



MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Autor: Rocío Piris de la Peña
Director: Javier Regueira Miguéns

Madrid
Diciembre de 2023

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
*Proyecto de ejecución de una planta solar fotovoltaica
e instalación de iluminación led en un túnel de carretera*
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2023/2024 es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido
tomada de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Rocío Piris de la Peña

Fecha: 20/11/2023

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Javier Regueira Miguéns
Ingeniero Industrial Colegiado N°2938 del
ICOIIG

Firmado el día 03/12/2023 con un certificado

Fdo.: Javier Regueira Miguéns

Fecha: 03/12/2023



MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Autor: Rocío Piris de la Peña
Director: Javier Regueira Miguéns

Madrid
Diciembre de 2023

Agradecimientos

Me gustaría agradecer a mi director de este Trabajo de Fin de Máster su compromiso y dedicación a lo largo del mismo. Gracias por haber confiado en mí y haberme dado la oportunidad de aprender a tu lado.

A mi familia, sin duda sois el motor y el pilar más importante de mi vida. Gracias por estar siempre a mi lado y por haber apostado por mí más de lo que yo jamás habría hecho. Solo puedo estar agradecida por teneros en mi vida. Mención especial a mi padre por haber sido impulsor de una de las etapas más especiales de mi vida.

A mis amigos de ICAI, por aparecer y quedarse en mi vida para siempre. No me imagino mejores compañeros con los que compartir mi paso por la universidad. Gracias por haber estado ahí, apoyarme incondicionalmente y por ser hombros sobre los que llorar, pero también amigos con los que celebrar éxitos.

A mis profesores, por haber sido ejemplo de dedicación y esfuerzo para mí. Habéis contribuido no solo a mi formación académica, sino también a mi desarrollo personal. Me siento tremendamente orgullosa de formar parte de ICAI y de que esta universidad haya sido mi segunda casa durante todos estos años. Por ello, me gustaría terminar agradeciendo a la Universidad Pontificia de Comillas no solo por su apuesta por la excelencia, sino también por sus valores y educación de calidad.

EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Autor: Piris de la Peña, Rocío.

Director: Regueira Miguéns, Javier.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas.

RESUMEN DEL PROYECTO

El presente trabajo se centra en la sustitución de las luminarias actuales del túnel de Valladares (localizado en la VG-20, Autovía de Circunvalación de Vigo) por luminarias de tecnología LED y en la instalación de una planta solar fotovoltaica para su autoconsumo. Con estas dos medidas se pretende reducir la dependencia de la red eléctrica del túnel, así como disminuir su consumo y fomentar un consumo energético de origen renovable.

Palabras clave: *túnel, luminaria, led, luminancia, energía solar fotovoltaica, panel, inversor.*

1. Introducción

La motivación del presente Trabajo de Fin de Máster (en adelante el “Trabajo”) radica en querer implementar medidas innovadoras para mitigar el cambio climático y frenar así el calentamiento global. Para lograrlo, es esencial avanzar apostando por tecnología puntera que, a su vez, sea respetuosa con el medioambiente.

De esta manera, el Trabajo se centra en la instalación de una planta solar fotovoltaica y en la transición hacia la iluminación led en el Túnel de Valladares, ubicado en la Autovía de Circunvalación de Vigo (VG-20), entre el Camiño do Cañizo y el Camiño Seixos. Esta iniciativa no solo busca reducir el consumo de energía del túnel, sino que además constituye un avance hacia la consecución de los objetivos establecidos en el PNIEC y en la Estrategia de Descarbonización, fijados de aquí al 2030 y al 2050 y que proyectan ([1]):

- Para 2030:
 - Una reducción de emisiones de gases de efecto invernadero de al menos un 23 % respecto a los niveles del año 1990.
 - Que al menos el 42 % del consumo de energía final proceda de energías de origen renovable.
 - Que se haya logrado que la electricidad generada provenga de, como mínimo, un 74 % de energías de origen renovable.
 - Un incremento de la eficiencia energética, disminuyendo el consumo de energía primaria en, como mínimo, un 39,5 %.
- Para 2050:
 - La neutralidad climática.
 - Un 100 % de generación de energía renovable.

En este contexto, la sociedad enfrenta el reto de disminuir progresivamente su consumo de combustibles fósiles en favor de energías renovables limpias, intentando así aumentar la participación de estas en el mix energético.

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

De esta manera, la energía solar fotovoltaica juega un importante rol en esta transición energética. Cuando se estudian iniciativas que contemplan la instalación de paneles solares en túneles de carretera se observa que no es una medida ampliamente adoptada por la sociedad, aunque cada vez lo va siendo más. Un ejemplo de ello podría ser la iniciativa llevada a cabo en la línea ferroviaria entre París y Ámsterdam. La parte exterior del túnel cuenta con 16.000 paneles solares distribuidos a lo largo de más de 3 kilómetros. Estos son capaces de producir suficiente energía como para abastecer de energía a la red ferroviaria belga durante un día entero, así como para alimentar los trenes y los sistemas de señalización cercanos ([2]).

Otra medida alineada con lo propuesto en el presente Trabajo es la llevada a cabo recientemente por la empresa Autopistas con el fin de reducir su huella de carbono. Esta consiste en la instalación de plantas solares en sus autopistas y túneles de España. Se estima que la generación de estas superará los 1.554 MWh de energía al año, lo que permitirá a la empresa reducir sus emisiones de CO₂ en gran medida ([3]).

Por otro lado, la adopción del led para iluminación y señalización está ganando popularidad en la sociedad gracias su alta eficiencia energética y larga vida útil, convirtiéndolo en un referente sostenible en iluminación vial. Un estudio elaborado por la Universidad de Zaragoza simuló la sustitución de luminarias de halogenuros metálicos por luminarias de led para cuantificar su impacto económico y medioambiental. Finalmente, concluyó que el empleo de luminarias led para aplicaciones de alta potencia reduce aproximadamente el 50 % del consumo energético total y que la sustitución de una luminaria de 400 W de halogenuros metálicos por una de led de 200 W supone un ahorro energético de aproximadamente 208 W lo que, traducido a emisiones de CO₂, conlleva una disminución de emisiones de CO₂ de 85,28 gramos por cada hora de funcionamiento ([4]).

Los ledes también se distinguen por su alta eficacia luminosa, yendo desde los 130 hasta los 220 lúmenes por vatio en ledes de alto rendimiento. Además, otro aspecto diferencial de su adopción es la rápida velocidad de encendido. Cuando lo habitual es que, ante incidencias, esta cifra ronde los diez minutos, el uso de tecnología LED permite que este periodo se reduzca a tan solo dos segundos y que, por tanto, se restaure rápidamente el suministro eléctrico de la instalación ([5]).

Con estas consideraciones en mente, conviene aclarar que el objeto de este trabajo consiste en la realización de los estudios técnicos y económicos para la rehabilitación y mejora de la instalación de equipos de alumbrado del túnel de Valladares, así como la instalación de una planta de generación fotovoltaica para el autoconsumo del túnel. De esta manera, para alcanzar este propósito, se persiguen los siguientes objetivos específicos:

- Disminuir la dependencia de la red eléctrica del túnel. Así, se pretende optimizar al máximo el grado de autoconsumo en horas de sol al tiempo que se disminuye la potencia de consumo en horario nocturno (el cual es un tramo horario en el que el consumo del túnel depende exclusivamente de la red eléctrica).
- Reducir el consumo del túnel gracias a la sustitución de las luminarias actuales de vapor de sodio de alta presión por luminarias de tecnología LED.
- Fomentar un consumo energético de origen renovable mediante la instalación de una planta solar fotovoltaica en la parte superior del túnel. De esta manera, se logra reducir su dependencia de fuentes de energía no renovables, contribuyendo por tanto a la mitigación del cambio climático.

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

2. Metodología

De esta manera, para lograr estos objetivos, la elaboración del Trabajo se divide en las siguientes etapas:

- **Introducción:** se contextualiza el problema a solucionar en base a los objetivos establecidos en el PNIEC y en la Estrategia de Descarbonización a 2050.
- **Antecedentes:** se introduce la tecnología led y el estado actual en el que se encuentra la energía solar fotovoltaica en el territorio nacional para a continuación explicar el estado de arte de estas tecnologías.
- **Proyecto de iluminación.** Esta parte incluye:
 - Descripción de la localización del túnel de Valladolid.
 - Especificación de la distribución actual de luminarias a lo largo del túnel.
 - Definición de la normativa a tener en cuenta.
 - Cálculo de la luminancia necesaria en las zonas de acceso, umbral y de transición.
 - Enumeración de los factores limitantes para el cálculo, tales como la limitación por deslumbramiento o la uniformidad de la luminancia.
 - Cálculo de la nueva distribución de las luminarias según los parámetros tenidos en cuenta.
- **Cálculo de la calificación energética de la instalación.**
- **Proyecto fotovoltaico.** Esta parte incluye:
 - Cálculo de la potencia total instalada de consumo.
 - Elección de los paneles a instalar.
 - Definición de la normativa a tener en cuenta.
 - Definición de parámetros esenciales para la colocación de los paneles, como la orientación, inclinación y distancia mínima entre filas de módulos.
 - Elección del inversor.
 - Determinación de la distribución y conexión de los paneles.
 - Cálculo del cableado.
- **Elaboración del presupuesto y del estudio económico.**
- **Redacción del pliego de condiciones.**
- **Elaboración de los siguientes planos:**
 - Plano de situación.
 - Plano de conjunto.
 - Plano de distribución del alumbrado en la situación actual.
 - Plano de distribución del alumbrado en la situación propuesta.
 - Plano de la instalación fotovoltaica.
 - Plano del esquema unifilar de la instalación fotovoltaica.
- **Incorporación de anexos** tales como los cálculos lumínicos y fotovoltaicos hechos en DIALux y PVsyst, respectivamente.

3. Resultados

En base a lo establecido en la Orden Circular 36/2015 sobre criterios a aplicar en la iluminación de carreteras a cielo abierto y túneles ([6]), se calcula la distribución de las luminarias led a lo largo del túnel. El mayor reto a la hora de plantear estos cálculos es solucionar el problema de adaptación del ojo humano. Esto se debe a que, cuando el conductor entra en el túnel (donde hay bajos niveles de luminancia), su ojo todavía está acostumbrado a la alta luminancia del exterior. Por ello, se debe evitar el efecto de agujero negro, que impide que los conductores no puedan ver correctamente el interior del túnel cuando están en sus inmediaciones debido a la diferencia de luz con el exterior.

Partiendo de la base de que actualmente hay instaladas 199 luminarias de 400 W y 22 de 250 W de vapor de sodio de alta presión, se recurre a las tablas de la OC 36/2015 para empezar con los cálculos. En primer lugar, se determina que el alumbrado del túnel es de clase 2. A continuación, mediante la fórmula fijada en la OC 36/2015, se calcula la distancia de parada (D_p) para ambos tubos, siguiendo la siguiente fórmula:

$$D_p = \frac{V \cdot t_p}{3,6} + \frac{V^2}{254 \cdot (f_1 + i)}$$

Donde:

- $D_p \equiv$ distancia de parada.
- $V \equiv$ velocidad máxima de circulación.
- $f_1 \equiv$ coeficiente de rozamiento longitudinal rueda-pavimento.
- $i \equiv$ inclinación de la rasante en tanto por uno.
- $t_p \equiv$ tiempo de percepción y reacción.

Así, se obtienen los siguientes resultados:

- Tubo Este – Oeste: $D_p = 108,3$ m.
- Tubo Oeste – Este: $D_p = 139,1$ m.

A partir de ellos, se calcula la luminancia a una distancia igual a la distancia de parada respecto al portal de entrada al túnel en el centro del carril (también conocida como luminancia en la zona de acceso o L_{20}), siguiendo la siguiente fórmula:

$$L_{20} = \gamma \cdot L_C + \rho \cdot L_R + \varepsilon \cdot L_E + \tau \cdot L_{th}$$

Donde:

- | | |
|---|--------------------------------------|
| • $L_C \equiv$ luminancia de cielo. | • $\gamma \equiv$ % de cielo. |
| • $L_R \equiv$ luminancia de calzada. | • $\rho \equiv$ % de calzada. |
| • $L_E \equiv$ luminancia del entorno. | • $\varepsilon \equiv$ % de entorno. |
| • $L_{th} \equiv$ luminancia de zona de umbral. | • $\tau \equiv$ % de portal. |

De esta manera, se obtienen los siguientes valores para la luminancia en la zona de acceso:

- Tubo Este – Oeste: $L_{20} = 3,69$ kcd/m².
- Tubo Oeste – Este: $L_{20} = 3,94$ kcd/m².

Con estos valores, se calcula la luminancia en la zona umbral del túnel (L_{th}). Este tramo (que es el que sigue a la zona de acceso) se divide en dos partes diferenciadas:

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

- La primera es aquella cuya luminancia L_{th} debe ser igual a la L_{th} calculada para el principio de la zona umbral.
- En la segunda parte la luminancia disminuye progresivamente hasta el 40 % de su valor total.

Así, para calcular el valor total de la L_{th} , se sigue la siguiente fórmula, donde k es el coeficiente de poder revelador:

$$L_{th} = L_{20} \cdot k$$

Se obtienen los siguientes resultados:

- Tubo Este – Oeste:
 - $L_{th1} = 152 \text{ cd/m}^2$.
 - $L_{th2} = 121,6 \text{ cd/m}^2$.
- Tubo Oeste – Este:
 - $L_{th1} = 183 \text{ cd/m}^2$.
 - $L_{th2} = 146,4 \text{ cd/m}^2$.

La zona de transición es la que sigue a la zona umbral y su misión es adaptar el ojo del conductor a los bajos niveles de luminancia de la zona interior del túnel tras entrar en este acostumbrado a los altos niveles de la zona umbral. Para ello, se divide el túnel en cinco tramos, cuyos valores de luminancia (L_{tr}) se calculan a través de la siguiente fórmula:

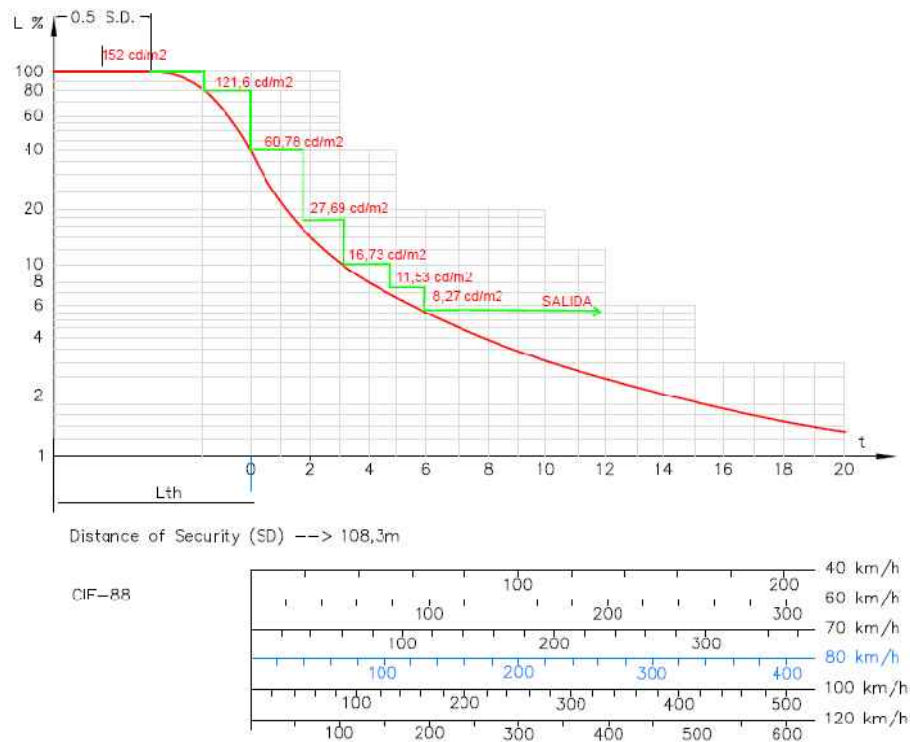
$$L_{tr} = L_{th} \cdot (1,9 + t)^{-1,423}$$

A continuación, se muestra la curva de adaptación del ojo para ambos tubos (sentido Este – Oeste y Oeste – Este). En ella se observa cómo efectivamente la luminancia de la zona umbral cae progresivamente hasta el 40 % de su valor total, con un escalón intermedio del 80% de su valor, de forma que esta disminución en la luminancia se hace de forma progresiva. A partir de este momento, la luminancia se sigue reduciendo de acuerdo con la expresión anterior de la L_{tr} .

