oficial 1ª construcción	1,2	15,77	18,92
MA02	ud	Estructura acero galvanizado 2 paneles sobre tejado	1	270	270,00
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	288,92	5,78

<b>UDO03</b>	<b>ud</b>	<b>INSTALACIÓN DEL REGULADOR DE CARGA</b>			<b>987,01</b>
MO01	h	Oficial 1ª electricidad	0,125	16,58	2,07
MA03	ud	Controlador de Carga Smart Solar MPPT 250/100	1	965,58	965,58
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	967,65	19,35

INSTALACIÓN DE ALUMBRADO ALIMENTADA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA  
PRESUPUESTO

<b>UDO04</b>	<b>ud</b>	<b>INSTALACIÓN GRUPO DE 12 BATERÍAS</b>			<b>3233,65</b>
MO01	h	Oficial 1ª electricidad	0,2	16,58	3,32
MA04	ud	Batería solar OPzS 24V 765Ah	1	3105,96	3105,96
	%	Costes Directos Complementarios	0,04	3109,27	124,37

<b>UDO05</b>	<b>ud</b>	<b>INSTALACIÓN DE INVERSOR DE ONDA SENOIDAL</b>			<b>1171,80</b>
MO01	h	Oficial 1ª electricidad	0,2	16,58	3,32
MA05	ud	Inversor VICTRON Phoenix 48/3000	1	1145,51	1145,51
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	1148,82	22,98

<b>UDO06</b>	<b>ud</b>	<b>CUADRO ELÉCTRICO PROTECCIÓN EXTERIOR</b>			<b>983,33</b>
MO01	h	Oficial 1ª electricidad	6	16,58	99,48
MO02	h	Especialista electricidad	3	14,1	42,30
MA06	ud	Fusible, cartucho de fusión lenta, 16A, 500V	8	0,86	6,88
MA07	ud	Porta fusibles Bussman, DIN RAIL, 30A	8	26,42	211,36
MA08	ud	Repartidor de energía de 2 polos, 125A MAXGE	1	10,95	10,95
MA09	ud	Limitador sobretensión enchufable fotovoltaico, tipo 2, 25kA, 1000VDC	1	266,26	266,26
MA10	ud	Desconector por conmutación Eaton, 2 polos, 100A, IP40	1	23,52	23,52
MA11	ud	Vigilante de aislamiento PROAT fac3	1	193,45	193,45
MA12	ud	Cofret Mini Pragma superficie de 3 filas	1	91,31	91,31
	%	Costes Directos Complementarios	0,04	945,51	37,82

<b>UDO07</b>	<b>ud</b>	<b>CUADRO ELÉCTRICO PROTECCIÓN INTERIOR</b>			<b>980,26</b>
MO01	h	Oficial 1ª electricidad	6	16,58	99,48
MO02	h	Especialista electricidad	3	14,1	42,30
MA13	ud	Fusible Cooper Bussman FRN-R-110 110A	2	173,46	346,92
MA14	ud	Porta fusibles en carril Cooper Bussmann 110A	2	36,5	73,00
MA15	ud	Contactador 25A, 2NC, 230Vac	1	54,2	54,20
MA16	ud	Interruptor automático magnetotérmico iC60N 2P 25A curva C	1	81,31	81,31
MA63	u	Bloque diferencial Vigi iC60 2P 25A 300mA	1	215,84	215,84
MA18	ud	Caja de superficie 8 módulos	1	29,51	29,51
	%	Costes Directos Complementarios	0,04	942,56	37,70

INSTALACIÓN DE ALUMBRADO ALIMENTADA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA  
PRESUPUESTO

<b>UDO08</b>	<b>ud</b>	<b>REMODELACIÓN CUADRO ELÉCTRICO DE PROTECCIÓN GENERAL</b>			<b>669,84</b>
MO01	h	Oficial 1ª electricidad	6	16,58	99,48
MO02	h	Especialista electricidad	3	14,1	42,30
MA19	ud	Interruptor automático magnetotérmico iC60N, 2P, 40A, curva B	1	129,25	129,25
MA16	ud	Interruptor automático magnetotérmico iC60N, 2P, 25A, curva C	1	81,31	81,31
MA17	ud	Bloque diferencial Vigi iC60 2P 25A 30mA	1	291,74	291,74
	%	Costes Directos Complementarios	0,04	644,08	25,76

<b>UDO09</b>	<b>ud</b>	<b>CUADRO ELÉCTRICO DE PROTECCIÓN DEL ALUMBRADO</b>			<b>2932,25</b>
MO01	h	Oficial 1ª electricidad	6	16,58	99,48
MO02	h	Especialista electricidad	3	14,1	42,30
MA16	ud	Interruptor automático magnetotérmico iC60N 2P 25A curva C	2	81,31	162,62
MA20	ud	Conmutador de líneas eléctricas a 230V/20/40A Victron transfer switch 5kVA	1	299,9	299,90
MA21	ud	Interruptor automático magnetotérmico iC60N 2P 16A curva C	1	77,42	77,42
MA22	ud	Contactador modular iCT 25A 2NO 24V 50Hz MO	3	87,35	262,05
MA23	ud	Interruptor automático magnetotérmico iC60N 2P 6A curva C	5	83,4	417,00
MA17	ud	Bloque diferencial Vigi iC60 2P 25A 30mA	5	291,74	1458,70
MA24	ud	Mini Pragma superficie P.P., 2F 24M	1	57,34	57,34
	%	Costes Directos Complementarios	0,04	2819,47	112,78

<b>UDO10</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>DEMOLICIÓN ADOQUINADO SOBRE LECHO ARENA MMEC CON RECUPERACIÓN</b>			<b>4,70</b>
MO03	h	Oficial 1ª construcción	0,005	15,77	0,08
MO04	h	Peón ordinario construcción	0,011	13,114	0,14
MM01	h	Retroexcavadora de orugas 247cv 1.9 m3	0,035	105,28	3,68
MM02	h	Suplemento por martillo picador	0,035	20	0,70
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	4,607904	0,09

<b>UDO11</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>EXCAVACIÓN DE ZANJA POR MEDIOS MECÁNICOS</b>			<b>5,93</b>
MO03	h	Oficial 1ª construcción	0,01	15,77	0,16
MO04	h	Peón ordinario construcción	0,02	13,11	0,26
MM01	h	Retroexcavadora de orugas 247cv 1,9m3	0,062	87	5,39
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	5,8139	0,12

INSTALACIÓN DE ALUMBRADO ALIMENTADA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA  
PRESUPUESTO

<b>UDO12</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>RELLENO ZANJA CON TIERRA PROPIA Y COMPACTADA</b>			<b>3,68</b>
MO03	h	Oficial 1ª construcción	0,04	15,77	0,63
MO04	h	Peón ordinario construcción	0,15	13,11	1,97
MM03	h	Pala cargadora de neumaticos 179cv 3,2m3	0,012	55,76	0,67
MM04	h	Bandeja vibradora compactadora 140kg	0,1	3,41	0,34
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	3,60742	0,07

<b>UDO13</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>PAVIMENTO ADOQUINES HORMIGÓN 10x10x8 SOBRE CAPA DE ARENA</b>			<b>33,05</b>
MO03	h	Oficial 1ª construcción	0,517	15,77	8,15
MO04	h	Peón ordinario construcción	1,033	13,11	13,54
MA25	ud	Ado H 10x10x8 gris	105	0,08	8,40
MA26	t	Arena 0/5 triturada s/lvd 10km	0,15	9,66	1,45
MM04	h	Bandeja vibradora compactadora 140kg	0,25	3,41	0,85
MA27	m3	Agua	0,009	1,05	0,01
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	32,40667	0,65

<b>UDO14</b>	<b>m</b>	<b>TUBO CORRUGADO SIMPLE PVC CURVABLE 12,8mm</b>			<b>2,92</b>
MO01	h	Oficial 1ª electricidad	0,09	16,58	1,49
MO04	h	Peón ordinario construcción	0,09	13,11	1,18
MA62	m	Tubo TM-PVC 7035 DN 16	1,05	0,18	0,19
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	2,8611	0,06

<b>UDO15</b>	<b>m</b>	<b>LÍNEA DE COBRE RV-K(AS) MONOF. 0,6/1kV MULTICONDUCTOR 3G6mm2</b>			<b>4,60</b>
MO01	h	Oficial 1ª electricidad	0,04	16,58	0,66
MO02	h	Especialista electricidad	0,08	14,1	1,13
MA29	m	Cable Cu RV-K(AS) monofásico 0,6/1kV 3G6mm2	1,05	2,59	2,72
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	4,5107	0,09

<b>UDO16</b>	<b>m</b>	<b>LÍNEA DE COBRE PV ZZ-F/H1Z2Z2-K MONOF. 0,6/1kV CC:1.8kV 1x4mm2</b>			<b>8,61</b>
MO01	h	Oficial 1ª electricidad	0,06	16,58	0,99
MO02	h	Especialista electricidad	0,12	14,1	1,69
MA30	m	Cable Cu PV ZZ-F/H1Z2Z2-K unipolar 4mm2	2,1	2,74	5,75
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	7,4408	0,17

INSTALACIÓN DE ALUMBRADO ALIMENTADA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA  
PRESUPUESTO

<b>UDO17</b>	<b>m</b>	<b>LÍNEA DE COBRE Z1C4Z1-K (AS) MONOF. 0,6/1kV 2x35mm2</b>			<b>9,09</b>
MO01	h	Oficial 1ª electricidad	0,06	16,58	0,99
MO02	h	Especialista electricidad	0,12	14,1	1,69
MA31	m	Cable Cu Z1C4Z1-K (AS) monofásico 0,6/1kV 1x35mm2	1,05	5,93	6,23
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	8,9133	0,18

<b>UDO18</b>	<b>m</b>	<b>LÍNEA DE COBRE Z1C4Z1-K (AS) MONOF. 0,6/1kV 2x25mm2</b>			<b>7,42</b>
MO01	h	Oficial 1ª electricidad	0,06	16,58	0,99
MO02	h	Especialista electricidad	0,12	14,1	1,69
MA32	m	Cable Cu Z1C4Z1-K (AS) monofásico 0,6/1kV 2x25mm2	1,05	4,37	4,59
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	7,2753	0,15

<b>UDO19</b>	<b>m</b>	<b>BANDEJA VARILLA 35x100mm</b>			<b>35,03</b>
MO01	h	Oficial 1ª electricidad	0,13	16,58	2,16
MO02	h	Especialista electricidad	0,13	14,1	1,83
MA33	m	Bandeja varilla inoxidable 35x100	1,05	24,32	25,54
MA51	ud	Pie metálico altura 48mm	1	4,82	4,82
MA52	ud	Grapa metal para fijación de cables	1	3,47	3,47
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	34,3444	0,69

<b>UDO20</b>	<b>m</b>	<b>CANALETA PVC 160x65 CON TAPA</b>			<b>36,22</b>
MO01	h	Oficial 1ª electricidad	0,22	16,58	3,65
MO02	h	Especialista electricidad	0,22	14,1	3,10
MA34	m	Canaleta PVC 160X65	1,05	27,39	28,76
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	35,5091	0,71

<b>UDO21</b>	<b>m</b>	<b>BANDEJA METÁLICA PERFORADA 30x100</b>			<b>17,55</b>
MO01	h	Oficial 1ª electricidad	0,27	16,58	4,48
MO02	h	Especialista electricidad	0,27	14,1	3,81
MA35	m	Canaleta PVC 160X65	1,05	8,5	8,93
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	17,2086	0,34

<b>UDO22</b>	<b>m</b>	<b>LÍNEA DE COBRE Z1C4Z1-K (AS) MONOF. 0,6/1kV 2x16mm2</b>			<b>6,87</b>
MO01	h	Oficial 1ª electricidad	0,06	16,58	0,99
MO02	h	Especialista electricidad	0,12	14,1	1,69
MA36	m	Cable Cu Z1C4Z1 (AS) monofásico 0,6/1kV 2x16mm2	1,05	3,86	4,05
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	6,7398	0,13



INSTALACIÓN DE ALUMBRADO ALIMENTADA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA  
PRESUPUESTO

<b>UDO23</b>	<b>m</b>	<b>TUBO CORRUGADO SIMPLE PVC CURVABLE 50mm</b>			<b>2,14</b>
MO01	h	Oficial 1ª electricidad	0,05	16,58	0,83
MO04	h	Peón ordinario construcción	0,05	13,11	0,66
MA37	m	Tubo TM-PVC 7035 DN 48	1,05	0,58	0,61
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	2,0935	0,04

<b>UDO24</b>	<b>m</b>	<b>TUBO CORRUGADO SIMPLE PVC CURVABLE 32mm</b>			<b>1,17</b>
MO01	h	Oficial 1ª electricidad	0,03	16,58	0,50
MO04	h	Peón ordinario construcción	0,03	13,11	0,39
MA38	m	Tubo TM-PVC 7035 DN 29	1,05	0,24	0,25
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	1,1427	0,02

<b>UDO25</b>	<b>ud</b>	<b>LUMINARIA PARA ALUMBRADO ANDÉN CLEARWAY GEN2 LED</b>			<b>308,67</b>
MO05	h	Peón electricidad	0,35	13,18	4,61
MA54	ud	Luminaria PHILIPS ClearWay gen2 BGP307 T25 1 xLED120-4S_740 DM50	1	298	298,00
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	302,613	6,05

<b>UDO26</b>	<b>ud</b>	<b>LUMINARIA PARA ALUMBRADO ANDÉN CLEARFLOOD</b>			<b>844,17</b>
MO05	h	Peón electricidad	0,35	13,18	4,61
MA40	ud	Luminaria BVP650 LED80--4S/740 PSU S ALU	1	823	823,00
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	827,613	16,55

<b>UDO27</b>	<b>ud</b>	<b>LUMINARIA PARA ALUMBRADO ANDÉN CORE LINE REGLETA</b>			<b>65,91</b>
MO05	h	Peón electricidad	0,35	13,18	4,61
MA41	ud	Luminaria BN124C LED21S/840 PSU TW1 L600	1	60	60,00
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	64,613	1,29

<b>UDO28</b>	<b>ud</b>	<b>LUMINARIA PARA ALUMBRADO PASO TRAFIC DEMON</b>			<b>1650,99</b>
MO05	h	Peón electricidad	0,35	13,18	4,61
MA42	ud	Luminaria TRFDES05SMTRFNDL_81 W700IA23_MOV_C1TRFPED	1	1614	1614,00
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	1618,613	32,37

<b>UDO29</b>	<b>ud</b>	<b>DESMONTAJE PUNTO ALUMBRADO PÚBLICO</b>			<b>61,99</b>
MO01	h	Oficial 1ª electricidad	0,7	16,58	11,61
MO03	h	Oficial 1ª construcción	0,5	15,77	7,89
MO06	h	Peón especializado construcción	0,5	13,63	6,82
MM05	h	Camión grúa 12T	0,6	57,45	34,47
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	60,776	1,22

INSTALACIÓN DE ALUMBRADO ALIMENTADA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA  
PRESUPUESTO

<b>UDO30</b>	<b>ud</b>	<b>INSTALACIÓN COLUMNA FUNDICIÓN HIERRO 4m</b>			<b>1033,26</b>
MO04	h	Peón ordinario construcción	0,3	13,11	3,93
MO01	h	Oficial 1ª electricidad	0,104	16,58	1,72
MA43	u	Columna fundición hierro 4m	1	992	992,00
MA44	ud	Caja de registro y derivación aislante 153x110 10conos	1	6,07	6,07
MA45	m	Cable monofásico de cobre tipo RV-K 3x2,5mm2	5,2	1,12	5,82
MM05	h	Camión grúa 12T	0,06	57,45	3,45
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	1012,998 32	20,26

<b>UDO31</b>	<b>ud</b>	<b>CIMENTACIÓN BÁCULO/COLUMNA 4-6m</b>			<b>45,25</b>
MO03	h	Oficial 1ª construcción	0,386	15,77	6,09
MO06	h	Peón especializado construcción	0,386	13,63	5,26
MM06	h	Vibrador gasolina aguja d30-50mm	0,05	1,42	0,07
MA46	m3	HL-150 blanda TM 20	0,056	57,95	3,25
MA47	m3	H 20 plástica TM 20 I	0,338	58	19,60
MA48	m	Tubo rojo doble pared entre 90mm	1,05	1,42	1,49
MA49	ud	Perno anclaje d1,6cm L=50cm	4	2,15	8,60
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	44,3596	0,89
<b>UDO32</b>	<b>ud</b>	<b>LUMINARIA PARA ALUMBRADO INTERIOR PACIFIC LED GEN4</b>			<b>260,92</b>
MO01	h	Oficial 1ª electricidad	0,35	16,58	5,80
MA50	ud	Luminaria WT470C LED23S/840 PSU WB L700	1	250	250,00
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	255,803	5,12

<b>UDO33</b>	<b>ud</b>	<b>DESMONTADO LUMINARIA INTERIOR</b>			<b>3,21</b>
MO07	h	Oficial 2ª electricidad	0,05	16,56	0,83
MO06	h	Peón especializado construcción	0,11	13,63	1,50
MO04	h	Peón ordinario construcción	0,06	13,11	0,79
	%	Costes Directos Complementarios	0,03	3,1139	0,09

<b>UDO34</b>	<b>ud</b>	<b>UNIÓN CON TOMA DE TIERRA GENERAL</b>			<b>386,92</b>
MO01	h	Oficial 1ª electricidad	2	16,58	33,16
MO08	h	Oficial 3ª electricidad	2	14,14	28,28
MA55	m	Conductor pletina cobre	10	15,25	152,50
MA56	ud	Conexión en cruz	1	19,94	19,94
MA57	ud	Vía chispas tomas tierra	1	145,45	145,45
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	379,33	7,59

INSTALACIÓN DE ALUMBRADO ALIMENTADA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA  
PRESUPUESTO

<b>UDO35</b>	<b>m</b>	<b>CONDUCTOR PUESTA A TIERRA CU DESNUDO 35mm2</b>			<b>6,11</b>
MO01	h	Oficial 1ª electricidad	0,05	16,58	0,83
MA58	m	Cable cobre desnudo 1x35	1	1,21	1,21
MA59	ud	Taco y collarín para sujección	0,5	7,9	3,95
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	5,989	0,12