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

- Tubo Este – Oeste:

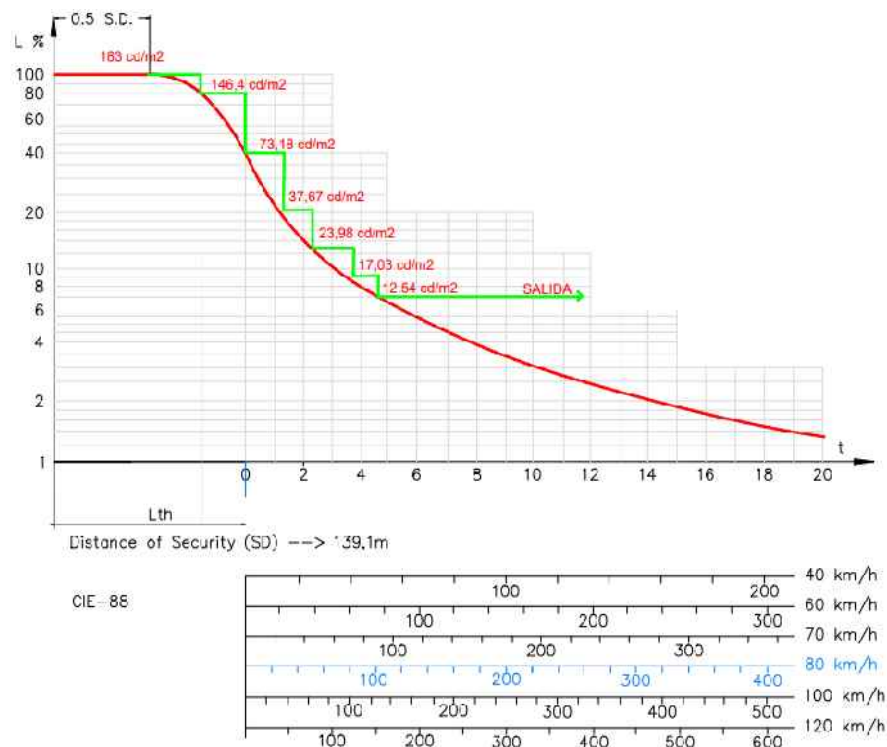
Figura 1: Este – Oeste: Representación L_{tr} y L_{th}



Fuente: Elaboración propia

- Tubo Oeste – Este:

Figura 2: Oeste – Este: Representación L_{tr} y L_{th}



Fuente: Elaboración propia

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Una vez calculados los valores de luminancias necesarias en cada zona del túnel, es el momento de determinar la distribución de los proyectores. Siguiendo criterios de economía circular, perfil medioambiental, eficacia luminosa y vida media, se eligen los proyectores BRIGO LED de potencia máxima 207 W del fabricante gallego SETGA S.L.U. Mediante el empleo del software de cálculo de iluminación DIALux, se introducen los parámetros que van a limitar dicha distribución (como la limitación del deslumbramiento o la uniformidad de la luminancia) y se obtiene la siguiente distribución según el tubo del túnel del que se trate:

Tabla 1: Unidades por tramo

Tramo	Uds. refuerzo	Uds. permanente	Uds. total
Oeste			
L_{th1}	132	7	139
L_{th2}	35	2	37
L_{tr1}	19	3	22
L_{tr2}	12	2	14
L_{tr3}	6	2	8
L_{tr4}	3	2	5
L_{tr5}	3	3	6
Este			
L_{th1}	170	9	179
L_{th2}	47	3	50
L_{tr1}	14	2	16
L_{tr2}	9	1	10
L_{tr3}	4	2	6
L_{tr4}	3	2	5
L_{tr5}	2	2	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2: Luminarias tramo-potencia

Tramo	W
L_{th1} (este)	207,3
L_{th2} - L_{tr1} (este)	199
L_{tr2} - L_{tr3} - L_{tr4} (este)	180,3
L_{th1} (oeste)	175,6
L_{th2} - L_{tr1} (oeste)	169,7
L_{tr2} - L_{tr3} - L_{tr4} (oeste) / L_{tr5} (este)	135
L_{tr5} (oeste)	88,1

Fuente: Elaboración propia

La disposición de los proyectores será bilateral y estos seguirán la distribución detallada en la memoria. En el caso de los proyectores de alumbrado nocturno (o permanente), estos se colocarán de forma bilateral con una distancia entre proyectores de 25 m. Además, estos, junto a los proyectores de refuerzo, se situarán a una altura de 5,5 m.

Además, sabiendo que en un día nublado las luminarias reducen en un 50 % su flujo, se obtiene la siguiente distribución para alumbrado diurno soleado, diurno nublado y nocturno:

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Tabla 3: Unidades de luminarias por potencia

Uds. refuerzo	Uds. permanente	Uds. totales	W	kW totales	Horas de funcionamiento / año
Alumbrado diurno soleado					
170	9	179	207,3	37,11	2384
61	5	66	199	13,13	2384
16	5	21	180,3	3,79	2384
132	7	139	175,6	24,41	2384
54	5	59	169,7	10,01	2384
23	8	31	135	4,19	2384
3	3	6	88,1	0,53	2384
Alumbrado diurno nublado					
170	9	179	103,65	18,55	3779
61	5	66	99,5	6,57	3779
16	5	21	90,15	1,89	3779
132	7	139	87,8	12,20	3779
54	5	59	84,85	5,01	3779
23	8	31	67,5	2,09	3779
3	3	6	44,05	0,26	3779
Alumbrado nocturno (o permanente)					
	42	42	74	3,11	2597

Fuente: Elaboración propia

Como no se dispone de las facturas eléctricas correspondientes al suministro eléctrico, los cálculos del consumo anual del túnel se realizan tomando de referencia la potencia total instalada con el cambio a led y las horas de funcionamiento. Algo que caracteriza a la instalación es que los momentos de máxima producción solar se corresponden con los de máximo consumo ya que, en los momentos de sol, los proyectores de refuerzo se encuentran en funcionamiento junto con los del alumbrado permanente.

De esta manera, sumando los valores de potencia instalada del alumbrado diurno soleado, se obtiene que la potencia total instalada de consumo es de 93,20 kW. Multiplicando por las horas en las que cada tipo de alumbrado se encuentra en funcionamiento, se obtiene una potencia total consumida anual de 406,20 MWh/año.

El primer paso para dimensionar la planta solar fotovoltaica es especificar su ubicación y la inclinación de los paneles. En cuanto a la primera cuestión, la planta se situará en la parcela superior del túnel debido a que esta es una superficie de ámbito del dominio público de la propia carretera y que, por tanto, no afecta a fincas privadas, por lo que no se prevén expropiaciones. Así, se mide una superficie de aproximadamente 956 m². En segundo lugar, y en base a los resultados del software fotovoltaico PVsyst, la inclinación óptima de los paneles es de 40°.

A continuación, basándose en la distancia que se ha de dejar entre filas de módulos según lo establecido en el IDAE, se determina que caben 288 paneles, con lo que, escogiendo paneles solares de 450 W_p del fabricante SOLYCO y de modelo C-TG 144p.2/450, se obtendría una potencia instalada de generación de 130 kW_p.

Siguiendo las indicaciones ofrecidas por el fabricante de inversores (Fronius), se decide la instalación de dos inversores de modelo Tauro 50-3-D, de 75 kW_p cada uno. Por ello,

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

se sabe que se instalarán 144 paneles por inversor. A partir de su rango de tensión (580 / 930 V_{DC}) y de la tensión nominal del panel (41,03 V), se determina que se van a colocar 18 paneles por string, lo que hace un total de 8 strings por inversor.

Finalmente, y tras haber calculado el tipo de cableado para corriente continua y para corriente alterna a partir de las tablas de la ITC-BT-19 y del cálculo de caída de tensión, se obtienen los siguientes resultados finales:

- Estructura fija con 40° de inclinación, ubicada en la parte superior del túnel y próxima al centro de transformación y de control de la infraestructura eléctrica del mismo.
- 288 módulos fotovoltaicos de 450 W_p, resultando una potencia total instalada de aproximadamente 130 kW_p.
- Dos inversores de 75 kW_p para pasar la generación fotovoltaica de corriente continua a corriente alterna. Cada inversor dispondrá de 8 strings, 18 paneles/string, sumando así 144 paneles por inversor.
- Los inversores y cuadros de protecciones se ubicarán en el local del CGBT.
- La conexión entre módulos fotovoltaicos e inversores se realizará con cable H1Z2Z2-K (líneas de corriente continua).
- Las conexiones entre el inversor y las protecciones de alterna, y entre estas y el CGBT se realizarán con cable tipo RZ1-K (AS) 0.6/1 kV (líneas de corriente alterna).

A partir de estos datos, y con la ayuda del software PVsyst, se obtiene una potencia de generación anual de 173,4 MWh/año, es decir, se generaría con energía solar fotovoltaica un 43% del consumo energético en iluminación del túnel.

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

4. Conclusiones

Simplificando el cálculo de la calificación energética de la instalación al alumbrado nocturno debido a las complejidades que presenta un proyecto de iluminación de esta envergadura, y de acuerdo con el REEIAE, se determina que la calificación energética de la instalación es de categoría A para ambos sentidos del túnel: Este – Oeste y Oeste – Este. Esto demuestra la eficiencia energética de la instalación propuesta para el túnel de Valladares.

Finalmente, con una inversión prevista de 656.286 €, dicho desembolso se ve respaldado por un ahorro anual, tanto energético como económico, del 73,02 %, quedando demostrado que las iniciativas propuestas generarán beneficios a lo largo del tiempo.

Además, el cálculo del *payback* demuestra que la inversión se recuperará en un periodo de 5 años, 2 meses y 15 días desde el momento de la inversión. Esta rápida amortización, junto con un VAN de 255.686 €, demuestra la viabilidad financiera del proyecto, aun teniendo en cuenta el valor del dinero en el tiempo. Asimismo, el TIR positivo del 14% respalda la idea de que esta es una inversión atractiva.

Cabe terminar destacando que este proyecto, además de constituir una iniciativa viable económicamente, representa una propuesta sostenible y realista hacia la construcción de un futuro más sostenible. No solo busca mejorar la infraestructura del túnel en sí, sino que también abarca una visión más holística al fomentar la responsabilidad ambiental y la resiliencia de la sociedad a largo plazo.

5. Referencias

- [1] «plannacionalintegradodeenergíayclima2021-2030_tcm30-546623.pdf». Accedido: 17 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/content/dam/mites/es/ministerio/planes-estrategias/plannacional-integrado-energia-clima/plannacionalintegradodeenergíayclima2021-2030_tcm30-546623.pdf
- [2] «Un túnel con 3km de paneles solares», factor energia. Accedido: 24 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.factorenergia.com/es/blog/historiaspositivas/tunel-paneles-solares/>
- [3] «Autopistas reducirá su huella de carbono con la instalación de 18 plantas solares en su red de autopistas y túneles», Autopistas. Accedido: 24 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.autopistas.com/notas-de-prensa/autopistas-reducira-suhuella-de-carbono-con-la-instalacion-de-18-plantas-solares-en-su-red-de-autopistas-y-tuneles>
- [4] A. Serrano-Tierz, A. Martínez-Iturbe, O. Guarddon-Muñoz, y J. L. Santolaya-Sáenz, «Análisis de ahorro energético en iluminación LED industrial: Un estudio de caso», DYNA, vol. 82, n.o 191, pp. 231-239, jun. 2015, doi: 10.15446/dyna.v82n191.45442
- [5] L. E. P. a LED, «¿Qué es la eficacia luminosa de los LED (lúmenes por vatio)?», Lumistrips. Accedido: 1 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.es.lumistrips.com/lumistrips-blog/led_efficacy_efficency_explained-es/
- [6] S. O. Btado y O. Infraestructuras, «MINISTERIO DE FOMENTO»

CONSTRUCTION OF A SOLAR PHOTOVOLTAIC PLANT AND THE INSTALLATION OF LED LIGHTING IN A ROAD TUNNEL

Author: Piris de la Peña, Rocío.

Supervisor: Regueira Miguéns, Javier.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas.

ABSTRACT

This work focuses on the replacement of the current lighting in the Valladares tunnel (located on the VG-20, Vigo Ring Road) with LED technology luminaires and the installation of a solar photovoltaic plant for self-consumption. The aim of these two measures is to reduce the tunnel's dependence on the electricity grid, as well as to reduce its consumption and promote energy consumption from renewable sources.

Keywords: *tunnel, luminaire, LED, luminance, photovoltaic solar energy, panel, inverter.*

1. Introduction

The motivation for this Master's thesis (hereinafter the "thesis") lies in the desire to implement innovative measures to mitigate climate change and thus slow down global warming. In order to achieve this, it is essential to move forward with cutting-edge technology that is also environmentally friendly.

Thus, the work focuses on the installation of a solar photovoltaic plant and the transition to LED lighting in the Valladares Tunnel, located on the Vigo Ring Road (VG-20), between Camiño do Cañizo and Camiño Seixos. This initiative not only aims to reduce the tunnel's energy consumption, but also constitutes a step towards achieving the objectives established in the PNIEC and the Decarbonisation Strategy, set for 2030 and 2050 and projected ([1]):

- By 2030:
 - A reduction of greenhouse gas emissions of at least 23 % compared to 1990 levels.
 - At least 42 % of final energy consumption from renewable energy sources.
 - At least 74 % of the electricity generated is from renewable energy sources.
 - An increase in energy efficiency, reducing primary energy consumption by at least 39.5 %.
- By 2050:
 - Climate neutrality.
 - 100 % renewable energy generation.

In this context, society faces the challenge of progressively decreasing its consumption of fossil fuels in favour of clean renewable energies, thus trying to increase their share in the energy mix.

Thus, solar photovoltaic energy plays an important role in this energy transition. When looking at initiatives involving the installation of solar panels in road tunnels, it can be seen that this is not a measure that is widely adopted by society, although it is becoming increasingly so. An example of this could be the initiative carried out on the railway line between Paris and Amsterdam. The outside of the tunnel has 16,000 solar panels

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

distributed over a length of more than 3 kilometres. These are capable of producing enough energy to power the Belgian rail network for an entire day, as well as powering nearby trains and signalling systems ([2]).

Another measure in line with what is proposed in this thesis is the one recently carried out by the company Autopistas in order to reduce its carbon footprint. This consists of the installation of solar plants on its motorways and tunnels in Spain. It is estimated that the generation of these will exceed 1,554 MWh of energy per year, which will allow the company to greatly reduce its CO₂ emissions ([3]).

On the other hand, the adoption of LEDs for lighting and signage is gaining popularity in society thanks to their high energy efficiency and long life, making them a sustainable benchmark in road lighting. A study carried out by the University of Zaragoza simulated the replacement of metal halide luminaires with LED luminaires to quantify their economic and environmental impact. It concluded that the use of LED luminaires for high-power applications reduces approximately 50 % of total energy consumption and that the replacement of a 400 W metal halide luminaire with a 200 W LED luminaire represents an energy saving of approximately 208 W which, translated into CO₂ emissions, leads to a reduction in CO₂ emissions of 85.28 grams per hour of operation ([4]).

LEDs are also distinguished by their high luminous efficacy, ranging from 130 to 220 lumens per watt in high-performance LEDs. In addition, another distinguishing feature of their adoption is their fast start-up speed. While it is usual for this figure to be around ten minutes in the event of an incident, the use of LED technology allows this period to be reduced to just two seconds and, therefore, the installation's power supply to be restored quickly ([5]).

With these considerations in mind, it should be made clear that the purpose of this thesis is to carry out technical and economic studies for the rehabilitation and improvement of the lighting equipment installation in the Valladares tunnel, as well as the installation of a photovoltaic generation plant for self-consumption in the tunnel. In this way, to achieve this purpose, the following specific objectives are pursued:

- To reduce the tunnel's dependence on the electricity grid. Thus, the aim is to optimise the maximum degree of self-consumption during sunlight hours while at the same time reducing the power consumption at night (which is a time period in which the tunnel's consumption depends exclusively on the electricity grid).
- Reducing the tunnel's consumption by replacing the current high-pressure sodium vapour luminaires with LED technology luminaires.
- Promote renewable energy consumption by installing a solar photovoltaic plant at the top of the tunnel. This will reduce its dependence on non-renewable energy sources, thus contributing to climate change mitigation.

2. Methodology

Thus, in order to achieve these objectives, the preparation of the thesis is divided into the following stages:

- Introduction: the problem to be solved is contextualised on the basis of the objectives established in the PNIEC and in the Decarbonisation Strategy to 2050.
- Background: led technology and the current state of photovoltaic solar energy in Spain are introduced, followed by an explanation of the state of the art of these technologies.
- Lighting project. This part includes:
 - Description of the location of the Valladares tunnel.
 - Specification of the current distribution of luminaires along the tunnel.
 - Definition of the regulations to be taken into account.
 - Calculation of the luminance required in the access, threshold and transition zones.
 - Listing of the limiting factors for the luminance required.
 - Listing of the limiting factors for the calculation, such as glare limitation or luminance uniformity.
 - Calculation of the new distribution of luminaires according to the parameters taken into account.
- Calculation of the energy rating of the installation.
- Photovoltaic project. This part includes:
 - Calculation of the total installed power consumption.
 - Choice of the panels to be installed.
 - Definition of the regulations to be taken into account.
 - Definition of essential parameters for the placement of the panels, such as orientation, inclination and minimum distance between rows of modules.
 - Choice of inverter.
 - Determination of the distribution and connection of the panels.
 - Calculation of the wiring.
- Preparation of the budget and economic study.
- Drafting of the specifications.
- Preparation of the following plans:
 - Situation plan.
 - Overall plan.
 - Plan of lighting distribution in the current situation.
 - Plan of the lighting distribution in the proposed situation.
 - Plan of the photovoltaic installation.
 - Plan of the single-line diagram of the photovoltaic installation.
- Incorporation of annexes such as the lighting and photovoltaic calculations made in DIALux and PVsyst, respectively.

3. Results

Based on the provisions of Circular Order 36/2015 on criteria to be applied in the lighting of open-air roads and tunnels ([6]), the distribution of LED luminaires along the tunnel is calculated. The biggest challenge in these calculations is to solve the problem of adaptation of the human eye. This is because, when the driver enters the tunnel (where there are low luminance levels), his eye is still used to the high luminance outside. Therefore, the black hole effect, which prevents drivers from being able to see the inside of the tunnel properly when they are in the vicinity of the tunnel due to the difference in light from the outside, should be avoided.

Based on the assumption that 199 high pressure sodium vapour luminaires of 400 W and 22 of 250 W are currently installed, the tables of the OC 36/2015 are used to start with the calculations. Firstly, it is determined that the lighting in the tunnel is class 2. Then, using the formula set out in the OC 36/2015, the stopping distance (D_p) is calculated for both tubes, according to the following formula:

$$D_p = \frac{V \cdot t_p}{3,6} + \frac{V^2}{254 \cdot (f_1 + i)}$$

Where:

- $D_p \equiv$ stopping distance.
- $V \equiv$ maximum driving speed.
- $f_1 \equiv$ longitudinal wheel-pavement friction coefficient.
- $i \equiv$ slope inclination of the gradient in percentages of one.
- $t_p \equiv$ perception and reaction time.

Thus, the following results are obtained:

- East - West tube: $D_p = 108.3$ m.
- West - East tube: $D_p = 139.1$ m.

From these, the luminance at a distance equal to the stopping distance from the tunnel entrance portal in the centre of the lane (also known as luminance in the access zone or L_{20}) is calculated according to the following formula:

$$L_{20} = \gamma \cdot L_C + \rho \cdot L_R + \varepsilon \cdot L_E + \tau \cdot L_{th}$$

Where:

- | | |
|---|---|
| • $L_C \equiv$ sky luminance. | • $\gamma \equiv$ % of sky. |
| • $L_R \equiv$ roadway luminance. | • $\rho \equiv$ % of roadway. |
| • $L_E \equiv$ luminance of the surroundings. | • $\varepsilon \equiv$ % of surroundings. |
| • $L_{th} \equiv$ threshold zone luminance. | • $\tau \equiv$ % of portal. |

This gives the following values for the luminance in the access zone:

- East - West tube: $L_{20} = 3.69$ kcd/m².
- West - East tube: $L_{20} = 3.94$ kcd/m².

With these values, the luminance in the threshold zone of the tunnel (L_{th}) is calculated. This section (which follows the access zone) is divided into two distinct parts:

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

- The first is the one whose luminance L_{th} must be equal to the L_{th} calculated for the beginning of the threshold zone.
- In the second part the luminance decreases progressively to 40 % of its total value.

Thus, to calculate the total value of the L_{th} , the following formula is used, where k is the revealing power coefficient:

$$L_{th} = L_{20} \cdot k$$

The following results are obtained:

- East - West tube:
 - $L_{th1} = 152 \text{ cd/m}^2$.
 - $L_{th2} = 121.6 \text{ cd/m}^2$.
- West - East tube:
 - $L_{th1} = 183 \text{ cd/m}^2$.
 - $L_{th2} = 146,4 \text{ cd/m}^2$.

The transition zone is the zone following the threshold zone and its task is to adapt the driver's eye to the low luminance levels of the inner zone of the tunnel after entering the tunnel accustomed to the high levels of the threshold zone. For this purpose, the tunnel is divided into five sections, the luminance values (L_{tr}) of which are calculated by the following formula:

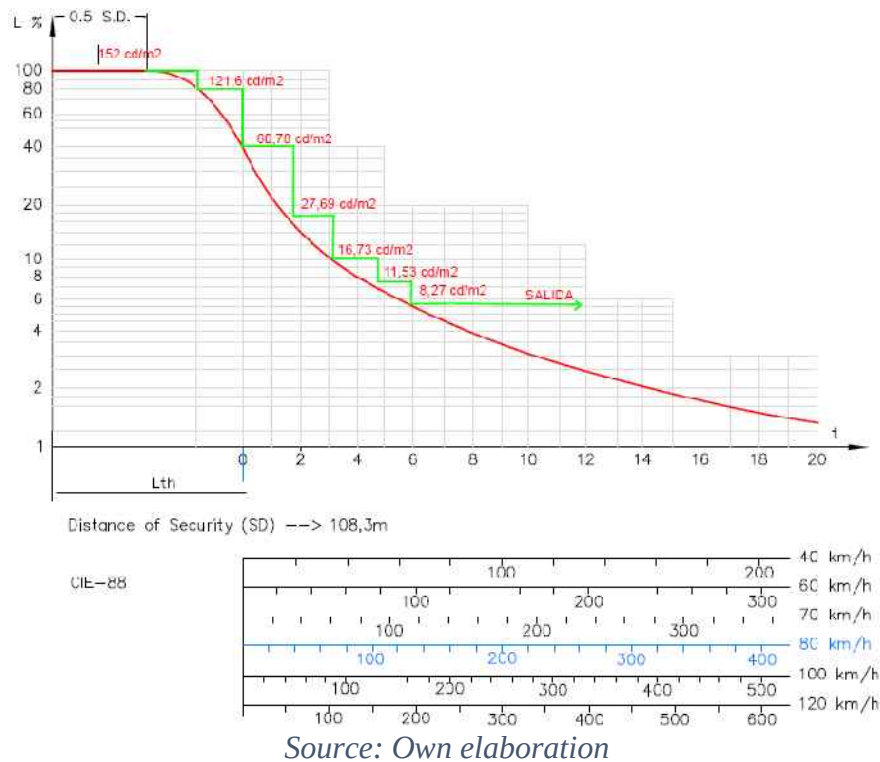
$$L_{tr} = L_{th} \cdot (1,9 + t)^{-1,423}$$

The eye adaptation curve for both tubes (East-West and West-East direction) is shown below. It shows how the luminance of the threshold zone drops progressively to 40% of its total value, with an intermediate step of 80% of its value, so that this decrease in luminance is progressive. From this point on, the luminance is further reduced according to the above expression of the L_{tr} .

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

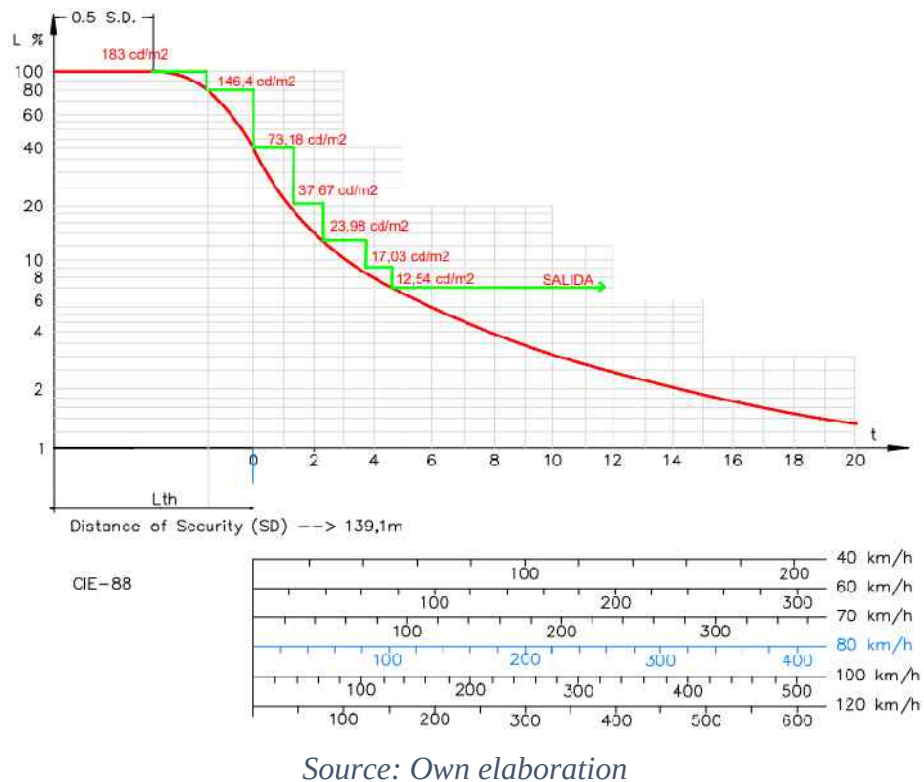
- East - West tube:

Figure 1: East - West: Representation L_{tr} and L_{th}



- West - East tube:

Figure 2: West - East: Representation L_{tr} and L_{th}



PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Once the luminance values required in each zone of the tunnel have been calculated, it is time to determine the distribution of the floodlights. Following criteria of circular economy, environmental profile, luminous efficacy and average life, BRIGO LED floodlights with a maximum power of 207 W from the Galician manufacturer SETGA S.L.U. were chosen. Using the DIALux lighting calculation software, the parameters that are going to limit this distribution (such as glare limitation or luminance uniformity) are introduced and the following distribution is obtained according to the tunnel tube in question:

Table 1: Units per section

Section	Reinforcement units	Permanent units	Total units
West			
L _{th1}	132	7	139
L _{th2}	35	2	37
L _{tr1}	19	3	22
L _{tr2}	12	2	14
L _{tr3}	6	2	8
L _{tr4}	3	2	5
L _{tr5}	3	3	6
East			
L _{th1}	170	9	179
L _{th2}	47	3	50
L _{tr1}	14	2	16
L _{tr2}	9	1	10
L _{tr3}	4	2	6
L _{tr4}	3	2	5
L _{tr5}	2	2	4

Source: Own elaboration

Table 2: Section-power luminaires

Section	W
L _{th1} (east)	207,3
L _{th2} -L _{tr1} (east)	199
L _{tr2} -L _{tr3} -L _{tr4} (east)	180,3
L _{th1} (west)	175,6
L _{th2} -L _{tr1} (west)	169,7
L _{tr2} -L _{tr3} -L _{tr4} (west) / L _{tr5} (east)	135
L _{tr5} (west)	88,1

Source: Own elaboration

Floodlights shall be arranged bilaterally and shall follow the layout detailed in the memorandum. In the case of night-time (or permanent) floodlights, these shall be positioned bilaterally with a distance of 25 m between floodlights. In addition, these, together with the floodlights, shall be positioned at a height of 5.5 m.

Furthermore, knowing that on a cloudy day the luminaires reduce their flux by 50 %, the following distribution is obtained for sunny daytime, cloudy daytime and night-time lighting:

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Table 3: Luminaire units by wattage

Reinforcement units	Permanent units	Total units	W	Total kW	Operating hours / year
Sunny daytime lighting					
170	9	179	207,3	37,11	2384
61	5	66	199	13,13	2384
16	5	21	180,3	3,79	2384
132	7	139	175,6	24,41	2384
54	5	59	169,7	10,01	2384
23	8	31	135	4,19	2384
3	3	6	88,1	0,53	2384
Cloudy daytime lighting					
170	9	179	103,65	18,55	3779
61	5	66	99,5	6,57	3779
16	5	21	90,15	1,89	3779
132	7	139	87,8	12,20	3779
54	5	59	84,85	5,01	3779
23	8	31	67,5	2,09	3779
3	3	6	44,05	0,26	3779
Night-time (or permanent) lighting					
	42	42	74	3,11	2597

Source: Own elaboration

As the electricity bills for the electricity supply are not available, the calculations of the tunnel's annual consumption are based on the total power installed with the changeover to LEDs and the hours of operation. A characteristic feature of the installation is that the times of maximum solar production correspond to the times of maximum consumption, since, at times of sunshine, the floodlights are in operation together with the permanent lighting.

Thus, adding the installed power values of the sunny daytime lighting, the total installed power consumption is 93.20 kW. Multiplying by the hours in which each type of lighting is in operation, a total annual power consumption of 406.20 MWh/year is obtained.

The first step in sizing the solar photovoltaic plant is to specify its location and the inclination of the panels. Regarding the first question, the plant will be located on the upper plot of the tunnel, as this is an area within the public domain of the road itself and therefore does not affect private properties, so no expropriation is foreseen. Thus, a surface area of approximately 956 m² is measured. Secondly, based on the results of the PVsyst photovoltaic software, the optimal inclination of the panels is 40°.

Then, based on the distance to be left between rows of modules as established by the IDAE, it is determined that 288 panels fit, which, choosing 450 W_p solar panels from the manufacturer SOLYCO and model C-TG 144p.2/450, would result in an installed generation power of 130 kW_p.

Following the indications given by the inverter manufacturer (Fronius), it was decided to install two Tauro 50-3-D inverters of 75 kW_p each. It is therefore known that 144 panels will be installed per inverter. From their voltage range (580 / 930 V_{DC}) and the

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

nominal voltage of the panel (41.03 V), it is determined that 18 panels will be installed per string, making a total of 8 strings per inverter.

Finally, and after having calculated the type of wiring for direct current and alternating current from the ITC-BT-19 tables and the voltage drop calculation, the following final results are obtained:

- Fixed structure with a 40° inclination, located at the top of the tunnel and close to the transformation and control centre of the tunnel's electrical infrastructure.
- 288 photovoltaic modules of 450 W_p, resulting in a total installed power of approximately 130 kW_p.
- Two 75 kW_p inverters to convert the photovoltaic generation from direct current to alternating current. Each inverter will have 8 strings, 18 panels/string, totalling 144 panels per inverter.
- The inverters and protection panels will be located in the CGBT premises.
- The connection between photovoltaic modules and inverters will be made with H1Z2Z2-K cable (direct current lines).
- The connections between the inverter and the alternating current protections, and between these and the CGBT will be made with RZ1-K (AS) 0.6/1 kV cable (alternating current lines).

Based on this data, and with the help of the PVsyst software, an annual generation capacity of 173.4 MWh/year is obtained, i.e. 43% of the tunnel's lighting energy consumption would be generated with photovoltaic solar energy.

4. Conclusions

Simplifying the calculation of the energy rating of the installation to night lighting due to the complexities of a lighting project of this size, and in accordance with the REEIAE, it is determined that the energy rating of the installation is category A for both directions of the tunnel: East - West and West - East. This demonstrates the energy efficiency of the installation proposed for the Valladares tunnel.

Finally, with a planned investment of €656,286, this outlay is supported by annual energy and economic savings of 73.02%, demonstrating that the proposed initiatives will generate benefits over time.

Furthermore, the payback calculation shows that the investment will be recovered within 5 years, 2 months and 15 days from the time of investment. This rapid payback, together with an NPV of €255,686, demonstrates the financial viability of the project, even taking into account the time value of money. Furthermore, the positive IRR of 14% supports the idea that this is an attractive investment.

In conclusion, it is worth noting that this project, as well as being an economically viable initiative, represents a sustainable and realistic proposal towards building a more sustainable future. It not only seeks to improve the tunnel infrastructure itself, but also takes a more holistic view by promoting environmental responsibility and the long-term resilience of society.