<b>UDO36</b>	<b>ud</b>	<b>PERFORACIÓN PARED</b>			<b>5,84</b>
MO03	h	Peón ordinario construcción	0,3	13,11	3,93
MM07	h	Taladradora mecánica	1	1,79	1,79
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	5,723	0,11

<b>UDO37</b>	<b>ud</b>	<b>INSTALACIÓN COLUMNA FUNDICIÓN HIERRO 4m EXISTENTE</b>			<b>21,42</b>
MO04	h	Peón ordinario construcción	0,3	13,11	3,93
MO01	h	Oficial 1ª electricidad	0,104	16,58	1,72
MA44	ud	Caja de registro y derivación aislante 153x110 10conos	1	6,07	6,07
MA45	m	Cable monofásico de cobre tipo RV-K 3x2,5mm2	5,2	1,12	5,82
MM05	h	Camión grúa 12T	0,06	57,45	3,45
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	20,99832	0,42

<b>UDO38</b>	<b>ud</b>	<b>INSTALACIÓN CAJA DE DISTRIBUCIÓN</b>			<b>22,68</b>
MA03	h	Oficial 1ª construcción	0,5	15,77	7,89
MA06	h	Peón especializado construcción	0,5	13,63	6,82
MA61	ud	Caja estanca 150x120x60mm	1	7,54	7,54
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	22,24	0,44

<b>UDO39</b>	<b>ud</b>	<b>CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA 16mm2</b>			<b>7,25</b>
MO09	h	Oficial 2ª construcción	0,2	15,14	3,03
MO01	h	Oficial 1ª electricidad	0,1	16,58	1,66
MA64	m	Cable Cu RV-K 0.6/1kV 1x16mm2	1,05	2,05	2,15
MA65	m	Tubo PVC cg DC emp 20mm 30%acc	1,05	0,26	0,27
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	7,1115	0,10

<b>UDO40</b>	<b>m</b>	<b>LÍNEA DE COBRE RZ1-K(AS) MONOF. 0,6/1kV MULTICONDUCTOR 3G2,5mm2</b>			<b>3,66</b>
MO01	h	Oficial 1ª electricidad	0,04	16,58	0,66
MO02	h	Especialista electricidad	0,08	14,1	1,13
MA29	m	Cable Cu RZ1-K(AS) monofásico 0,6/1kV 3G2,5mm2	1,05	1,71	1,80
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	3,5867	0,07

<b>UDO41</b>	<b>ud</b>	<b>INSTALACIÓN DE LOSA DE HORMIÓN PARA SUJECCIÓN DE PANELES SOLARES</b>			<b>55,01</b>
MO03	h	Oficial 1ª construcción	0,5	15,77	7,89
MO04	h	Peón ordinario construcción	0,5	13,11	6,56
MA29	ud	Losa de hormigón de 20x15x1000 mm	1	39,49	39,49
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	53,93	1,08

#### 4. PRESUPUESTOS PARCIALES

Los presupuestos parciales se han ordenado por capítulos según el tipo de instalación: instalación fotovoltaica, instalación de alumbrado, instalación eléctrica de baja tensión y obra civil.

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
<b>CAPÍTULO 1</b>		<b>INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA</b>			<b>13.405,02 €</b>
<b>UDO01</b>	<b>ud</b>	<b>Instalación de panel fotovoltaico</b>	<b>16</b>	<b>157,50 €</b>	<b>2.520,04 €</b>
		Módulo fotovoltaico policristalino de clase II, con un grado de protección mínimo de IP67, 330Wp de potencia pico y 24V de tensión nominal, totalmente instalado y cableado entre distintos paneles.			
<b>UDO02</b>	<b>ud</b>	<b>Instalación soporte paneles solares</b>	<b>8</b>	<b>294,70 €</b>	<b>2.357,62 €</b>
		Estructura inclinada a 30° o 60° de acero galvanizado con marcado CE para soporte de 2 paneles fotovoltaicos de 330Wp, instalada en tejado o terraza plana, con tratamiento contra inclemencias meteorológicas y fabricada según exigencias de la Unión Europea, totalmente instalada según DB SE y DB HE-5 del CTE.			
<b>UDO41</b>	<b>ud</b>	<b>INSTALACIÓN DE LOSA DE HORMIGÓN PARA SUJECCIÓN DE PANELES SOLARES</b>	<b>18</b>	<b>55,01 €</b>	<b>990,18 €</b>
		Instalación de losa de hormigón para sujeción de la estructura fotovoltaica, de 20x15x1000 mm			
<b>UDO03</b>	<b>ud</b>	<b>Instalación del regulador de carga</b>	<b>1</b>	<b>987,01 €</b>	<b>987,01 €</b>
		Controlador de carga Smart Solar MPPT 250/100 de hasta 5800W de potencia FV máxima y grado de protección IP43 (componentes electrónicos) y IP22 (área de conexión). Totalmente instalado			
<b>UDO04</b>	<b>ud</b>	<b>Instalación de grupo de 12 baterías</b>	<b>2</b>	<b>2.689,19 €</b>	<b>5.378,37 €</b>
		Conjunto de 12 baterías solares OPzS estacionaria de 24V y 660Ah, incluyendo soportes, totalmente instalada.			

INSTALACIÓN DE ALUMBRADO ALIMENTADA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA  
PRESUPUESTO

<b>UDO05</b>	<b>ud</b>	<b>Instalación de inversor de onda senoidal</b>	<b>1</b>	<b>1.171,80 €</b>	<b>1.171,80 €</b>
		Inversor de onda senoidal pura monofásico VICTRON Phoenix 48/3000 para instalación interior y a batería, de 6000W de pico de potencia, totalmente instalado			
<b>CAPÍTULO 2</b>					
<b>CAPÍTULO 2.1</b>		<b>ALUMBRADO</b>			<b>12.468,03 €</b>
<b>CAPÍTULO 2.1</b>		<b>ALUMBRADO ANDENES</b>			<b>10.883,27 €</b>
<b>UDO29</b>	<b>u</b>	<b>DESMONTAJE PUNTO ALUMBRADO PÚBLICO</b>	<b>15</b>	<b>61,99 €</b>	<b>929,87 €</b>
		Desmontaje de punto de alumbrado público formado por luminaria, equipo eléctrico y báculo de hasta 6m de altura, incluido el transporte de los elementos a lugar de acopio para su posterior reutilización			
<b>UDO30</b>	<b>u</b>	<b>INSTALACIÓN COLUMNA FUNDICIÓN HIERRO 4m</b>	<b>2</b>	<b>1.033,26 €</b>	<b>2.066,52 €</b>
		Suministro e instalación de columna de fundición de hierro para alumbrado, de 4m de altura, con orejas en la ase para pernos de anclaje, zócalo y fuste, cableado interior de conexión y toma a tierra, totalmente montada.			
<b>UDO37</b>	<b>u</b>	<b>INSTALACIÓN COLUMNA FUNDICIÓN HIERRO 4m EXISTENTE</b>	<b>15</b>	<b>21,42 €</b>	<b>321,27 €</b>
		Suministro e instalación de columna de fundición de hierro para alumbrado, de 4m de altura, con orejas en la ase para pernos de anclaje, zócalo y fuste, cableado interior de conexión y toma a tierra, totalmente montada.			
<b>UDO25</b>	<b>u</b>	<b>LUMINARIA PARA ALUMBRADO ANDÉN CLEARWAY GEN2 LED</b>	<b>16</b>	<b>308,67 €</b>	<b>4.938,64 €</b>
		Suministro e instalación de luminaria ClearWay gen2 LED para alumbrado público urbano, equipo eléctrico 220-240V 50a 60Hz, lámpara de 74W de potencia, clase II, IP66, IK08, totalmente instalada			
<b>UDO26</b>	<b>u</b>	<b>LUMINARIA PARA ALUMBRADO ANDÉN CLEARFLOOD</b>	<b>1</b>	<b>844,17 €</b>	<b>844,17 €</b>
		Suministro e instalación de luminaria ClearFlood para alumbrado público urbano, equipo eléctrico 220-240V 50a 60Hz, lámpara de 47W de potencia, clase II, IP66, IK09, totalmente instalada			
<b>UDO28</b>	<b>u</b>	<b>LUMINARIA PARA ALUMBRADO PASO TRAFIC DEMON</b>	<b>1</b>	<b>1.650,99 €</b>	<b>1.650,99 €</b>
		Suministro e instalación de luminaria SIMON TRAFIC DEMON para alumbrado público urbano, equipo eléctrico 220-240V 50a 60Hz, lámpara de			