5. References

- [1] «plannacionalintegradoenergíayclima2021-2030_tcm30-546623.pdf». Accessed: September 17, 2023. [Online]. Available in: https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/ministerio/planes-estrategias/plannacional-integrado-energia-clima/plannacionalintegradoenergíayclima2021-2030_tcm30-546623.pdf
- [2] «Un túnel con 3km de paneles solares», factorenergia. Accessed: September 24, 2023. [Online]. Available in: <https://www.factorenergia.com/es/blog/historiaspositivas/tunel-paneles-solares/>
- [3] «Autopistas reducirá su huella de carbono con la instalación de 18 plantas solares en su red de autopistas y túneles», Autopistas. Accessed: September 24, 2023. [Online]. Available in: <https://www.autopistas.com/notas-de-prensa/autopistas-reducira-suhuella-de-carbono-con-la-instalacion-de-18-plantas-solares-en-su-red-de-autopistas-ytúneles>
- [4] A. Serrano-Tierz, A. Martínez-Iturbe, O. Guarddon-Muñoz, y J. L. Santolaya-Sáenz, «Análisis de ahorro energético en iluminación LED industrial: Un estudio de caso», DYNA, vol. 82, n.o 191, pp. 231-239, jun. 2015, doi: 10.15446/dyna.v82n191.45442
- [5] L. E. P. a LED, «¿Qué es la eficacia luminosa de los LED (lúmenes por vatio)?», Lumistrips. Accessed: November 1, 2023. [Online]. Available in: https://www.es.lumistrips.com/lumistrips-blog/led_efficacy_efficency_explained-es/
- [6] S. O. Btado y O. Infraestructuras, «MINISTERIO DE FOMENTO»

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Índice de contenido

Documento 1. Memoria	15
1. Introducción	17
1.1. Contexto	17
1.2. Motivación	21
1.3. Objeto	21
1.4. Metodología	22
2. Antecedentes	25
3. Estado del arte	26
3.1. Tecnología LED	26
3.1.1. Evolución histórica del LED	26
3.1.2. Tecnología LED. Principio de funcionamiento	26
3.1.3. Estructura de un led	27
3.1.4. Gestión térmica del led	28
3.1.5. Lentes	29
3.1.6. Características y ventajas del LED	29
3.2. Planta solar fotovoltaica	30
3.2.1. Tipos	33
3.2.2. Componentes	33
3.2.3. Ventajas de la energía solar	34
4. Normativa de referencia	36
5. Localización del túnel	37
6. Definición de la instalación actual	39
6.1. Características del túnel	39
6.2. Suministro eléctrico	40
6.2.1. Distribución eléctrica	42
6.2.2. Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI)	42
6.2.3. Canalizaciones	42
6.3. Iluminación	42
7. Definición y cálculos de la instalación de iluminación	44
7.1. Definición y cálculo de los parámetros lumínicos OC 36/2015	45
7.1.1. Clase de alumbrado	45
7.1.2. Regímenes de iluminación	54
7.1.3. Efecto flicker	56
7.2. Distribución de iluminación	56
7.3. Telegestión de la iluminación	62
7.3.1. Sistema modular	62
7.3.2. Arquitectura del sistema	62
7.4. Estudio lumínico del proyecto	63
7.5. Calificación energética de la instalación	71
8. Definición y cálculos de la planta fotovoltaica	75
8.1. Descripción y diseño	75
8.1.1. Superficie disponible	79
8.1.2. Orientación	80
8.1.3. Dimensionamiento	80
8.2. Cableado	84
8.2.1. Cableado de corriente continua	84
8.2.2. Cableado de corriente alterna	87
8.2.3. Cableado de protección	88

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

8.3. Componentes de la planta fotovoltaica	89
8.3.1. Paneles solares SOLYCO 450Wp	89
8.3.2. Inversores Tauro 50-3-D	90
8.3.3. Estructura soporte	91
8.3.4. Protecciones	91
8.3.5. Cableado	91
9. Estudio económico	92
9.1. Ahorro de la instalación de alumbrado	93
9.2. Ahorro de la instalación fotovoltaica	94
9.3. Ahorro energético y económico total	95
9.4. Payback	96
9.5. VAN	97
9.6. TIR	97
10. Anexos	99
Anexo I. Cálculos lumínicos	99
Anexo II. Cálculos fotovoltaicos	100
Anexo III. Ficha técnica del módulo solar (SOLYCO C-TG 144p.2/450)	101
Anexo IV. Instrucciones de instalación y montaje del módulo solar	102
Anexo V. Ficha técnica del inversor (Fronius Tauro 50-3-D)	103
Anexo VI. Ficha técnica del soporte (Sunfer Energy 40V)	104
Anexo VII. Montaje del soporte	105
Anexo VIII. Ficha técnica del cableado de CC (PRYSMIAN PRYSOLAR – H1Z2Z2-K)	106
Anexo IX. Ficha técnica del cableado de CA (AFUMEX CLASS 1000V (AS) – RZ1-K (AS))	107
Anexo X. Ficha técnica del proyector LED (SETGA BRIGO)	108
Anexo XI. Alineación del Trabajo con los ODS	109
Anexo XII. Bibliografía	111
Documento 2. Planos	115
Documento 3. Pliego de condiciones	119
1. Objeto	121
2. Normativa	122
3. Componentes y materiales iluminación led	126
3.1. Generalidades	126
3.2. Proyector led	126
4. Componentes y materiales instalación fotovoltaica	128
4.1. Generalidades	128
4.2. Generador fotovoltaico	128
4.3. Estructura soporte	129
4.4. Inversores	130
4.5. Cableado	131
4.5.1. Cableado de corriente continua	131
4.5.2. Cableado de corriente alterna	132
5. Ejecución de las instalaciones	134
Documento 4. Presupuesto	135
1. Presupuesto de la instalación de luminarias led	137
2. Presupuesto de la instalación de la planta fotovoltaica	138
3. Presupuesto total	139

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Índice de figuras

Figura 1: Estructura de potencia instalada en 2022 (%).....	19
Figura 2: Evolución de la potencia instalada renovable (MW).....	19
Figura 3: Participación de la potencia renovable de cada CCAA sobre el total nacional (%).....	20
Figura 4: Potencia renovable sobre potencia total de cada país miembro de ENTSO-E (%).....	21
Figura 5: Polarización Unión PN Led	26
Figura 6: Diagrama cromático de la CIE.....	27
Figura 7: Sección tipos led	28
Figura 8: Reducción del ángulo de apertura con una lente	29
Figura 9: Funcionamiento de una planta fotovoltaica	32
Figura 10: Panel solar monocristalino	33
Figura 11: Panel solar policristalino	34
Figura 12: Situación túnel vista en planta	37
Figura 13: Vista túnel boca este	37
Figura 14: Vista túnel boca oeste	38
Figura 15: Sección transversal túnel.....	40
Figura 16: Ubicación centro de transformación y control túnel.....	41
Figura 17: Exterior centro de transformación y control túnel	41
Figura 18: Distribución fotométrica proyectores actuales.....	42
Figura 19: Visor web del mapa de tráfico de MITMA.....	45
Figura 20: Boca sentido oeste, L_{20}	49
Figura 21: Boca sentido este, L_{20}	50
Figura 22: Zona de transición.....	51
Figura 23: Este - Oeste: Representación L_{tr} y L_{th}	52
Figura 24: Oeste - Este: Representación L_{tr} y L_{th}	53
Figura 25: Extrapolación valores de referencia de eficiencia energética	72
Figura 26: Clasificación energética	74
Figura 27: Simulación de consumo de la instalación	79
Figura 28: Parcela para la planta fotovoltaica	80
Figura 29: Parámetros para la distancia mínima entre filas de módulos	80
Figura 30: Simulación de consumo de la actuación	81
Figura 31: Distribución y conexión de los paneles	82
Figura 32: Distribución sobre plano de los paneles.....	84
Figura 33: Planta de la instalación fotovoltaica.....	85
Figura 34: Sección de los conductores de protección	88
Figura 35: Simulación de la energía producida por la actuación	89
Figura 36: Modelo de paneles propuestos	90
Figura 37: Modelo de inversores propuestos.....	90
Figura 38: Estructura del soporte de los paneles	91
Figura 39: Payback	96
Figura 40: Proyector led	126
Figura 41: Montaje de módulos fotovoltaicos.....	128
Figura 42: Sujeción para los módulos	129
Figura 43: Soporte de los paneles.....	129
Figura 44: Base de hormigón del soporte de los paneles	130
Figura 45: Inversor seleccionado.....	130
Figura 46: Cable de corriente continua.....	132
Figura 47: Cable de corriente alterna	132

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Índice de tablas

Tabla 1: Comparativa tipos led.....	28
Tabla 2: Comparativa paneles solares	34
Tabla 3: Características geométricas principales.....	39
Tabla 4: Sección vial túnel	39
Tabla 5: Potencia instalada	41
Tabla 6: Resumen proyectores actuales en cada tubo	43
Tabla 7: Intensidad de tráfico	46
Tabla 8: Clase de alumbrado	46
Tabla 9: Estándar de distancia de parada.....	47
Tabla 10: Distancia de parada Túnel Valladares	47
Tabla 11: Luminancias estándar según superficies	48
Tabla 12: Cálculo de áreas L_{20} oeste	48
Tabla 13: Cálculo L_{20} oeste	48
Tabla 14: Cálculo de áreas L_{20} este	49
Tabla 15: Cálculo L_{20} este	49
Tabla 16: Tabla estándar de coeficiente k	51
Tabla 17: Tabla resumen resultados L_{th}	51
Tabla 18: Uniformidades mínimas según clase de túnel	54
Tabla 19: Alumbrado permanente	57
Tabla 20: Alumbrado diurno L_{th1}	57
Tabla 21: Alumbrado diurno L_{th2}	58
Tabla 22: Alumbrado diurno L_{tr1}	58
Tabla 23: Alumbrado diurno L_{tr2} este	59
Tabla 24: Alumbrado diurno L_{tr2} oeste	59
Tabla 25: Alumbrado diurno L_{tr3}	60
Tabla 26: Alumbrado diurno L_{tr4}	60
Tabla 27: Alumbrado diurno L_{tr5}	61
Tabla 28: Resumen de unidades por tramo	63
Tabla 29: Luminarias tramo - potencia.....	63
Tabla 30: Unidades de luminarias por potencia	64
Tabla 31: Resultados lumínicos sentido oeste	65
Tabla 32: Resultados lumínicos sentido este.....	68
Tabla 33: Resultados energéticos en régimen nocturno	71
Tabla 34: Eficiencia energética mínima en instalaciones de alumbrado vial funcional. 72	
Tabla 35: Valores eficiencia energética.....	73
Tabla 36: Valores ICE	73
Tabla 37: Calificación energética	73
Tabla 38: Potencia total instalada calculada.....	76
Tabla 39: Número de días por régimen según OC	77
Tabla 40: Número de horas diarias por régimen según OC	77
Tabla 41: Potencia total consumida anual calculada	78
Tabla 42: Valor k para la distancia mínima entre filas de módulos	80
Tabla 43: Intensidad admisible (en A) para cables soterrados bajo tubo	86
Tabla 44: Intensidad admisible para cables con conductores de cobre y no enterrados 87	
Tabla 45: Consumo energético actual	92
Tabla 46: Coste energético anual.....	93
Tabla 47: Consumo energético anual para la iluminación led propuesta	93
Tabla 48: Coste energético anual para la iluminación led propuesta	94
Tabla 49: Resumen ahorro energético anual para iluminación led	94

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

Tabla 50: Coste energético anual para la instalación FV propuesta.....	94
Tabla 51: Resumen ahorro energético anual para instalación FV	95
Tabla 52: Ahorro energético total.....	95
Tabla 53: Ahorro económico total.....	95
Tabla 54: Cálculo del payback	96
Tabla 55: Eficacia mínima de la luminaria (lm/W)	127
Tabla 56: Presupuesto iluminación led.....	137
Tabla 57: Presupuesto planta solar fotovoltaica	138
Tabla 58: Presupuesto total.....	139

Índice de abreviaturas

BT: Baja Tensión
CECRE: Centro de Control de Energías Renovables
CGBT: Cuadro General de Baja Tensión
CA: Corriente Alterna
CC: Corriente Continua
CEI: Comité Español de Iluminación
CT: Centro de Transformación
E – O: Este – Oeste
ENTSO-E: Red Europea de Gestores de Redes de Transporte de Electricidad
FV: Fotovoltaica
GEI: Gases de Efecto Invernadero
ICE: Índice de Consumo Energético
IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
IMD: Intensidad Media Diaria de vehículos
LBT: Local de Baja Tensión
LED: Light Emitting Diode
LGE: Local del Grupo Electrógeno
MITMA: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana
OC: Orden Circular
ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible
O – E: Oeste – Este
ONU: Organización de las Naciones Unidas (ONU)
PNIEC: Plan Nacional Integrado de Energía y Clima
REEIAE: Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior
SAI: Sistema de Alimentación Ininterrumpida
SSL: Solid State Lighting
UE: Unión Europea
VSAP: Vapor de Sodio de Alta Presión

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

DOCUMENTO 1. MEMORIA

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

1. Introducción

1.1. Contexto

La sociedad actual está en continua evolución, lo que conlleva demandas crecientes en términos de exigencias a nivel medioambiental, económico y social. Esta situación deriva en la apuesta por la búsqueda continua de soluciones que contribuyan al ahorro energético, al aumento de la seguridad de los ciudadanos y a la protección del medioambiente.

En este contexto, la modernización de las instalaciones actuales hacia un mayor ahorro, eficiencia e independencia energética se plantea como una oportunidad viable de alcanzar. No obstante, el escenario económico en el que actualmente se encuentra la sociedad, así como la persistencia de las tensiones geopolíticas a escala internacional, continúan exigiendo la adopción urgente de medidas excepcionales a fin de garantizar la sostenibilidad en el ámbito económico y social.

Como marco general, se parte del año 2015, en el cual la Organización de las Naciones Unidas (ONU) aprueba la Agenda 2030 sobre el desarrollo sostenible. En ella se tratan diecisiete Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que buscan tener un impacto positivo en la economía, la sociedad y el medioambiente. Entre ellos se encuentran objetivos como la paz y la justicia, el fin de la pobreza, la participación colectiva y la preocupación por el cambio climático. Ese mismo año tiene lugar además la firma del Acuerdo de París, cuya implementación es clave para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible ([1]).

A pesar de esto, la imparable demanda de combustibles fósiles tiene una serie de consecuencias ambientales, sociales y económicas negativas, tales como el aumento de la contaminación y el cambio climático generado por las emisiones de CO₂.

En el trasfondo de las actividades cotidianas subyacen la exploración y generación energética, así como complejas cadenas de suministro y redes de consumidores. Esta generación de energía pasa por el empleo de gran cantidad de combustibles fósiles. De esta manera, el reto al que se enfrenta actualmente la sociedad es disminuir progresivamente su uso en favor de energías renovables limpias, logrando así reducir su contribución en el mix energético (indicación de que la contribución de energías renovables es cada vez mayor).

Dado que la estrategia internacional es común, es clave destacar que la política energética y climática de España está determinada por los objetivos políticos y normativos de la Unión Europea (UE), así como por el cumplimiento de los numerosos compromisos internacionales. A nivel internacional, el Acuerdo de París es el documento de referencia para lograr los objetivos de descarbonización.

En Europa, el camino hacia la neutralidad climática en 2050 se traza a través de la hoja de ruta que marca el Pacto Verde Europeo. Esta se centra en la transición hacia un modelo energético limpio basado en fuentes de energía renovables que garanticen la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos mediante un suministro eléctrico seguro y asequible, así como a través de un mercado energético plenamente integrado, interconectado y digitalizado en el que se priorice la eficiencia y el rendimiento energético de la infraestructura. Dichas claves se aplican a los siguientes sectores: clima, medioambiente y océanos, energía, transporte, agricultura, finanzas y desarrollo regional, industria e investigación e innovación ([1]).

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

España es parte firmante de los convenios internacionales, así como de las políticas y planes a nivel europeo. Con el objetivo de alcanzar un modelo energético limpio en mente, nace la Ley 7/2021 de Cambio Climático y Transición Energética, cuyo objetivo es la descarbonización de la economía española, basándose en la transición hacia un modelo circular que garantice el uso racional de los recursos a través de la implementación de un modelo de desarrollo sostenible ([2]).