INSTALACIÓN DE ALUMBRADO ALIMENTADA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA  
PRESUPUESTO

		71W de potencia, clase II, IP66, IK09, totalmente instalada			
<b>UDO27</b>	<b>u</b>	<b>LUMINARIA PARA ALUMBRADO ANDÉN CORE LINE REGLETA</b>	<b>2</b>	<b>65,91 €</b>	<b>131,81 €</b>
		Suministro e instalación de luminaria tubo CoreLine Regleta, equipo eléctrico, de 19W de potencia, IP20, IK02, totalmente instalada en la marquesina			
<b>CAPÍTULO 2.2</b>		<b>ALUMBRADO VESTÍBULO</b>			<b>1.584,76 €</b>
<b>UDO33</b>	<b>u</b>	<b>DESMONTADO LUMINARIA INTERIOR</b>	<b>6</b>	<b>3,21 €</b>	<b>19,24 €</b>
		Desmontado de red de instalación eléctrica, luminarias, tubos, cajas para un número de puntos de luz menor o igual a 10 unidades, incluso retirada de escombros y carga sobre camión o contenedor, sin incluir transporte a vertedero.			
<b>UDO32</b>	<b>u</b>	<b>LUMINARIA PARA ALUMBRADO INTERIOR PACIFIC LED GEN4</b>	<b>6</b>	<b>260,92 €</b>	<b>1.565,51 €</b>
		Suministro e instalación de luminaria tubo Pacific LED gen4, equipo eléctrico, de 46,5W de potencia, IP20, IK02, incluido accesorios necesarios para su anclaje, totalmente instalada y en correcto funcionamiento, según el REBT 2002			
<b>CAPÍTULO 3</b>		<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN</b>			<b>14.819,56 €</b>
<b>CAPÍTULO 3.1</b>		<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA</b>			<b>6.616,43 €</b>
<b>UDO16</b>	<b>m</b>	<b>LÍNEA DE COBRE PV ZZ-F/H1Z2Z2-K MONOF. 0,6/1kV CC:1.8kV 1x4mm2</b>	<b>50</b>	<b>8,61 €</b>	<b>430,50 €</b>
		Suministro y tendido de línea monofásica formada por 2 cables PV ZZ-F/H1Z2Z2-K (F+N) constituidos por conductores de cobre flexible de 4mm2 de sección para la fase y 4mm2 de sección para el neutro, con aislamiento PVC, incluyendo parte proporcional de pequeño material y piezas especiales, totalmente instalada, y en correcto estado de funcionamiento según REBT 2002			
<b>UDO19</b>	<b>m</b>	<b>BANDEJA VARILLA 35x100mm (IF TECHO)</b>	<b>50</b>	<b>35,03 €</b>	<b>1.751,56 €</b>
		Bandeja metálica de varilla inoxidable sin tapa de dimensiones 35x100mm, para canalización eléctrica, suministrada en tramos de 3m de longitud, totalmente montada, incluido pie metálico de 48mm de altura, sin incluir cableado según el REBT 2002			

INSTALACIÓN DE ALUMBRADO ALIMENTADA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA  
PRESUPUESTO

<b>UDO06</b>	<b>ud</b>	<b>CUADRO ELÉCTRICO PROTECCIÓN EXTERIOR</b>	<b>1</b>	<b>983,33 €</b>	<b>983,33 €</b>
		Cuadro de protección exterior de la instalación fotovoltaica de 268x478x102mm, montado en superficie, montaje DIN y grados de protección IP40 IK07, incluye cableado interior del cuadro, totalmente instalado			
<b>UDO17</b>	<b>m</b>	<b>LÍNEA DE COBRE Z1C4Z1-K (AS) MONOF. 0,6/1kV 2x35mm<sup>2</sup></b>	<b>20,8</b>	<b>9,09 €</b>	<b>189,10 €</b>
		Suministro y tendido de línea monofásica formada por 1 cable Z1C4Z1-K (AS) constituido por dos conductores de cobre flexible de 35mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento XLPE, incluyendo parte proporcional de pequeño material y piezas especiales, totalmente instalada, y en correcto estado de funcionamiento según REBT 2002			
<b>UDO23</b>	<b>m</b>	<b>TUBO CORRUGADO SIMPLE PVC CURVABLE 50mm (IF 2)</b>	<b>20,8</b>	<b>2,14 €</b>	<b>44,42 €</b>
		Suministro e instalación de tubo curvable de PVC corrugado simple para canalización ordinaria de 50mm de diámetro nominal, no propagador de la llama, totalmente instalado, incluso ayudas de albañilería y sin incluir el cableado, según REBT 2002			
<b>UDO20</b>	<b>m</b>	<b>CANALETA PVC 160x65 CON TAPA</b>	<b>4,85</b>	<b>36,22 €</b>	<b>175,66 €</b>
		Canaleta de PVC con tapa y tabique separador para canalización de todo tipo de cables de señal o baja tensión, con posibilidad de colocación de mecanismos empotrados en la canal, de dimensiones 160x65mm, suministrada en tramos de 2m de longitud, según el REBT 2002			
<b>UDO36</b>	<b>u</b>	<b>PERFORACIÓN PARED</b>	<b>1</b>	<b>5,84 €</b>	<b>5,84 €</b>
		Perforación de pared de ladrillo de 0,25m y 60mm de diámetro para el paso de tubos y conductores			
<b>UDO18</b>	<b>m</b>	<b>LÍNEA DE COBRE Z1C4Z1-K (AS) MONOF. 0,6/1kV 2x25mm<sup>2</sup></b>	<b>1,5</b>	<b>7,42 €</b>	<b>11,13 €</b>
		Suministro y tendido de línea monofásica formada por 1 cable TOXFREE Z1C4Z1-K (AS) constituido por tres conductores de cobre flexible de 25mm <sup>2</sup> de sección (F+N), con aislamiento XLPE, incluyendo parte proporcional de pequeño material y piezas especiales, totalmente instalada, y en correcto estado de funcionamiento según REBT 2002			

INSTALACIÓN DE ALUMBRADO ALIMENTADA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA  
PRESUPUESTO

<b>UDO22</b>	<b>m</b>	<b>LÍNEA DE COBRE Z1C4Z1-K (AS) MONOF. 0,6/1kV 2x16mm<sup>2</sup></b>	<b>20,06</b>	<b>6,87 €</b>	<b>26,93 €</b>
		Suministro y tendido de línea monofásica formada por 1 cable TOXFREE Z1C4Z1-K (AS) constituido por dos conductores de cobre flexible de 16mm <sup>2</sup> de sección (F+N) , con aislamiento XLPE, incluyendo parte proporcional de pequeño material y piezas especiales, totalmente instalada, y en correcto estado de funcionamiento según REBT 2002			
<b>UDO07</b>	<b>ud</b>	<b>CUADRO ELÉCTRICO PROTECCIÓN INTERIOR</b>	<b>1</b>	<b>980,26 €</b>	<b>980,26 €</b>
		Cuadro de protección eléctrica general para la instalación interior de los elementos fotovoltaicos: regulador, baterías e inversor, con fusibles, portafusibles, contactor, interruptor automático magnetotérmico y bloque diferencial, incluye cableado interior del cuadro.			
<b>UDO21</b>	<b>m</b>	<b>BANDEJA METÁLICA PERFORADA 30x100</b>	<b>18,56</b>	<b>17,55 €</b>	<b>325,78 €</b>
		Bandeja metálica perforada de acero galvanizado sin tapa, de dimensiones 30x100mm, para canalización eléctrica suministrada en tramos de 2m de longitud, totalmente montada, incluye obra en el techo si es necesario, sin incluir cableado, según el REBT 2002			
<b>UDO24</b>	<b>m</b>	<b>TUBO CORRUGADO SIMPLE PVC CURVABLE 32mm (IF 5)</b>	<b>18,56</b>	<b>1,17 €</b>	<b>21,63 €</b>
		Suministro e instalación de tubo curvable de PVC corrugado simple para canalización ordinaria de 32mm de diámetro nominal, no propagador de la llama, totalmente instalado, incluso ayudas de albañilería y sin incluir el cableado, según REBT 2002			
<b>UDO35</b>	<b>m</b>	<b>CONDUCTOR PUESTA A TIERRA CU DESNUDO 35mm<sup>2</sup></b>	<b>0,4</b>	<b>6,11 €</b>	<b>2,44 €</b>
		Tendido de conducción de puesta a tierra a una profundidad mínima de 80cm, instalada con conductor de cobre desnudo recocido de 35mm <sup>2</sup> de sección, según el REBT 2002			
<b>UDO39</b>	<b>u</b>	<b>CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA 16mm<sup>2</sup></b>	<b>123,3 1</b>	<b>7,25 €</b>	<b>894,00 €</b>
		Línea de puesta a tierra instalada con conductor de cobre RV-K 0.6/1kV de 16mm <sup>2</sup> de sección protegida con tubo corrugado simple de PVC de diámetro 25mm, knclus o parte proporcional de pequeño material y piezas especiales, ayudas de albañilería y conexión al punto d epuesta a tierra, según el REBT 2002.			