Dicha ley contiene todos los elementos reguladores que rigen las estrategias y planes a seguir en los próximos años: el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) y la Estrategia de Descarbonización a 2050, basados en los siguientes objetivos ([1]):

- **Para 2030:**
 - Reducir las emisiones de GEI en, como mínimo, un 23 % respecto a 1990.
 - Lograr que al menos un 42 % del consumo de energía final provenga de fuentes de energía renovables.
 - Garantizar que la electricidad generada proceda de, como mínimo, un 74 % de energías de origen renovable.
 - Incrementar la eficiencia energética, reduciendo el consumo de energía primaria en al menos un 39,5 %.
- **Para 2050:**
 - Alcanzar la neutralidad climática.
 - 100 % de generación de energía renovable.

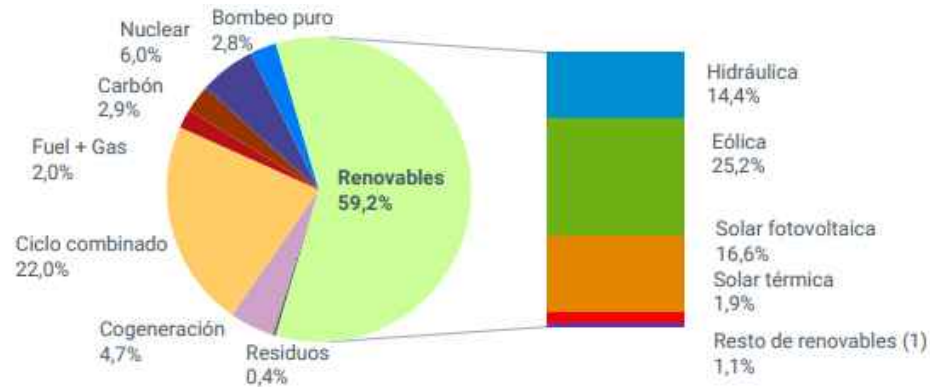
En este contexto, el sector eléctrico desempeña un importante papel en la descarbonización y en la transición energética. Así, Red Eléctrica juega un rol fundamental en la transición hacia un nuevo modelo energético. Esto implica la promoción de la electrificación de la economía, la integración de energías renovables en el mix energético y la búsqueda constante de la eficiencia, asegurando también la continuidad y seguridad del suministro ([3]).

En el transcurso del año 2022, se agregan al parque generador español una potencia renovable de 5.900 MW (lo que constituye el 59,2 % del total ([4])), de los cuales 4.500 MW se atribuyen a la tecnología solar fotovoltaica ([5]). Así, desde el 2019, se han estado registrando varios años consecutivos de aumento de las energías de origen renovable. Para que esto continúe siendo así, es imprescindible la presencia del Centro de Control de Energías Renovables (CECRE) de Red Eléctrica, el cual se encarga de supervisar la generación de energías renovables ([6]).

Este incremento de energía solar fotovoltaica generada ha hecho que esta consiga superar a la energía hidráulica, consiguiendo una cuota dentro del mix energético español del 16,6 % en 2022. No obstante, la energía eólica sigue siendo la energía líder representando el 25,2 % del parque generador nacional ([5]), tal y como se muestra a continuación.

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Figura 1: Estructura de potencia instalada en 2022 (%)

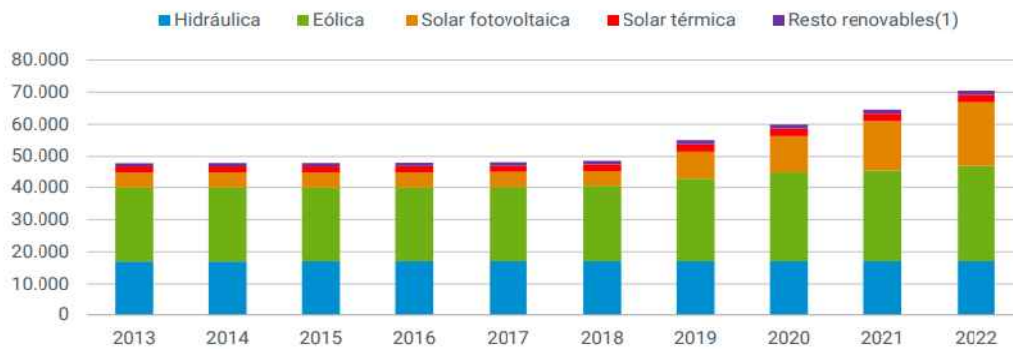


(1) Incluye biogás, biomasa, geotérmica, hidráulica marina, hidroeólica y residuos renovables.

Fuente: Red Eléctrica ([5])

Además, se incluye a continuación un gráfico que muestra la evolución de la capacidad instalada de energía renovable en España.

Figura 2: Evolución de la potencia instalada renovable (MW)

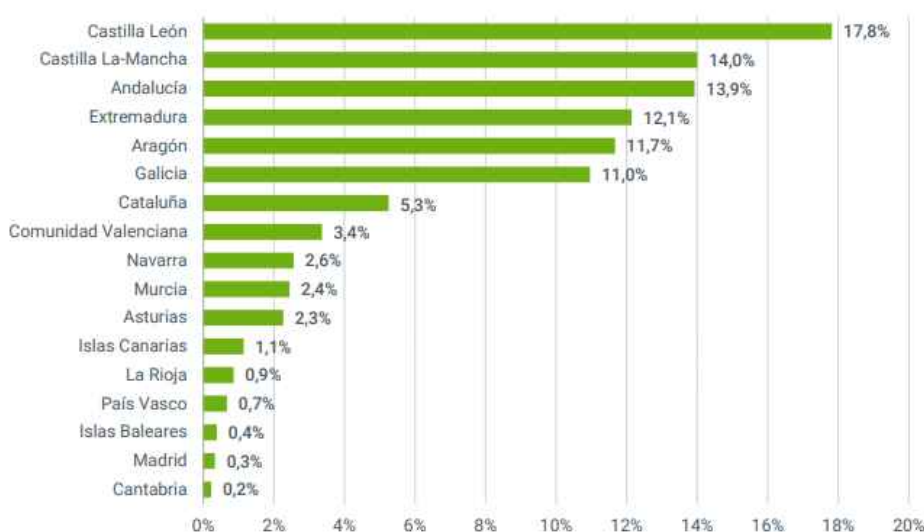


Fuente: Red Eléctrica ([5])

Al analizar la distribución de la potencia renovable instalada en las diferentes comunidades autónomas, se observa que la mayor parte de la capacidad está concentrada en Castilla y León, Castilla-La Mancha, Andalucía y Extremadura, sumando entre todas ellas el 57,9 % de la capacidad de energía renovable instalada en España.

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Figura 3: Participación de la potencia renovable de cada CCAA sobre el total nacional (%)



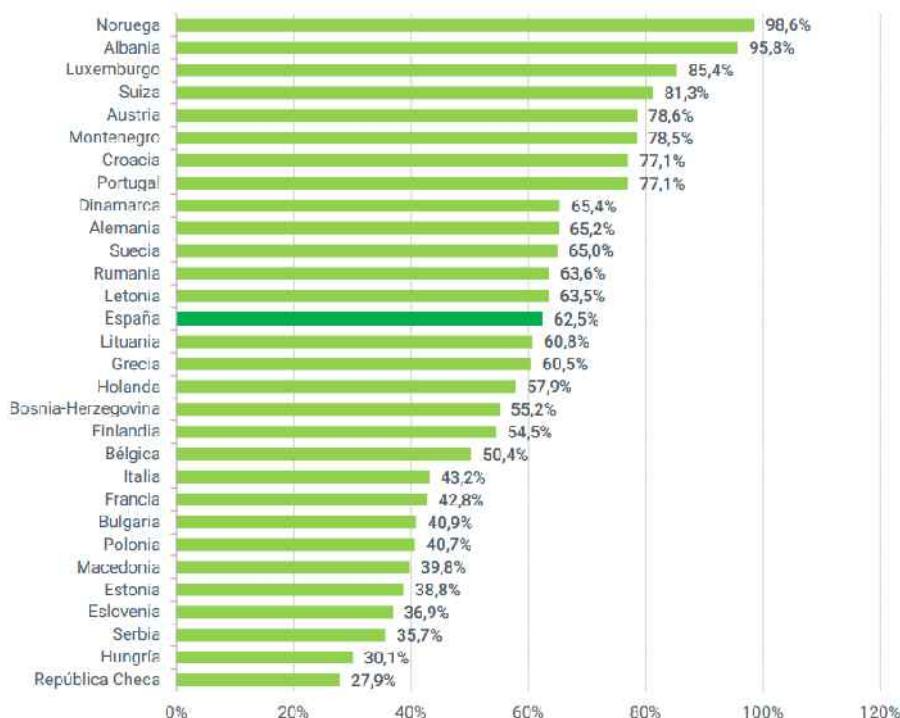
Fuente: Red Eléctrica ([5])

Es importante resaltar que, aunque en Europa se esté fomentando el uso de energías renovables para alcanzar la independencia energética y la descarbonización de la economía, la reducción en la producción hidráulica hace que la variación en la energía renovable se reduzca en un 1,2 % respecto al año anterior. No obstante, las dos energías de origen renovable que más aumentan en 2022 son la solar y la eólica, con una variación del 24,1 % y 9,5 % respectivamente frente al año anterior ([5]).

En el siguiente gráfico se muestra el porcentaje de potencia renovable generada en cada país de la ENTSO-E respecto a su potencia total. De esta manera, se observa que en España la potencia renovable representa el 62,5 % de la capacidad total de generación eléctrica, lo que indica que el país todavía tiene una significativa dependencia de combustibles fósiles en su matriz energética.

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Figura 4: Potencia renovable sobre potencia total de cada país miembro de ENTSO-E (%)



Fuente: Red Eléctrica ([5])

1.2. Motivación

Una vez contextualizado el Trabajo de Fin de Máster (en adelante el “Trabajo”), es importante resaltar cuál es la motivación del mismo. Pues bien, esta radica en querer abarcar soluciones innovadoras para mitigar el cambio climático y así preservar el medioambiente para las generaciones futuras. Para ello, tanto la tecnología y la innovación juegan un papel crucial en esta misión.

El Trabajo se centra en la **instalación de una planta fotovoltaica** y la **transición a la iluminación led en un túnel de carretera**, cuya ubicación se detalla más adelante. Esta iniciativa no solo busca reducir el consumo de energía, sino que también representa un avance hacia la consecución de los objetivos del PNIEC y de la Estrategia de Descarbonización explicados anteriormente.

De esta manera, la motivación del presente Trabajo se basa en la firme creencia de que se puede hacer la diferencia, no solo a nivel teórico y superficial, sino también mediante acciones que demuestren los beneficios de la tecnología led en iluminación y la viabilidad de la energía renovable en el sistema eléctrico nacional. En un momento en el que la urgencia de abordar el cambio climático es innegable, este Trabajo representa mi contribución personal a la búsqueda de soluciones realistas para la construcción de un futuro más sostenible para todos.

1.3. Objeto

El objeto del presente Trabajo consiste en la realización de los estudios técnicos y económicos necesarios para la **rehabilitación y mejora de la instalación de equipos de alumbrado del túnel de Valladares** -túnel construido dentro del Segundo Cinturón de Vigo (VG-20)- así como la **creación de una planta de generación fotovoltaica** de autoconsumo sin baterías. Dichas actuaciones implican una disminución significativa de

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

gases de efecto invernadero CO₂, así como de los costes de explotación gracias al empleo de nuevas tecnologías renovables.

Para lograr dicho propósito, se persiguen los siguientes objetivos:

- **Disminuir la dependencia de la red eléctrica del túnel.** De esta manera, se pretende optimizar al máximo el grado de autoconsumo en horas de sol al tiempo que se disminuye la potencia de consumo en horas nocturnas en las que el túnel depende de la red eléctrica. Por otra parte, el disponer de un sistema fotovoltaico conectado a red supone un sistema de protección contra subidas del coste de la electricidad y la volatilidad del precio de los combustibles.
- **Reducir el consumo del túnel** mediante la sustitución de los elementos actuales de iluminación por luminarias de tecnología LED. De esta forma, se busca optimizar el consumo energético del túnel y, a la vez, promover la eficiencia energética en su funcionamiento.
- **Promover un consumo energético de origen renovable** basado en energía solar fotovoltaica, la cual constituye una fuente renovable y limpia de energía, así como libre de emisiones de CO₂. Con ello se aspira a reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático.

De esta manera, las medidas propuestas en este Trabajo quedan perfectamente alineadas con los objetivos anteriormente descritos.

1.4. Metodología

Para lograr los objetivos expuestos anteriormente, la elaboración del Trabajo se ha dividido en esta serie de etapas:

- **Introducción:** en primer lugar, se contextualiza el proyecto en base a los objetivos marcados en el PNIEC y en la Estrategia de Descarbonización a 2050, para a continuación describir la motivación, el objeto y la metodología seguida en el Trabajo.
- **Antecedentes:** para lograr una contextualización del Trabajo más aterrizada en base a los objetivos marcados, se introduce la tecnología led y la apuesta por el uso de fuentes de energía de origen renovable como alternativas eficientes y respetuosas con el medioambiente.
- **Estado del arte:** se recaba información sobre la tecnología LED y la situación actual de la energía solar fotovoltaica. Para ello, se lleva a cabo una revisión bibliográfica a través de bases de documentos académicos como Google Scholar, Dialnet y Web of Science, así como de informes publicados por empresas del sector.
- **Proyecto de iluminación.** Esta fase incluye:
 - Descripción de la localización del túnel en cuestión.
 - Entendimiento de la distribución actual de luminarias a lo largo del mismo.
 - Definición de la normativa a emplear.
 - Cálculo de la iluminación en la zona de acceso, de umbral y de transición.
 - Identificación de parámetros limitantes como la limitación por deslumbramiento o la uniformidad de la luminancia.
 - Cálculo de la nueva distribución de las luminarias mediante el programa DIALux.
- **Calificación energética** de la instalación en base a los parámetros exigidos en la normativa.

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

- **Proyecto fotovoltaico.** Esta fase incluye:
 - Determinación de la potencia total instalada de consumo.
 - Cálculo del consumo total del alumbrado del túnel.
 - Elección del panel solar a instalar en base a su fabricante y ficha técnica.
 - Definición de la superficie disponible para la instalación de la planta fotovoltaica.
 - Revisión de la normativa vigente.
 - Definición de parámetros esenciales para la colocación de los paneles, como la orientación, inclinación y distancia mínima entre filas de módulos.
 - Determinación del número de paneles necesarios.
 - Elección del inversor.
 - Definición de la distribución y conexión de los paneles.
 - Cálculo de cableado.
- **Análisis económico.**
- **Pliego de condiciones.**
- **Elaboración de planos.** Se adjuntan:
 - Plano de situación.
 - Plano de conjunto.
 - Plano de distribución del alumbrado en la situación actual.
 - Plano de distribución del alumbrado en la situación propuesta.
 - Plano de la instalación fotovoltaica.
 - Plano del esquema unifilar de la instalación fotovoltaica.
- **Presupuesto.**
- **Anexos.** Se incluyen:
 - Los cálculos lumínicos y fotovoltaicos obtenidos de DIALux y PVsyst, respectivamente.
 - La alineación del Trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.
 - La bibliografía.

Para la correcta ejecución de los cálculos del proyecto, se han empleado programas de cálculo en su versión de software libre tanto para la parte de cálculos lumínicos como para la de cálculos de instalación fotovoltaica:

- Cálculos lumínicos: **DIALux 4.13.** Es un software utilizado para diseñar sistemas de iluminación, tanto interiores como exteriores. Permite calcular la distribución de la luz, la calidad de la iluminación y la eficiencia energética de proyectos de iluminación.
- Cálculos fotovoltaicos:
 - **PVGIS** (Photovoltaic Geographical Information System). Es un software de cálculo fotovoltaico creado por la Comisión Europea que ofrece datos y cálculos sobre energía solar fotovoltaica, tales como información sobre radiación solar, producción de energía fotovoltaica y estimaciones de rendimiento para ubicaciones específicas en Europa y otras regiones del mundo.
 - **PVsyst.** Es un software empleado para modelar, dimensionar y evaluar la eficiencia de sistemas fotovoltaicos en diferentes ubicaciones. De esta manera, permite a sus usuarios realizar análisis detallados de sombreado, cálculos de rendimiento y optimización de sistemas fotovoltaicos.

Además, para la realización de los planos, se ha empleado **AutoCAD**. Esta es una herramienta de diseño asistido que se emplea para crear y editar planos con precisión

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

gracias a sus herramientas de dibujo, medición y documentación. Así, se convierte en una herramienta ideal para visualizar y comunicar diseños en 2D y 3D de manera efectiva.

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

2. Antecedentes

La iluminación de túneles mediante la instalación de alumbrado artificial seguramente constituya uno de los proyectos más costosos y exigentes en materia de alumbrado exterior. La principal dificultad consiste en evitar el efecto de agujero negro al comienzo del túnel, así como el posible deslumbramiento del conductor al final de este. Ambos problemas derivan de la misma causa: la existencia de altos niveles de iluminación natural durante el horario diurno en las inmediaciones de la estructura, los cuales pueden alcanzar valores de iluminancia medidos en miles.

Así, el alto coste que acarrearán estas instalaciones viene determinado por el gran número de puntos de luz que es necesario instalar, la potencia consumida y el mantenimiento de las luminarias, entre otros factores. Debe tenerse en cuenta que, mientras que los puntos de luz correspondientes al alumbrado nocturno se encuentran en funcionamiento ininterrumpido los 365 días del año, el encendido del resto de luminarias depende de las condiciones lumínicas del exterior, activándose exclusivamente durante el tramo diurno.

Teniendo en cuenta las dificultades a las cuales se debe hacer frente al llevar a cabo un proyecto de esta magnitud, es primordial resaltar la importancia del uso de fuentes de luz led, ya que, debido a su mayor vida útil, estas están destinadas a reemplazar las lámparas de sodio u otras opciones tradicionalmente empleadas. Además, se ha comprobado que estas fuentes de luz led ofrecen una reproducción cromática mucho mejor, así como un rendimiento lumínico y energético mayor ([7]). De esta manera, se convierten en una alternativa responsable y preferible a las tradicionales, económica y ecológicamente hablando.

Las ventajas de las fuentes de luz LED no solo son contempladas para su aplicación en túneles, sino que su adopción se extiende a todos los ámbitos, sustituyendo así a luminarias compuestas por lámparas de otras tecnologías.

Aunque los combustibles fósiles hayan sido la fuente de energía empleada durante la revolución industrial, en la actualidad su utilización presenta fundamentalmente dos problemas: por un lado, son recursos finitos y, por otro, la quema de estos combustibles libera a la atmósfera grandes cantidades de CO₂, el cual es acusado de ser el principal causante del calentamiento global ([8]).

Para poner solución a este problema, en los últimos años la administración ha estado impulsando varios programas de subvenciones con el objetivo de promover instalaciones de autoconsumo a partir de fuentes renovables. Estas iniciativas se orientan hacia sectores como la vivienda y las entidades públicas, contemplando tanto sistemas con almacenamiento como aquellos sin él ([9]).

Fruto de ayudas como estas, la demanda de energías como la solar fotovoltaica se ha disparado, reduciéndose sus costes de implantación significativamente y convirtiéndola por tanto en una de las tecnologías más accesibles y rentables a día de hoy.

Una vez contextualizados los antecedentes de los que se parte, conviene aclarar el estado del arte de las principales tecnologías que sustentan las bases de este proyecto.

3. Estado del arte

3.1. Tecnología LED

Para comprender el estado de la tecnología led en la actualidad, conviene remontarse a los orígenes de la humanidad cuando, a partir de una llama, el hombre aprende a controlar el fuego y así a hacer luz. Así, los intentos posteriores para perfeccionar el proceso de generación de luz y separarlo de la producción de calor constituyen un hito histórico en el desarrollo de fuentes de iluminación.

En los últimos años, el descubrimiento de una nueva tecnología ha provocado un salto tecnológico hacia una nueva fuente de luz artificial más eficiente y duradera: el led.

3.1.1. Evolución histórica del LED

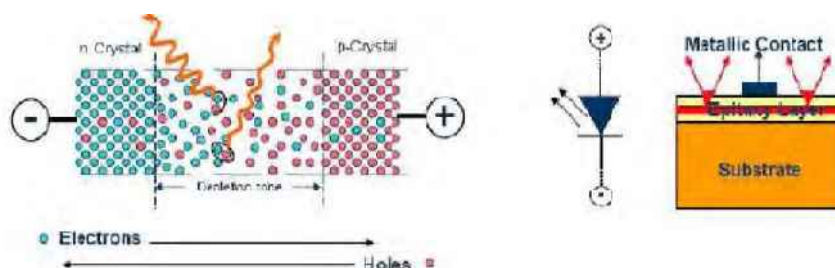
En sus inicios, los ledes se empleaban en dispositivos electrónicos para emitir luz según el proceso electrónico del que se tratase. Con el tiempo, la adopción de los ledes se ha ido extendiendo al conseguir perfeccionar los diodos y así poderlos implementar en iluminación y señalización vial. A día de hoy, los ledes gozan de una alta eficiencia energética y de una vida útil prolongada, lo que los convierte en una alternativa sostenible cada vez más adoptada.

3.1.2. Tecnología LED. Principio de funcionamiento

El acrónimo LED hace referencia al término “diodo emisor de luz”, en inglés, “Light Emitting Diode”. Un led es un dispositivo electrónico semiconductor (también conocido como diodo), que emite luz cuando se le suministra energía eléctrica directa y una corriente eléctrica fluye a través de él. Este fenómeno recibe el nombre de electroluminiscencia ([10]).

El led funciona a partir de la interacción de electrones y huecos en el material semiconductor. Cuando se le suministra una tensión eléctrica al diodo, los electrones se mueven de la región con mayor energía (zona tipo N) a la de menor energía (zona tipo P), tal y como se observa en la Figura 5. Es decir, los electrones se desplazan desde la zona con exceso de electrones a la zona con déficit. Esto deriva en una recombinación de electrones y huecos en la unión P-N, liberándose así energía en forma de fotones. Esta liberación de fotones determina el color de la luz del led, pudiendo variar desde el ultravioleta hasta el infrarrojo ([10]).

Figura 5: Polarización Unión PN Led



Fuente: Osram ([11])

Cuando se trata de iluminación, es común la utilización de ledes emisores de luz blanca. Este tipo de luz se puede conseguir mediante dos procesos:

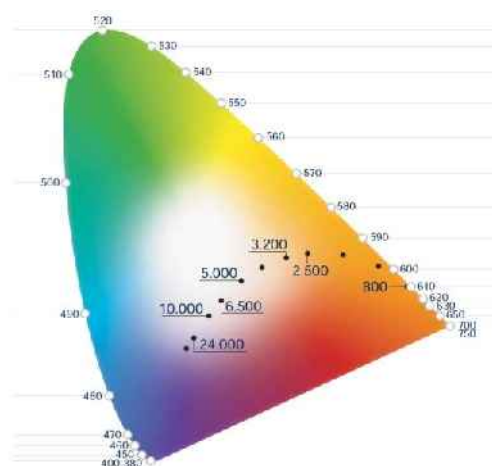
PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

- A partir de la mezcla de la luz de diodos de color primario (rojo, verde y azul).
- A partir de un diodo que emite luz azul o ultravioleta. A este se le aplica un número determinado de capas de fósforo y, dependiendo de su número, el led emitirá una luz blanca más cálida o más fría. Cuantas más capas se le apliquen al semiconductor, el led emitirá una luz blanca más cálida y, cuantas menos, más fría ([12]).

El Diagrama de Cromaticidad CIE adjunto a continuación explica que cada color de luz se puede expresar en las coordenadas X, Y y Z. Cuando un cuerpo comienza a calentarse, empieza a emitir ondas infrarrojas que hacen que su tono sea rojizo (llegando a una longitud de onda de aproximadamente 700 nm). Al seguir aumentando su temperatura, el color cambia hacia tonalidades más anaranjadas, amarillentas y, finalmente, se vuelve blanco. Este cambio de color se visualiza como una parábola desde el extremo inferior derecho del triángulo hacia su centro ([13]).

De esta manera, cada color por donde pasa dicha parábola se representa por una temperatura determinada. Mientras que el centro del triángulo (que representa al blanco puro) se relaciona con una temperatura de 6500 K, temperaturas superiores a esta se asocian con colores más azulados ([13]).

Figura 6: Diagrama cromático de la CIE



Fuente: Iluminet ([13])

3.1.3. Estructura de un led

Los ledes pueden clasificarse según su potencia en tres categorías: baja (0,1 W), media (0,2 W a 0,5 W) y de alta potencia (superior a 0,5 W). En términos generales, los ledes de baja y media potencia se suelen emplear para señalización y fines decorativos, mientras que los de alta potencia se destinan principalmente a la iluminación general ([14]).

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

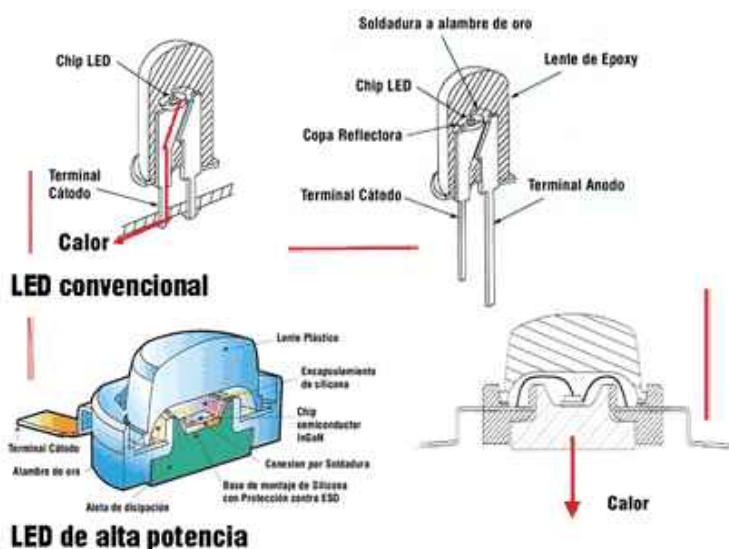
Tabla 1: Comparativa tipos led

Tipo	Led radial	Led montado en superficie SMD	Multichip
Características			
Intensidad máxima	20-30 mA	70 mA	Hasta 1A
Potencia	0,1 W	<0,5W	1, 5... 3 W
Flujo luminoso	-	4 lm	>50 lm
Disipador térmico	No	No	Sí

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de I. E. H. Martínez ([15])

A continuación, se muestra la sección transversal de los ledes radiales y de los montados en superficie, en la que se puede observar de qué partes consta cada uno de ellos:

Figura 7: Sección tipos led



Fuente: Revista ElectroIndustria ([16])

3.1.4. Gestión térmica del led

Como ocurre con otras fuentes de luz, los ledes también generan calor al disipar energía no luminosa debido al paso de corriente eléctrica. No obstante, a diferencia de otras fuentes de luz, el diodo led disipa este calor hacia la parte posterior. Por ello, su emisión de radiación infrarroja hacia la zona iluminada es prácticamente despreciable ([10]).

Aun así, es importante contar con mecanismos que disipen el calor del led de forma adecuada ya que un exceso de calor puede disminuir la eficiencia y la vida útil del dispositivo. Para evitar esto, es muy común el empleo de disipadores en luminarias de alta potencia. Estos cuentan con aletas que les permiten gestionar mejor la temperatura del led mediante conducción, convección o radiación ([17]).

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

De esta manera, los tres factores a los que hay que prestar atención para una correcta gestión térmica del led son:

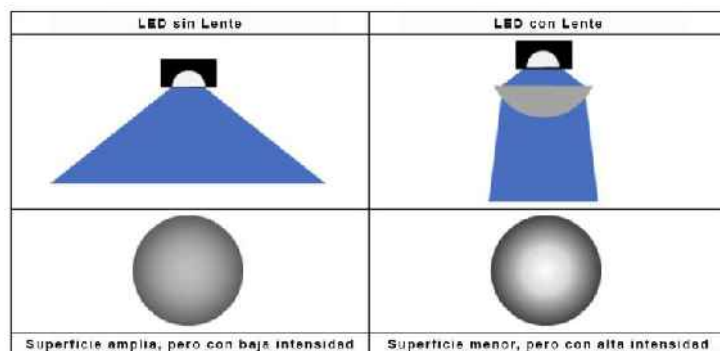
- La temperatura de funcionamiento del led ya que, por ejemplo, las luminarias que se emplean para uso industrial suelen necesitar niveles elevados de potencia, lo que hace que funcionen a altas temperaturas y requieran una mayor disipación.
- La temperatura ambiente que rodea al diodo led.
- Los mecanismos de disipación térmica elegidos por el fabricante, como adhesivos o disipadores.

3.1.5. Lentes

Los ledes suelen emitir la luz con un ángulo de apertura de 120°, siendo necesario ajustar este valor mediante elementos externos para conseguir una distribución de la luz adecuada y eficiente ([10]). Para ello, se emplean lentes. Estas son elementos ópticos que enfocan la luz del led en la dirección y con la forma deseada por el usuario. Su funcionamiento es similar al de un faro, el cual, mediante un cristal, concentra la luz en un haz para poder llegar a distancias muy largas.

A continuación, se muestra una imagen que demuestra que, incluyéndole una lente al led, la luz que llega a la superficie a iluminar está más concentrada y goza de una mayor intensidad.

Figura 8: Reducción del ángulo de apertura con una lente



Fuente: MAGNAFLUX ([18])

3.1.6. Características y ventajas del LED

Alfonso Gago y Jorge Fraile resumen las principales características de la tecnología led en su libro “Iluminación con tecnología led” ([19]):

- **Dirección de la emisión de la luz.** Mientras que las luminarias tradicionales generan un flujo luminoso en todas las direcciones (y por ello gran parte de la luz emitida no llega a la superficie deseada), los ledes emiten su luz de forma hemisférica, alcanzando valores de iluminancia superiores.
- **Tamaño reducido.** Los ledes disponen de un tamaño pequeño, lo que los convierte en una solución versátil para numerosas aplicaciones.
- **Resistencia a la rotura.** Mientras que las lámparas incandescentes o de descarga se muestran frágiles ante golpes, los ledes soportan altos impactos, lo que demuestra que su uso es adecuado en entornos de altas exigentes.
- **Temperatura de trabajo baja.** Al contrario de lo que sucede con las luminarias tradicionales, los ledes necesitan una temperatura baja de trabajo para poder operar

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

con una buena eficiencia, siendo por tanto ideal su uso en ambientes fríos. No obstante, esto también presenta un desafío ya que el propio led emite calor al operar. Por lo tanto, tal y como se explicaba anteriormente, una gestión térmica adecuada es fundamental.

- **Encendido inmediato.** A diferencia de las luminarias tradicionales, las luminarias de tecnología led se encienden inmediatamente.
- **Posibilidad de conmutación.** Mientras que las lámparas incandescentes se van degradando a medida que se encienden y apagan de forma consecutiva, la vida útil de los ledes no se ve afectada.
- **Regulación de intensidad.** Los ledes permiten al usuario regular su brillo sin perder la eficiencia de los niveles lumínicos emitidos.
- **Ausencia de emisiones infrarrojas o ultravioleta.** Las luminarias led no dañan a los objetos que iluminan ya que no emiten radiación infrarroja ni ultravioleta.
- **Gran variedad de temperaturas de color.** Como ya se anticipaba anteriormente, la temperatura de color del led se mide en grados kelvin y, según su valor, el flujo luminoso toma tonos cálidos, neutros o fríos.

Además, algunas de sus ventajas son:

- **Larga vida útil.** Esta va desde las 50.000 hasta las 100.000 horas, lo que evita que, en lugares de trabajo como oficinas o plantas industriales, se tenga que estar interrumpiendo el trabajo continuamente por tener que reemplazar las luminarias ([20]).
- **Reducción del consumo energético.** Un estudio elaborado por la Universidad de Zaragoza ([21]) simuló la sustitución de luminarias de halogenuros metálicos por luminarias de led para cuantificar cuál sería el ahorro económico y las ventajas medioambientales que ello supondría. Pues bien, concluyó que el empleo de luminarias led para aplicaciones de alta potencia reduce aproximadamente el 50 % del consumo energético total.
- **Reducción de emisiones y residuos.** Dicho estudio ([21]) cuantificó que la sustitución de una luminaria de 400 W de halogenuros metálicos por una de led de 200 W supone un ahorro energético de aproximadamente 208 W lo que, traducido a emisiones de CO₂, conlleva una disminución de las emisiones de CO₂ de 85,28 gramos por cada hora de operación (calculado con un factor de emisión de 0,41 kg_{CO2}/kWh). Además, con el empleo de iluminación led se evita la emisión de residuos tóxicos como el mercurio.
- **Elevada eficacia luminosa.** La eficacia luminosa de los ledes (entendida como la división del flujo luminoso emitido entre la potencia) es alta, yendo desde los 130 hasta los 220 lúmenes por vatio en ledes de alto rendimiento ([22]).
- **Rápida velocidad de encendido.** Hoy en día, lo habitual es que esta cifra ronde en torno a los diez minutos ante incidencias mientras que, al utilizar tecnología led, este periodo se reduce a tan solo dos segundos ([23]). Esto resulta particularmente útil en circunstancias específicas, como durante apagones, ya que se logra restaurar la electricidad inmediatamente.