INSTALACIÓN DE ALUMBRADO ALIMENTADA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA  
PRESUPUESTO

<b>UDO34</b>	<b>u</b>	<b>UNIÓN CON TOMA DE TIERRA GENERAL</b>	<b>2</b>	<b>386,92 €</b>	<b>773,83 €</b>
		Unión con toma de tierra general, colocada y en un correcto estado de funcionamiento. Sólo incluye la instalación eléctrica			
<b>CAPÍTULO 3.2</b>		<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA ALUMBRADO</b>			<b>8.203,12 €</b>
<b>UDO08</b>	<b>ud</b>	<b>REMODELACIÓN CUADRO ELÉCTRICO DE PROTECCIÓN GENERAL</b>	<b>1</b>	<b>669,84 €</b>	<b>669,84 €</b>
		Cuadro de protección eléctrica general para toda la estación de ferrocarril en su conjunto. Hay protecciones que ya están instaladas y sólo se instalarían los siguientes elementos: interruptor magnetotérmico general, diferencial para el alumbrado del despacho e interruptor magnetotérmico de la línea al CGP del alumbrado, incluye cableado interior del cuadro			
<b>UDO09</b>	<b>ud</b>	<b>CUADRO ELÉCTRICO DE PROTECCIÓN DEL ALUMBRADO</b>	<b>1</b>	<b>2.932,25 €</b>	<b>2.932,25 €</b>
		Cuadro de protección eléctrica general para el alumbrado de andenes y vestíbulo de la estación. El cuadro tiene una entrada des del cuadro eléctrico de protección general y otra entrada des del cuadro eléctrico de protección interior de la instalación fotovoltaica. Contará con un conmutador de redes para conmutar ambas entradas. En el cuadro también se instalarán el reloj astronómico y su protección magnetotérmica que ya hay instalados en el cuadro eléctrico de protección general, incluye cableado interior del cuadro			
<b>UDO21</b>	<b>m</b>	<b>BANDEJA METÁLICA PERFORADA 30x100</b>	<b>25,5</b>	<b>17,55 €</b>	<b>447,60 €</b>
		Bandeja metálica perforada de acero galvanizado sin tapa, de dimensiones 30x100mm, para canalización eléctrica suministrada en tramos de 2m de longitud, totalmente montada, incluye obra en el techo si es necesario, sin incluir cableado, según el REBT 2002			
<b>UDO36</b>	<b>u</b>	<b>PERFORACIÓN PARED</b>	<b>1</b>	<b>5,84 €</b>	<b>5,84 €</b>
		Perforación de pared de ladrillo de 0,25m y 60mm de diámetro para el paso de tubos y conductores			
<b>UDO20</b>	<b>m</b>	<b>CANAleta PVC 160x65 CON TAPA</b>	<b>2,5</b>	<b>36,22 €</b>	<b>90,55 €</b>
		Canaleta de PVC con tapa y tabique separador para canalización de todo tipo de cables de señal o baja tensión, con posibilidad de colocación de mecanismos empotrados en la canal, de dimensiones 160x65mm, suministrada en tramos de 2m de longitud, según el REBT 2002			

INSTALACIÓN DE ALUMBRADO ALIMENTADA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA  
PRESUPUESTO

<b>UDO14</b>	<b>m</b>	<b>TUBO CORRUGADO SIMPLE PVC CURVABLE 12,8mm</b>	<b>451,2 5</b>	<b>2,92 €</b>	<b>1.316,89 €</b>
		Suministro e instalación de tubo curvable de PVC corrugado simple para canalización ordinaria de 12,8mm de diámetro nominal, no propagador de la llama, totalmente instalado, incluso ayudas de albañilería y sin incluir el cableado, según REBT 2002			
<b>UDO15</b>	<b>m</b>	<b>LÍNEA DE COBRE RV-K(AS) MONOF. 0,6/1kV MULTICONDUCTOR 3G6mm2</b>	<b>425,7 5</b>	<b>4,60 €</b>	<b>1.958,84 €</b>
		Suministro y tendido de línea monofásica formada por 1 cable RV-K(AS) multiconductor (F+N+T) no propagador del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida, de 0,6/1kV de tensión nominal, constituido por conductores de cobre flexible de 6mm <sup>2</sup> de sección para las fases y 6mm <sup>2</sup> para el cable de tierra, con aislamiento XLPE y cubierta de poliolefina, totalmente instalada, conectada y en correcto estado de funcionamiento según REBT 2002			
<b>UDO40</b>	<b>m</b>	<b>LÍNEA DE COBRE RZ1-K(AS) MONOF. 0,6/1kV MULTICONDUCTOR 3G2,5mm2</b>	<b>25,5</b>	<b>4,60 €</b>	<b>117,32 €</b>
		Suministro y tendido de línea monofásica formada por 1 cable RZ1-K(AS) multiconductor (F+N+T) no propagador del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida, de 0,6/1kV de tensión nominal, constituido por conductores de cobre flexible de 2,5mm <sup>2</sup> de sección para las fases y 2,5mm <sup>2</sup> para el cable de tierra, con aislamiento XLPE y cubierta de poliolefina, totalmente instalada, conectada y en correcto estado de funcionamiento según REBT 2002			
<b>UDO38</b>	<b>u</b>	<b>INSTALACIÓN CAJA DE DISTRIBUCIÓN</b>	<b>25</b>	<b>22,68 €</b>	<b>567,12 €</b>
		Suministro e instalación de caja de distribución, de dimensiones 150x120x60mm, para interconexión y distribución de redes eléctricas, instalada y comprobada para su puesta en funcionamiento.			
<b>UDO39</b>	<b>u</b>	<b>CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA 16mm2</b>	<b>16</b>	<b>5,06 €</b>	<b>80,93 €</b>
		Línea de puesta a tierra instalada con conductor de cobre RV-K 0.6/1kV de 16mm <sup>2</sup> de sección protegida con tubo corrugado simple de PVC de diámetro 25mm, incluso parte proporcional de pequeño material y piezas especiales, ayudas de albañilería y conexión al punto de puesta a tierra, según el REBT 2002.			

INSTALACIÓN DE ALUMBRADO ALIMENTADA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA  
PRESUPUESTO

<b>UDO34</b>	<b>u</b>	<b>UNIÓN CON TOMA DE TIERRA GENERAL</b>	<b>1</b>	<b>15,94 €</b>	<b>15,94 €</b>
		Unión con toma de tierra general, colocada y en un correcto estado de funcionamiento. Sólo incluye la instalación eléctrica			
<b>CAPÍTULO 4</b>		<b>OBRA CIVIL</b>			<b>1.110,20 €</b>
<b>CAPÍTULO 4.1</b>		<b>OBRA CIVIL FOTOVOLTAICA</b>			<b>106,31 €</b>
<b>UDO10</b>	<b>m2</b>	<b>DEMOLICIÓN ADOQUINADO SOBRE LECHO ARENA MMEC CON RECUPERACIÓN</b>	<b>2,39</b>	<b>4,70 €</b>	<b>11,24 €</b>
		Demolición de adoquinado sobre lecho arena con recuperación del material realizada con medios mecánicos, incluida la retirada de escombros a contenedor o acopio intermedio y sin incluir la carga y el transporte a vertedero			
<b>UDO11</b>	<b>m3</b>	<b>EXCAVACIÓN DE ZANJA POR MEDIOS MECÁNICOS</b>	<b>1,67</b>	<b>5,93 €</b>	<b>9,93 €</b>
		Excavación de zanja en tierras realizada mediante medios mecánicos, incluida la carga de material y su acopio intermedio o su transporte a vertedero a una distancia menor de 10km.			
<b>UDO12</b>	<b>m3</b>	<b>RELLENO ZANJA CON TIERRA PROPIA Y COMPACTADA</b>	<b>1,64</b>	<b>3,68 €</b>	<b>6,05 €</b>
		Relleno y compactación de zanja con tierra propia de excavación			
<b>UDO13</b>	<b>m2</b>	<b>PAVIMENTO ADOQUINES HORMIGÓN 10x10x8 SOBRE CAPA DE ARENA</b>	<b>2,39</b>	<b>33,05 €</b>	<b>79,08 €</b>
		Pavimento realizado con adoquines de hormigón de 10x10x8cm acabado gris, asentados sobre capa de arena de 10cm de espesor mínimo previa compactación del terreno hasta conseguir un valor del 95% del próctor modificado, incluso relleno de juntas con arena, compactado con bandeja vibratoria y eliminación de restos y limpieza, según NTE/RSR-17			
<b>CAPÍTULO 4.2</b>		<b>OBRA CIVIL ALUMBRADO</b>			<b>1.003,89 €</b>
<b>UDO10</b>	<b>m2</b>	<b>DEMOLICIÓN ADOQUINADO SOBRE LECHO ARENA MMEC CON RECUPERACIÓN</b>	<b>5,58</b>	<b>4,70 €</b>	<b>26,23 €</b>
		Demolición de adoquinado sobre lecho arena con recuperación del material realizada con medios mecánicos, incluida la retirada de escombros a contenedor o acopio intermedio y sin incluir la carga y el transporte a vertedero			

INSTALACIÓN DE ALUMBRADO ALIMENTADA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA  
PRESUPUESTO

<b>UDO11</b>	<b>m3</b>	<b>EXCAVACIÓN DE ZANJA POR MEDIOS MECÁNICOS</b>	<b>2,51</b>	<b>5,93 €</b>	<b>14,89 €</b>
		Excavación de zanja en tierras realizada mediante medios mecánicos, incluida la carga de material y su acopio intermedio o su transporte a vertedero a una distancia menor de 10km.			
<b>UDO12</b>	<b>m3</b>	<b>RELLENO ZANJA CON TIERRA PROPIA Y COMPACTADA</b>	<b>2,48</b>	<b>3,68 €</b>	<b>9,13 €</b>
		Relleno y compactación de zanja con tierra propia de excavación			
<b>UDO13</b>	<b>m2</b>	<b>PAVIMENTO ADOQUINES HORMIGÓN 10x10x8 SOBRE CAPA DE ARENA</b>	<b>5,58</b>	<b>33,05 €</b>	<b>184,45 €</b>
		Pavimento realizado con adoquines de hormigón de 10x10x8cm acabado gris, asentados sobre capa de arena de 10cm de espesor mínimo previa compactación del terreno hasta conseguir un valor del 95% del próctor modificado, incluso relleno de juntas con arena, compactado con bandeja vibratoria y eliminación de restos y limpieza, según NTE/RSR-17			
<b>UDO31</b>	<b>u</b>	<b>CIMENTACIÓN BÁCULO/COLUMNA 4-6m</b>	<b>17</b>	<b>45,25 €</b>	<b>769,20 €</b>
		Cimentación de báculo o columna de altura 4-6m, formada por zapata de hormigón HM-20/P/20/I de dimensiones 70x70x70cm, cuatro pernos de anclaje de 16mm de diámetro y 50cm de longitud para recibir placa de asiento y codo de tubo de PVC de 90mm, sin incluir la excavación ni el relleno perimetral posterior, totalmente ejecutada.			

## 5. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DEL MATERIAL

<b>PRESUPUESTO PARCIAL</b>	<b>IMPORTE €</b>
CAPÍTULO 1. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	13.405,02 €
CAPÍTULO 2. INSTALACIÓN DE ALUMBRADO	12.468,03 €
CAPÍTULO 3. INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN	14.819,56 €
CAPÍTULO 4. OBRA CIVIL	1.110,20 €
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DEL MATERIAL (PEM)</b>	<b>41.802,80 €</b>

## 6. PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN

El Presupuesto Base de Licitación (PBL) se ha calculado teniendo en cuenta que los gastos generales son un 13% del PEM y el beneficio industrial es un 6% del PEM para la suma del Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC). Por último, el IVA se considera un IVA del 21% del PEC para el PBL.

<b>PRESUPUESTO EJECUCIÓN DEL MATERIAL (PEM)</b>	<b>41.802,80 €</b>
GASTOS GENERALES (13% PEM)	5.434,36 €
BENEFICIO INDUSTRIAL (6% PEM)	2.508,17 €
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (PEC)</b>	<b>49.745,33 €</b>
IVA (21% PEC)	10.446,52 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN (PBL)</b>	<b>60.191,85 €</b>

INSTALACIÓN DE ALUMBRADO ALIMENTADA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA  
PRESUPUESTO

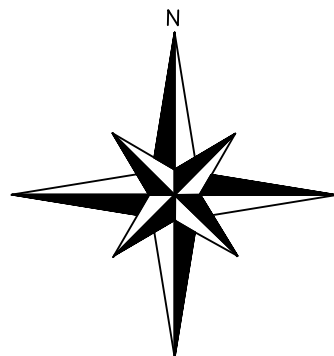
# **PLANOS**



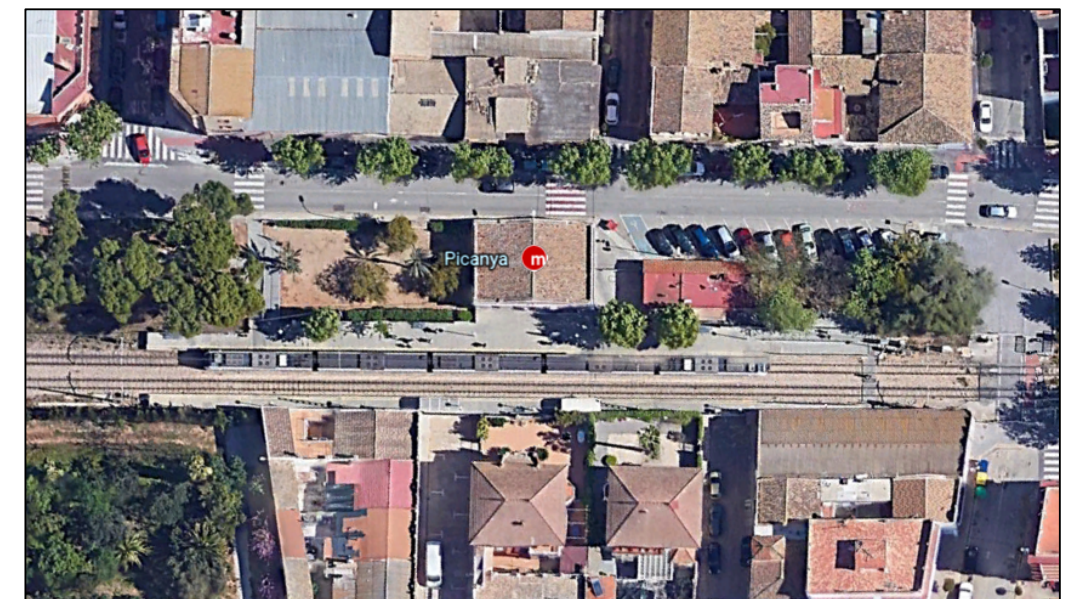




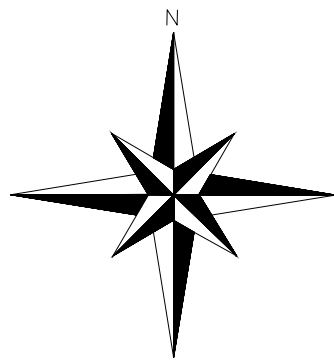
PROVINCIA DE VALENCIA  
ESCALA 1:1000000



LOCALIDAD DE PICANYA  
ESCALA 1:10000

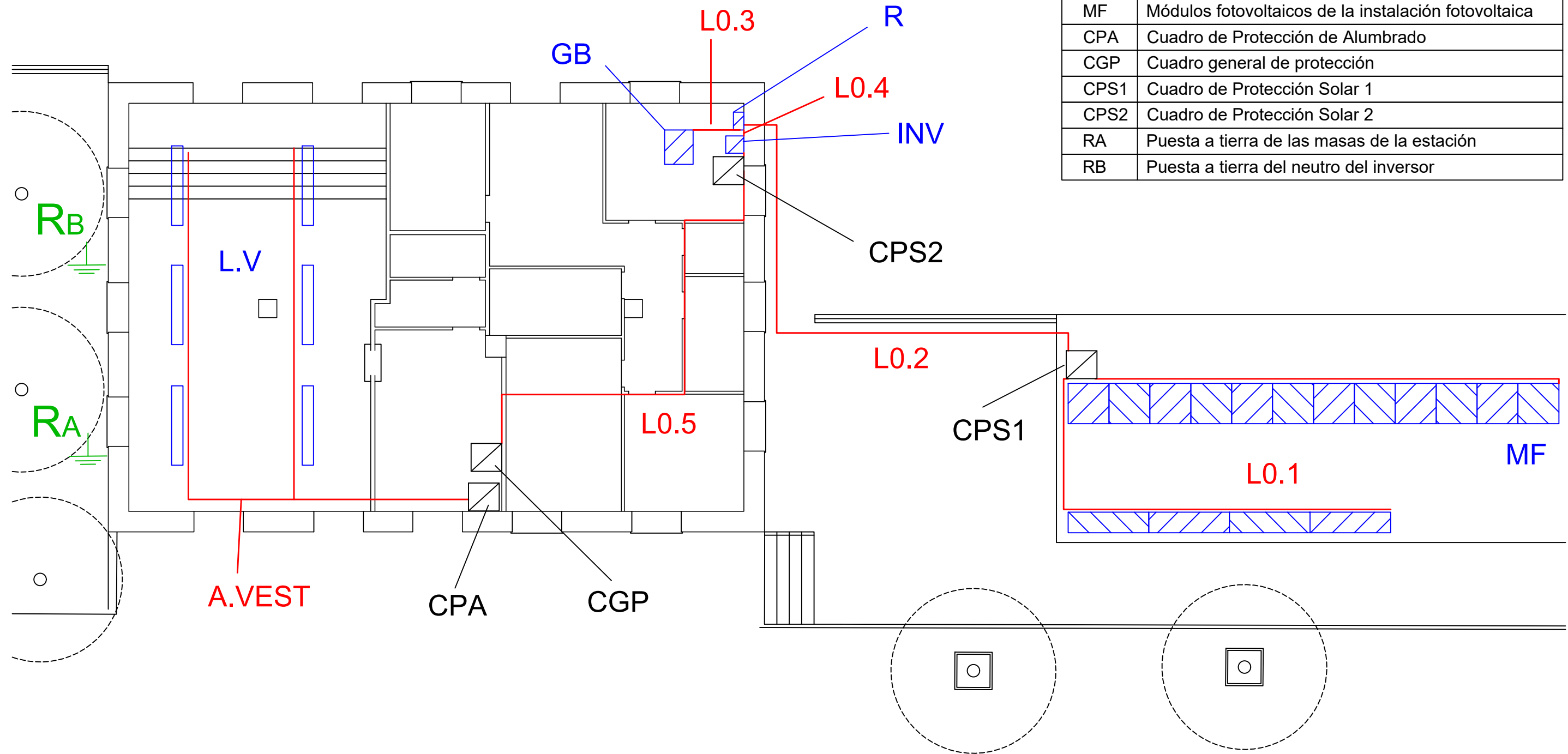


ESTACIÓN DE PICANYA  
ESCALA 1:1000

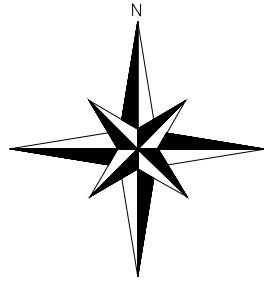


SIMBOLOGÍA	
	Elemento de la Instalación Fotovoltaica
	Cuadro de Protección
	Luminaria
	Puesta a Tierra