3.2. Planta solar fotovoltaica

Las energías renovables proceden de recursos inagotables y, por ello, son respetuosas con el medioambiente. De esta manera, se presentan como una alternativa sostenible a aquellas que emiten gases de efecto invernadero por proceder de combustibles fósiles como el carbón, el gas o el petróleo.

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

Entre los ejemplos más comunes de energías renovables se encuentran fuentes de energía como el sol, el viento, las mareas o los embalses; frente a las principales fuentes de energía no renovables, como el petróleo, el carbón, el plutonio o el uranio.

Las principales ventajas de las energías renovables son ([24]):

- La rápida degradación de los residuos que producen.
- Su carácter inagotable.
- La ausencia de contaminación, lo que ayuda a preservar la salud y seguridad de las personas.
- La posibilidad de alcanzar la independencia energética.

Dado que este Trabajo se centra en la instalación de una planta solar fotovoltaica, conviene estudiar su estado del arte. Pues bien, en las instalaciones fotovoltaicas se suelen emplear varios módulos solares para cubrir su demanda energética. Para ello, estos se combinan en serie y/o en paralelo de manera que se alcancen los valores de voltaje y corriente en deseados. Así, el sistema de generación de la instalación engloba a todas las placas solares fotovoltaicas y se le conoce como “planta fotovoltaica” ([25]).

Estos módulos solares están compuestos por células solares, las cuales son las encargadas de absorber la radiación solar. A partir de la radiación electromagnética, se produce el efecto fotoeléctrico por el cual se liberan electrones. A continuación, estos electrones se convierten en corriente eléctrica continua mediante el efecto fotovoltaico, para más tarde pasar por los inversores solares y así transformarse en corriente alterna, pudiéndose integrar en la red de distribución eléctrica.

Cabe destacar que el papel de las células solares es clave en el proceso de funcionamiento de los paneles solares fotovoltaicos. Su capacidad de generar energía eléctrica depende de la radiación solar que incide en ellas, generando más cuanto más radiación les llegue. Por ello, la calidad de las células determinará el rendimiento tanto de un panel solar, como de la propia central fotovoltaica a lo largo de su vida útil ([26]).

A continuación, se muestra resumido el proceso de generación en las plantas:

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Figura 9: Funcionamiento de una planta fotovoltaica



Fuente: Iberdrola ([27])

Cuando se considera la idea de incorporar plantas solares fotovoltaicas en túneles de carretera, se observa que no es una iniciativa ampliamente implementada, aunque su adopción va en aumento. No obstante, un ejemplo de este tipo de proyecto es el del túnel que conforma la línea ferroviaria entre París y Ámsterdam. En la parte exterior del mismo se colocaron 16.000 paneles solares durante más de 3 kilómetros. Los paneles fueron capaces de producir suficiente energía como para abastecer un día completo de la red ferroviaria belga, así como para alimentar los trenes y los sistemas de señalización cercanos. Este proyecto constituye una iniciativa de referencia en el sector para la reducción de las emisiones de dióxido de carbono y demuestra la viabilidad de la energía solar en infraestructuras de transporte ([28]).

Otro ejemplo de este tipo de iniciativas es la llevada a cabo recientemente por la empresa española Autopistas con el objetivo de reducir su huella de carbono. Para llevar esto a cabo, esta empresa está instalando plantas solares fotovoltaicas a lo largo de su red de autopistas y túneles en provincias españolas como Girona, Tarragona, Ávila, Barcelona, León o Segovia. Se estima que estas plantas generarán 1.554 MWh de energía al año, lo que permitirá a la empresa utilizar energía renovable para su funcionamiento y así reducir sus emisiones de CO₂ ([29]).

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

3.2.1. Tipos

Existen dos tipos de centrales fotovoltaicas:

- **Aisladas de la red:** son aquellas que no disponen de conexión eléctrica a la red de distribución, lo que hace que se empleen baterías para la acumulación de energía. Son comunes en aplicaciones de bombeo de agua, telecomunicaciones y suministro eléctrico en viviendas rurales ([30]).
- **Conectadas a la red:** son aquellas que sí cuentan con conexión a la red de distribución y que, por tanto, dependen de las empresas eléctricas. Habitualmente se encuentran en estructuras en edificios, con el propósito de reducir el consumo de energía mediante autoabastecimiento o en instalaciones solares a gran escala para inyectar electricidad en la red ([31]).

3.2.2. Componentes

Los componentes de una planta fotovoltaica son:

- **Módulos fotovoltaicos:** como ya se anticipaba anteriormente, convierten la radiación solar en corriente eléctrica continua. Hay dos tipos:
 - Monocristalinos. Sus células se fabrican dando forma cilíndrica a un único cristal de silicio, conocido como “ingot”, que se corta en láminas delgadas para crear primero las células sin conductores y luego las células monocristalinas ya con conductores ([32]).

Figura 10: Panel solar monocristalino



Fuente: SunFields ([32])

- Policristalinos: al contrario de lo que sucede con los monocristalinos, en los policristalinos se funden múltiples cristales de silicio. Al no estar hechos por células de un solo cristal, estos paneles son menos eficientes que los anteriores. Además, tal y como se muestra en la anterior y siguiente figura respectivamente, los paneles monocristalinos se distinguen por ser de color negro mientras que los policristalinos son azulados ([32]).

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Figura 11: Panel solar policristalino



Fuente: SunFields ([32])

Tabla 2: Comparativa paneles solares

	Monocristalinos	Policristalinos
Precio	Más caros	Más baratos
Eficiencia	Más eficientes	Menos eficientes
Estética	Mejor estética	Aspecto azul
Vida útil	25-30 años	25-30 años
Coeficiente de temperatura	Mejor comportamiento en calor (menos pérdidas)	Peor comportamiento en calor (más pérdidas)

Fuente: Elaboración propia a partir de ([32])

- **Estructuras de soporte:** sobre ellas van colocados los paneles fotovoltaicos. Normalmente están compuestas de aluminio y su ubicación e inclinación dependen del tipo de proyecto.
- **Cable solar:** es la conexión eléctrica que se encarga de transportar la electricidad generada por la planta fotovoltaica y conectar a sus componentes entre sí.
- **Inversores:** convierten la energía de corriente continua generada en el efecto fotovoltaico en corriente alterna utilizable.
- **Centro de transformación:** se encarga de adaptar la corriente alterna proveniente de los inversores a las condiciones necesarias para ser incorporada a la red de distribución eléctrica. No es necesario incluirlo en instalaciones de autoconsumo ni en sistemas aislados de la red.
- **Baterías:** se emplean cuando se quiere almacenar la energía de la planta solar fotovoltaica para uso futuro.

3.2.3. Ventajas de la energía solar

Llegados a este punto conviene recordar algunas de las ventajas de la energía solar ([27]):

- Es un tipo de energía **inagotable** debido a que procede de un recurso ilimitado y disponible en todo el mundo: el sol.
- Es una fuente de energía **renovable** y limpia al no producir emisiones de gases de efecto invernadero ni otros contaminantes atmosféricos, por lo que combate el cambio climático y fomenta el desarrollo sostenible.
- **Reduce la dependencia de los combustibles fósiles** como el petróleo, el carbón o el gas natural.

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

- Es **modular**, por lo que es posible colocar paneles solares desde, en grandes plantas fotovoltaicas, hasta en viviendas particulares.
- Permite la instalación de **baterías para el almacenamiento de energía**, de forma que se pueda guardar el exceso de electricidad para utilizarla más adelante.

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

4. Normativa de referencia

Para la realización del presente proyecto y la justificación de las soluciones propuestas, se han seguido una serie de requerimientos expuestos en los reglamentos y normas citados a continuación:

- Publicación CIE nº 88-1990. Guía para la Iluminación de Túneles de Carretera y Pasos Subterráneos.
- Orden circular 36/2015 sobre criterios a aplicar en la iluminación de carreteras a cielo abierto y túneles. TOMO II “Recomendaciones para iluminación de túneles” del Ministerio de Fomento.
- Recomendaciones para la iluminación de carreteras y túneles. Dirección General de Carreteras - Ministerio de Fomento, 2000.
- Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.
- UNE-CR 14380 Aplicaciones de iluminación – Alumbrado de túneles.
- Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07. Aprobado por Real Decreto 1890/2008 de 14 de noviembre.
- Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto, B.O.E. no 224 de 18 de septiembre de 2002) y en especial la instrucción ITC BT 009 — Instalaciones de Alumbrado Público.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

5. Localización del túnel

El túnel de Valladares se sitúa sobre la VG-20 (Autovía de Circunvalación de Vigo), entre el Camiño do Cañizo y Camiño Seixos.

Figura 12: Situación túnel vista en planta



Fuente: Google Earth

Figura 13: Vista túnel boca este



Fuente: Sielvigo ([33])

**PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA**

Figura 14: Vista túnel boca oeste



Fuente: Google Earth

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

6. Definición de la instalación actual

6.1. Características del túnel

Este túnel de Valladares está conformado por dos tubos de tráfico unidireccional de tres carriles cada uno. En este caso, el tubo Este – Oeste (E – O) y el Oeste – Este (O – E) tienen una longitud de 258 y 266 metros y una velocidad limitante en la vía de 80 km/h. Dado que es un túnel de más de 200 metros de longitud, debe disponer de luz artificial durante el día para facilitar los problemas de adaptación del ojo humano.

A continuación, se presenta una tabla con sus características generales:

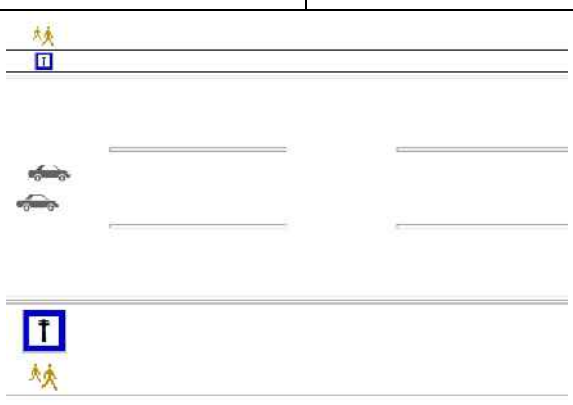
Tabla 3: Características geométricas principales

TÚNEL	TIPO	CARRETERA	PK Inicio	PK Fin	Número de carriles	L (m)	Provincia	Tipo
Valladares 1	Unidireccional	VG-20	8+294	8+036	3	258	Pontevedra	Periurbano
Valladares 2	Unidireccional	VG-20	8+033	8+299	3	266	Pontevedra	Periurbano

Fuente: Elaboración propia

La sección longitudinal de ambos tubos es la siguiente:

Tabla 4: Sección vial túnel

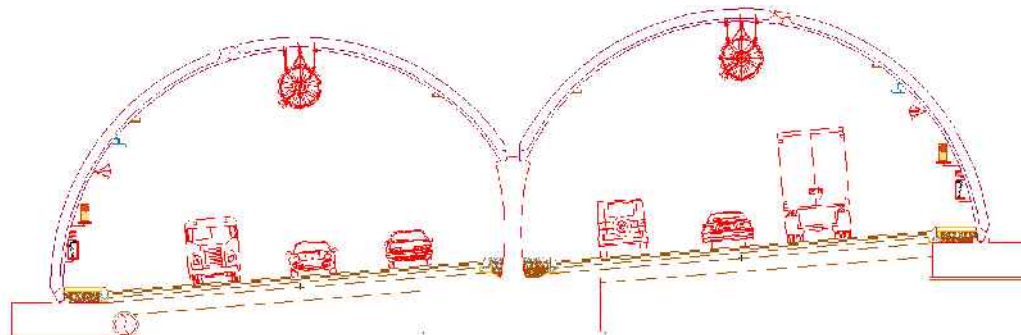
TUBO 1. Sentido E – O / TUBO 2. Sentido O – E	
Nº carriles	3
Anchura por carril	3,5 metros
Anchura total carril	10,5 metros
Acera izquierda	1,24 metros
Arcén izquierdo	1,00 metros
Acera derecha	1,64 metros
Arcén derecho	2,50 metros
	

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Fuente: Elaboración propia

La sección transversal de ambos tubos es la siguiente:

Figura 15: Sección transversal túnel



Fuente: Elaboración propia

Para llevar a cabo una correcta identificación de la instalación se ha recopilado toda la información disponible de la empresa de conservación del túnel sobre los elementos que componen la instalación actual y que son objeto de dicho proyecto:

- Punto de suministro eléctrico.
- Ubicación del edificio técnico.
- Puntos de luz.

6.2. Suministro eléctrico

Actualmente, según se muestra en la Figura 16 y Figura 17, el túnel cuenta con dos Edificios Técnicos sobre el terreno superior. En ellos se ubica:

- El edificio más al sur es el local donde se sitúan los equipamientos de Baja Tensión (LBT) en el que se localiza el CGBT, la aparamenta de control y protección eléctrica y los equipos del sistema de gestión, además del Grupo Electrónico y los equipos de suministro alternativo de energía.
- El edificio situado al norte recibe la acometida de MT con su centro de seccionamiento y transformación.

Desde el LBT parten las líneas de alimentación en canalizaciones subterráneas hasta los emboquilles distribuyéndose en ambas direcciones y hastiales sobre bandeja hasta llegar a las cargas finales.

Tanto los armarios de los postes SOS, como las cajas contenedoras de los interfaces de las espiras de aforadores de tráfico y los armarios en las columnas de las cámaras móviles, se utilizan como cuadros secundarios dentro del esquema de distribución eléctrica.

En el Edificio Técnico se encuentra instalado un grupo electrógeno de 630 kVA en régimen continuo y un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI) de 60 kVA para garantizar un suministro alternativo de energía en caso de fallo en la acometida principal proporcionada por un CT de compañía dotado de dos transformadores secos de 400 kVA en paralelo.

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Figura 16: Ubicación centro de transformación y control túnel



Fuente: Google Earth

Figura 17: Exterior centro de transformación y control túnel



Fuente: Google Earth

Actualmente, el equipamiento del túnel requiere de una potencia eléctrica para su funcionamiento de 412kW, según se indica a continuación:

Tabla 5: Potencia instalada

Servicios	Potencia instalada (kW)
Motores y otros usos	246,10
Alumbrado	187,22

Fuente: Elaboración propia

Los valores de la Tabla 5 reflejan la potencia instalada como la suma aritmética de las potencias de cada una de las cargas sin tener en cuenta ningún factor de simultaneidad o de utilización. Así, los 433,32 kW instalados son inferiores a los 800 kVA de los transformadores actuales y a los 504 kW que es capaz de suministrar el grupo electrógeno actual.

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

6.2.1. Distribución eléctrica

La distribución eléctrica en baja tensión se realiza a través de dos posibles fuentes:

- La red eléctrica.
- El grupo electrógeno.

Es en el CGBT (Cuadro General de Baja Tensión) donde se realiza la conmutación entre ambas y se distribuye mediante barras a los subcuadros:

- Alumbrado y Ventilación.
- Salida hacia el SAI.

En caso de fallo en el suministro eléctrico por parte de la compañía, se realizará la conmutación a la alimentación mediante grupo electrógeno en el CGBT. Durante la conmutación, las cargas cuyo suministro se considera crítico se encuentran conectadas a un SAI tipo on-line que impide que pequeños fallos en el suministro afecten a estas cargas críticas.

6.2.2. Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI)

El SAI es el encargado de mantener el suministro eléctrico en las cargas críticas en todo momento. Durante el funcionamiento normal, el SAI realiza la carga de las baterías que pasan a ser la fuente de energía en el caso de que falle el suministro de red.

El SAI dispone de un sistema de by-pass automático y se deberá conectar al sistema de gestión de energía mediante un módulo de comunicaciones de forma que sea posible su monitorización de forma remota en el centro de control.