LEYENDA	
L0.1	Línea 1 de la Instalación Fotovoltaica
L0.2	Línea 2 de la Instalación Fotovoltaica
L0.3	Línea 3 de la Instalación Fotovoltaica
L0.4	Línea 4 de la Instalación Fotovoltaica
L0.5	Línea 5 de la Instalación Fotovoltaica
A.VEST	Circuito de alumbrado del Vestíbulo
L.V.	Luminarias del Vestíbulo
GB	Grupo de Baterías de la instalación fotovoltaica
R	Regulador de la instalación fotovoltaica
INV	Inversor de la instalación fotovoltaica
MF	Módulos fotovoltaicos de la instalación fotovoltaica
CPA	Cuadro de Protección de Alumbrado
CGP	Cuadro general de protección
CPS1	Cuadro de Protección Solar 1
CPS2	Cuadro de Protección Solar 2
RA	Puesta a tierra de las masas de la estación
RB	Puesta a tierra del neutro del inversor

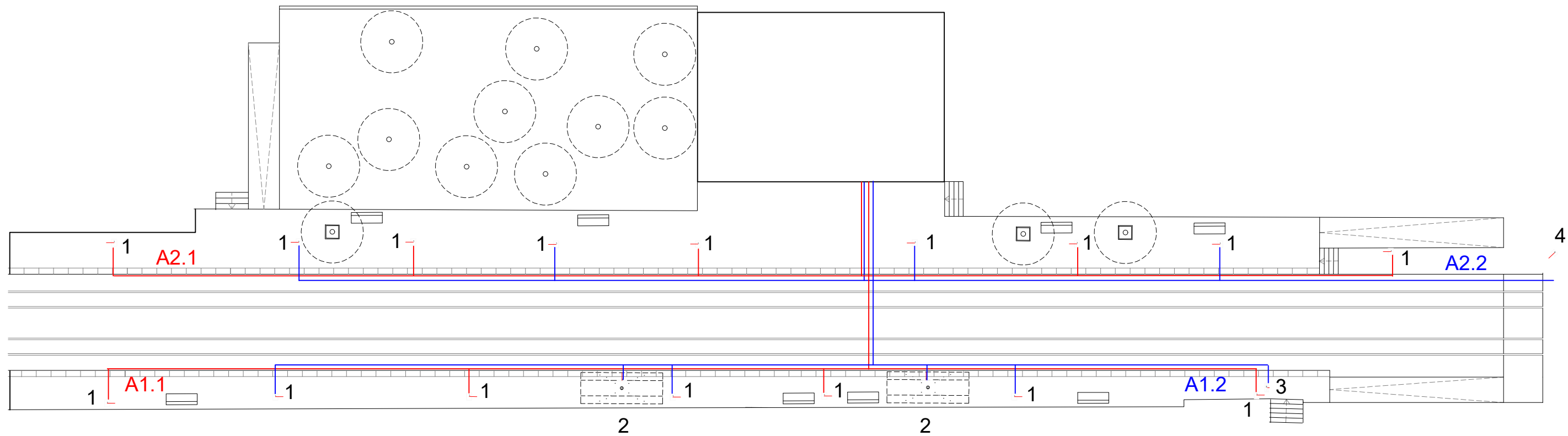


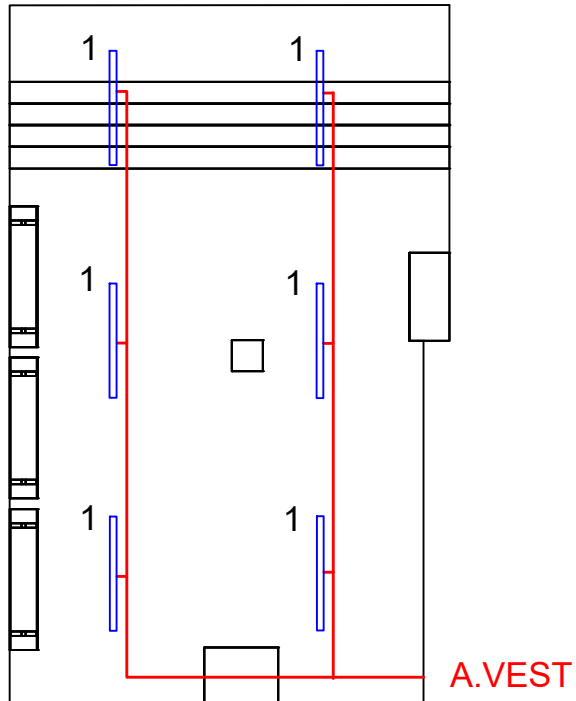
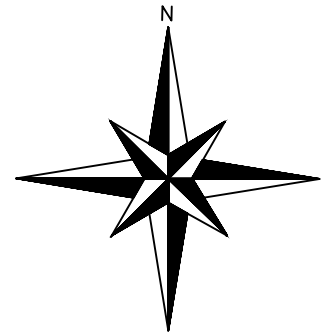



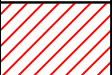


LEYENDA	
L0.1	PHILIPS BGP307 T25 1xLED1210-4S/740 DM50
L0.2	PHILIPS BN 124C L600 1xLED21S/840
L0.3	PHILIPS BVP650 T25 1xLED80-4S/740 S
L0.4	SIMON TRFDEM S INSTANIUM 36 LED GTF TRF_NDL_73W 700mA IA5

SIMBOLOGÍA	
	Luminaria
	Circuitos A.X.1
	Circuitos A.X.2





SIMBOLOGÍA	
	Luminaria
	Circuito eléctrico

LEYENDA	
1	PHILIPS WT470C L16600 1xLED64S/840 WB
A.VEST	Circuito de Alumbrado del Vestíbulo

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN  
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



**UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA**



**ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA**

Carles Simón Argudo  
Autor proyecto

Proyecto:

PROYECTO DE INSTALACIÓN DE ALUMBRADO  
ALIMENTADA CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN UNA  
ESTACIÓN DE FERROCARRIL EN PICANYA

Fecha:

Febrero 2020

Plano:

Circuito y luminarias en vestíbulo

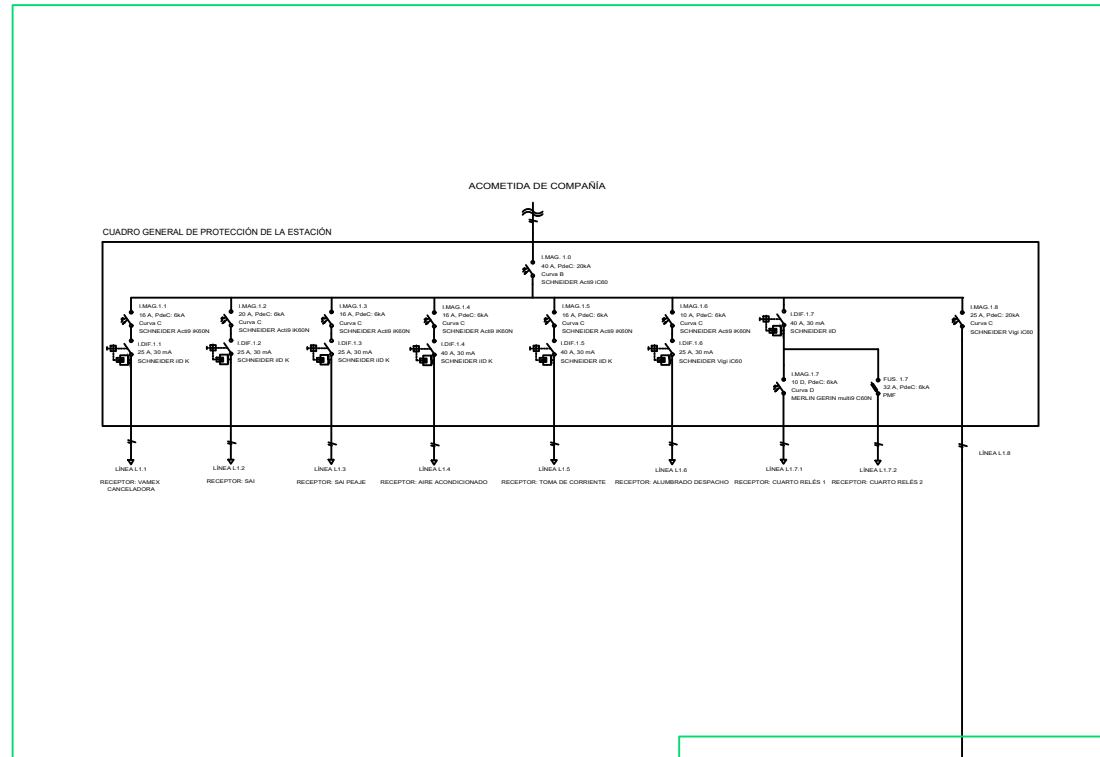
Escala:

1/1000

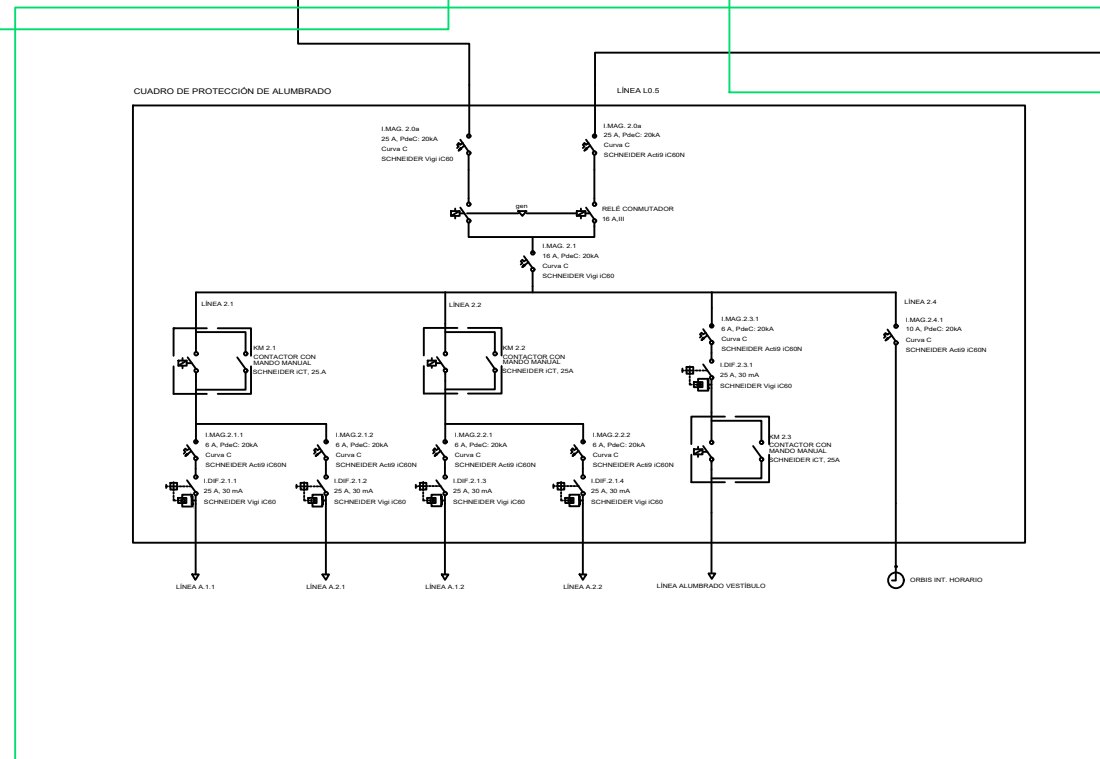
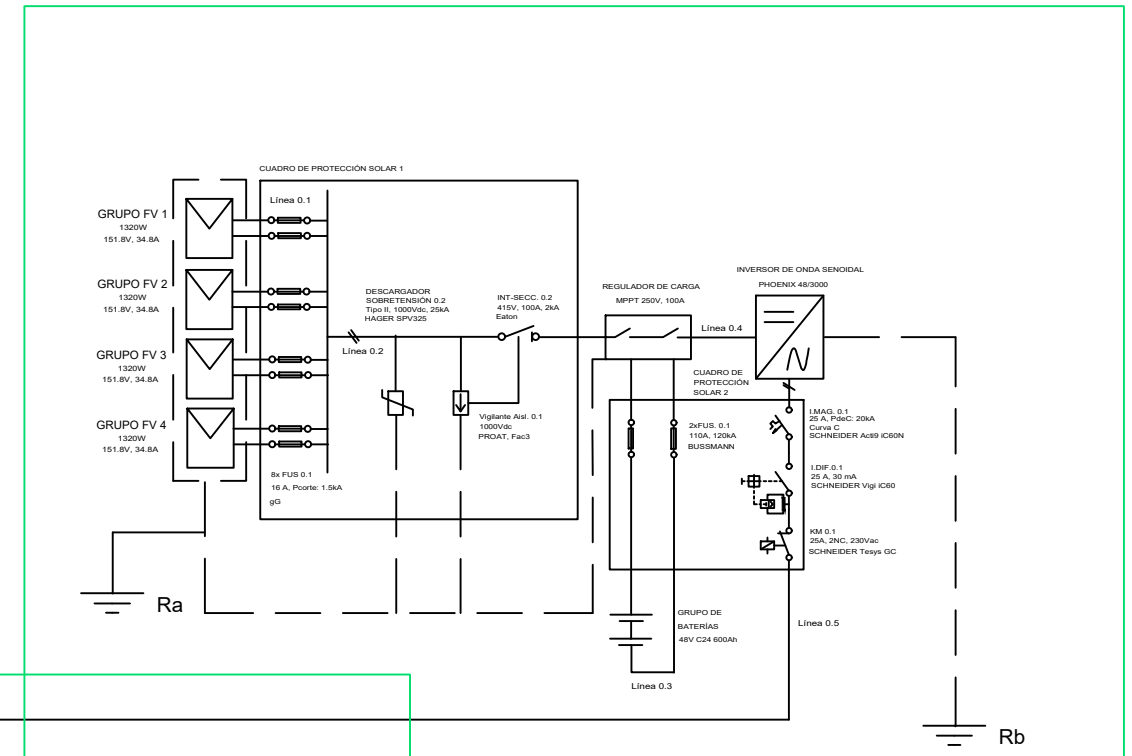
Nº Plano:

4

# PLANO N°6



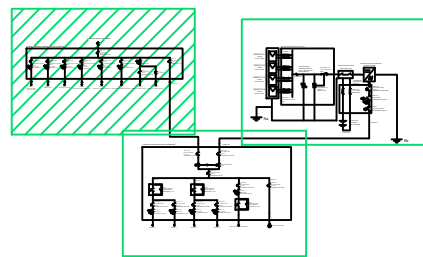
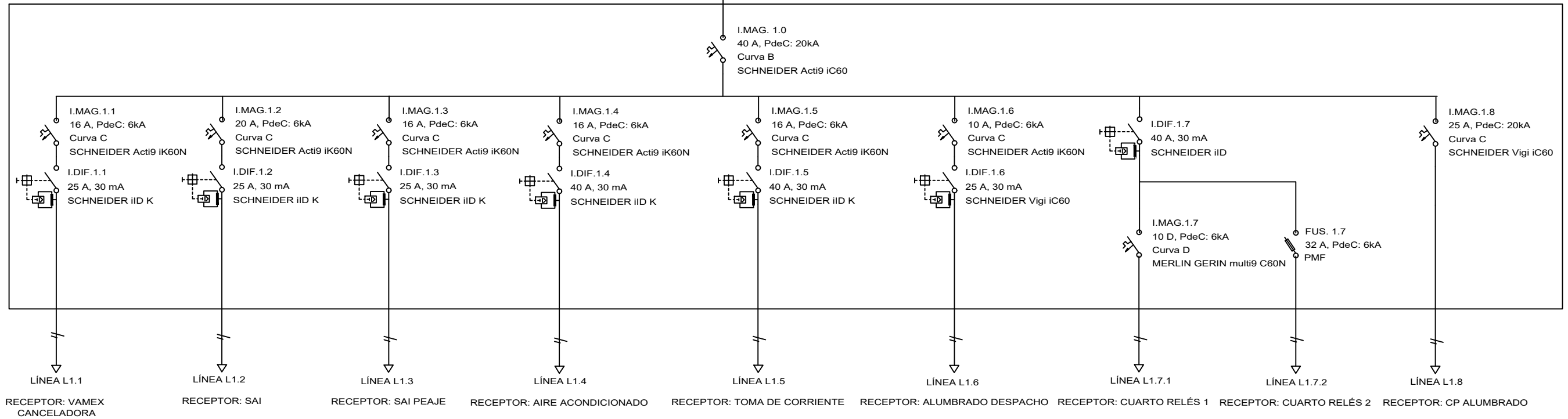
# PLANO N°8



# PLANO N°7

ACOMETIDA DE COMPAÑÍA

CUADRO GENERAL DE PROTECCIÓN DE LA ESTACIÓN



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Proyecto: PROYECTO DE INSTALACIÓN DE ALUMBRADO ALIMENTADO CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN UNA ESTACIÓN DE FERROCARRIL EN PICANYA

Plano: Diagrama unifilar del cuadro general de protección de la estación

Autor: Carles Simón Argudo

Fecha: Febrero 2020

Escala: S/E

Nº Plano:

6

CUADRO DE PROTECCIÓN DE ALUMBRADO