6.2.3. Canalizaciones

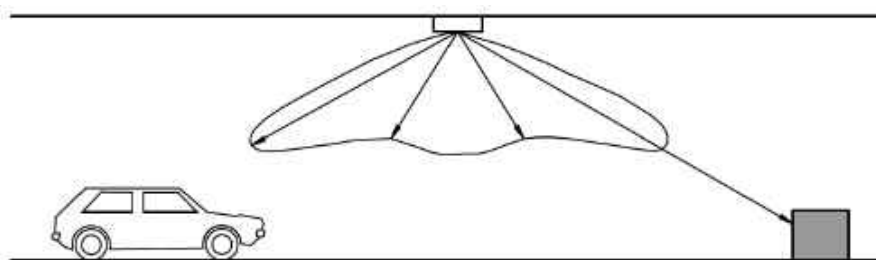
Actualmente se dispone de canalizaciones subterráneas hasta el emboquille a la zona descubierta del túnel más próxima desde donde los conductores se distribuyen sobre bandeja portacables de material metálico hasta los receptores.

6.3. Iluminación

Actualmente el túnel de Valladares cuenta con una instalación de iluminación que está compuesta por los siguientes tipos de alumbrado:

- **Iluminación normal:** dispone de un sistema de alumbrado artificial simétrico basado en proyectores con lámparas de descarga de 250 W y 400 W. Mediante la adecuada combinación de estos, se consigue el alumbrado permanente, así como el de días nublados y soleados.

Figura 18: Distribución fotométrica proyectores actuales



PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Fuente: OC 36/2015

Los **modelos de los proyectores actuales** son:

- Proyector PHR-404/D. Para alumbrado soleado o nublado VSAP 400 W.
- Proyector PHR-404/D. Para alumbrado nocturno, soleado o nublado VSAP 250 W.

Estos aparatos tienen capacidad para incorporar el equipo auxiliar de encendido, accediendo frontalmente tanto al equipo como a la lámpara, lo que facilita su mantenimiento. Su grado de protección es IP-65.

Tabla 6: Resumen proyectores actuales en cada tubo

TIPO	TIPO 1	TIPO 2
Sistema de alumbrado	Distribución simétrica	Distribución simétrica
Fuente de luz	Vapor de sodio de alta presión	Vapor de sodio de alta presión
Equipo auxiliar	Balastro de simple nivel	Balastro de simple nivel
Potencia nominal	400 W	250 W
Potencia con equipo auxiliar	440 W	275 W
Flujo luminoso (100 horas)	55.000 lm	27.000 lm
Vida estimada	15.000 horas	15.000 horas
Unidades	199	22

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la **potencia instalada**, para la iluminación del túnel, se encuentran 442 proyectores de VSAP, con una potencia total de 187 kW.

- **Alumbrado de emergencia:** no tiene.
- **Alumbrado de evacuación:** no tiene.

7. Definición y cálculos de la instalación de iluminación

El objeto de la mejora en la iluminación de los túneles es adecuarse a las exigencias de las nuevas normativas, así como renovar los equipos existentes incluyendo las últimas tecnologías en materia de gestión. Para ello, se plantea un sistema basado en luminarias con tecnología LED controladas mediante telegestión.

De esta manera, en este Trabajo se propone llevar a cabo un estudio que permitirá una sustitución punto a punto de gran parte del alumbrado por proyectores más eficientes. Esto implicará la instalación de puntos de luz donde sea necesario, al tiempo que se conserva la funcionalidad de la instalación anterior.

Igualmente, se integran mecanismos de regulación de flujo sin requerir luminarias adicionales, lo que posibilita que un solo proyector cumpla con los estándares necesarios para los distintos tipos de alumbrado (como pueden ser el diurno, nocturno o el de emergencia).

En la elaboración de la propuesta de iluminación, se toman en consideración los siguientes condicionantes:

- **Configuración:** sección tipo formada por calzada de 3 carriles con anchura total de 10,5 m (3,5 x 3 carriles), acera de 1,64 m + arcén 2,5 m lado derecho, acera de 1,24 m + arcén 1 m lado izquierdo.
- **Trazado:** recto, circulación por tres carriles de una sola dirección.
- **Dirección:**
 - Este – Oeste (Orense – Vigo).
 - Oeste – Este (Vigo – Orense).
- **Galería evacuación:** no consta de galerías de evacuación.
- **Velocidad de diseño:** 80 km/h.
- **Pavimento asfáltico:** tipo R3 Q0 = 0.07 (valor tomado como estándar en pavimento de autovía).
- **IMD [vehículos/hora]:** 500-1.500 (debido a que IMD=32489, tal y como se muestra en la Figura 19).
- **Intensidad de tráfico:** media.
- **Guiado visual:** bueno.
- **Comodidad:** media.

Aquellos datos correspondientes al tráfico de la vía que discurre por el túnel han sido obtenidos de la base de datos de la página web del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA), tal y como se muestra a continuación:

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Figura 19: Visor web del mapa de tráfico de MITMA



GOBIERNO DE ESPAÑA



MINISTERIO DE FOMENTO



DIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS

Estación:

PO-170-2 Calzada: Total

Carriles:

2+2

Prov:

PO

Población:

VALADARES (VIGO)

Carretera:

VG-20

PK:

4,64

Denominación antigua:

VG-20

Año	IMD				% CRECIMIENTO			FUNCIONAMIENTO		
	Total	Lige	Pesa	% Pesa	Total	Lige	Pesa	IF Días	%	Ref. Año Ant. Grado Comarca:
2021	32468	30854	1636	5	127.21	124.28	201.66	000	0	
2020	14259	13757	542	3.8	-52.08	-51.72	-59.7	000	0	
2019	29838	28493	1345	4.5	4.16	4.38	-0.37	047	100	
2018	28647	27257	1350	4.7	4.66	4.66	4.73	047	100	
2017	27320	26031	1289	4.7	5.62	5.09	17.5	105	100	
2016	25867	24770	1097	4.2	5.32	7.45	-5.11	037	100	
2015	24561	23053	1207	4.9	8.27	9.16	0.08	066	100	
2014	22684	21118	1206	5.3	3.37	2.13	14.97	062	100	
2013	21944	20677	1049	4.8	-3.24	-3.35	1.55	000	0	
2012	22679	21353	1033	4.5	-13.83	-14.05	-15.47	126	100	
2011	26318	24860	1222	4.6	1.39	1.42	-13.39	078	100	
2010	25957	24542	1411	5.4	-23.13	-22.62	1.44	015	100	
2009	33767	31800	1391	4.1	16.48	16.8	-18.37	9	76	
2008	28969	27225	1704	5.88	14.48	17.22	-8.53	8	69	
2007	25323	23225	1863	7.36	150.72	144.86	226.84	012	100	
2006	10100	9485	570	5.54	0.93	3.58	-27.2	001	66	NC
2005	10006	9157	783	7.82	521.71	520.7	497.95	001	66	
2004	617	565	49	7.84	2.83	3.66	-3.92	000	33	PO-170-3
2003	600	544	51	8.5	8.89	7.29	27.5	000	33	PO-170-3
2002	551	507	40	7.25	3.96	6.28	-18.36	000	33	PO-170-3
2001	530	477	49	9.24	3.31	3.47	2.08	000	33	PO-170-3
2000	513	461	48	9.35	2.8	2.9	2.12	000	33	PO-170-3
1999	495	446	47	9.41	0	0	0	000	33	PO-170-3

Fuente: MITMA

7.1. Definición y cálculo de los parámetros lumínicos OC 36/2015

La calidad de las instalaciones de alumbrado de los túneles para la circulación de vehículos viene determinada de acuerdo con los niveles de iluminación que aplica la Orden Circular 36/2015, Tomo II "Recomendaciones para la iluminación de túneles". De esta manera, a lo largo del presente Trabajo, se realizan citas textuales extraídas directamente de dicha normativa, las cuales han sido incorporadas sin cursivas ni resaltados adicionales para mantener la coherencia visual y facilitar la legibilidad del Trabajo.

A la hora de plantear el cálculo del alumbrado, es crucial destacar que una de las cuestiones primordiales con relación a la iluminación del túnel se relaciona directamente con la **adaptación del ojo humano**. Esto hace referencia al problema visual que un conductor sufre al entrar en el túnel (donde hay bajos niveles de luminancia) cuando su ojo está acostumbrado a la alta luminancia del exterior. Así, se debe evitar el **efecto de agujero negro**, que impide que los conductores no puedan ver correctamente el interior del túnel cuando están en sus inmediaciones debido a la diferencia de luz con el exterior.

7.1.1. Clase de alumbrado

Para definir la clase de alumbrado del túnel se sigue la Orden Circular previamente indicada, haciendo referencia a sus correspondientes tablas.

Para realizar la clasificación, se debe describir la intensidad de tráfico de la vía donde se sitúa el túnel, y el tipo de tráfico (A = sólo motorizado, M = tráfico mixto incluyendo bicicletas). De esta manera, mediante la siguiente tabla, y a partir del IMD de la vía, se define la intensidad de tráfico:

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Tabla 7: Intensidad de tráfico

Intensidad de tráfico	Tráfico unidireccional (vehículos/hora · carril)	Tráfico bidireccional (vehículos/hora · carril)
Alta	>1.500	>700
Media	500-1.500	200-700
Baja	<500	<200

Fuente: OC 36/2015 ([34])

Una vez determinada la intensidad y el tipo de tráfico, se recurre a la siguiente tabla para identificar la clase de alumbrado del túnel:

Tabla 8: Clase de alumbrado

Intensidad de tráfico	Alta		Media		Baja	
Tipo de tráfico	M	A	M	A	M	A
Clase de túnel	4	3	3	2	2	1 (guiado)

Fuente: OC 36/2015 ([34])

Dado que los datos de tráfico indican una intensidad de tráfico media y que este es únicamente motorizado, se concluye que el túnel considerado se encuentra en la **Clase de Alumbrado 2**.

7.1.1.1. Iluminación normal

7.1.1.1.1. Distancia de parada

La distancia de parada es la distancia en metros que recorre un vehículo desde el momento en que el conductor reacciona hasta que el vehículo se detiene por completo. Esta es necesaria para el cálculo de la luminancia en la boca del túnel, y es hallada mediante la fórmula propuesta por la Orden Circular, que es la siguiente:

$$D_p = \frac{V \cdot t_p}{3,6} + \frac{V^2}{254 \cdot (f_1 + i)}$$

Donde:

- $D_p \equiv$ distancia de parada.
- $V \equiv$ velocidad máxima de circulación en km/h.
- $f_1 \equiv$ coeficiente de rozamiento longitudinal rueda-pavimento (sin unidades).
- $i \equiv$ inclinación de la rasante en tanto por uno.
- $t_p \equiv$ tiempo de percepción y reacción (se toman 2 segundos por defecto).

El coeficiente f_1 se toma de la tabla estándar, para pavimento seco y húmedo. Según lo establecido en la Orden Circular, se debe aplicar la distancia de parada calculada para pavimento húmedo en zonas de acceso y umbral. La distancia de parada en seco se emplea para las zonas de interior y salida del túnel, que en este caso no existen (por salirse del túnel en zona de transición).

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Tabla 9: Estándar de distancia de parada

DISTANCIA DE PARADA D_p (m) con $t=2s$						
Inclinación de la rasante (%)	Velocidad (km/h)					
	80		90		100	
	f seco	f húmedo	f seco	f húmedo	f seco	f húmedo
	0,62	0,33	0,59	0,31	0,57	0,30
6	81	109	99	136	118	165
4	83	113	101	141	120	171
2	84	116	102	147	122	179
0	85	121	104	153	125	187
-2	86	126	106	160	127	196
-4	88	131	108	168	130	207
-6	89	138	110	178	133	220

Fuente: OC 36/2015 ([34])

En la tabla anterior pueden obtenerse distancias de parada estándar según la inclinación de la rasante (que tendrá signo positivo o negativo en función de la dirección de circulación), la velocidad y el coeficiente de rozamiento según el estado del pavimento (húmedo o seco).

De esta manera, sustituyendo los valores en la fórmula anterior, se obtienen los siguientes valores de distancia de parada:

Tabla 10: Distancia de parada Túnel Valladares

Tubo	V (km/h)	Inclinación rasante (%)	D_p (m)
Este – Oeste	80	+6,4	108,3
Oeste – Este	80	-6,4	139,1

Fuente: Elaboración propia

7.1.1.1.2. Luminancia en zona de acceso (L_{20})

Esta es la luminancia percibida por el conductor a una distancia igual a la distancia de parada respecto al portal del túnel en el centro del carril. De esta manera, la longitud de la zona de acceso es igual a la distancia de parada.

Depende principalmente de la velocidad máxima de la vía y determina el contraste en la entrada, de forma que permita ver obstáculos a la distancia de seguridad. Además, según reglamento, se contiene en un campo de visión cónico de 20°.

Como se menciona anteriormente, basándose en la Orden Circular, para hallar la L_{20} calculada (no la aproximada -que también sería posible de no tener los datos necesarios-), se debe obtener una imagen tridimensional de la entrada del tubo a estudiar. En esa imagen, se extraen las áreas (en porcentaje) contenidas en el campo de visión, para, a continuación, multiplicarlas por valores de luminancias estándar según la naturaleza de superficie.

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Tabla 11: Luminancias estándar según superficies

Situación de la boca	L_C (cielo) kcd/m ²	L_R (calzada) kcd/m ²	L_E (cielo) kcd/m ²			
			Rocas	Edificios	Nieve	Vegetación
S	8	3	3	8	15 (V, H)	2
E-O	12	4	2	6	10 (V)	2
					15 (H)	
N	16	5	1	4	5 (V)	2
					15 (H)	

Nota: V se refiere a superficie vertical y H a superficie horizontal.
“Boca norte” significa desplazándose hacia el sur (en el hemisferio norte).

Fuente: OC 36/2015 ([34])

Teniendo los porcentajes de áreas por superficie y las luminancias de la tabla reglamentaria se emplea la ecuación del método exacto:

$$L_{20} = \gamma \cdot L_C + \rho \cdot L_R + \varepsilon \cdot L_E + \tau \cdot L_{th}$$

Donde:

- $L_C \equiv$ luminancia de cielo.
- $L_R \equiv$ luminancia de calzada.
- $L_E \equiv$ luminancia del entorno.
- $L_{th} \equiv$ luminancia de zona de umbral.
- $\gamma \equiv$ % de cielo.
- $\rho \equiv$ % de calzada.
- $\varepsilon \equiv$ % de entorno.
- $\tau \equiv$ % de portal.

Asimismo, se expone en la Orden Circular que para aquellos túneles con distancias de parada superiores a 100 m (como sucede en este caso), la luminancia umbral es despreciada de la ecuación ($L_{th} \approx 0$). De esta manera, aplicando la fórmula anterior, se obtiene en este túnel un valor de L_{20} (o luminancia en la zona de acceso) de:

- **Sentido Este – Oeste:** 3,6902 kcd/m²

Tabla 12: Cálculo de áreas L_{20} oeste

Coeficiente	Área	%
γ	Cielo	8,98
τ	Umbral	15,05
ρ	Calzada	40,48
ε	Entorno - Rocas	6,56
	Entorno - Edificios	7,09
	Entorno - Nieve	0
	Entorno - Vegetación	21,84

Fuente: Elaboración propia

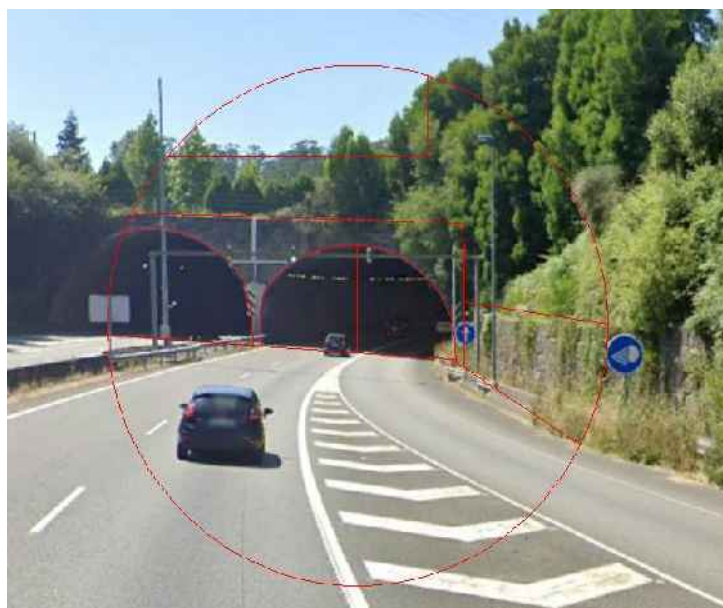
Tabla 13: Cálculo L_{20} oeste

$\gamma \cdot L_C$	1,0776
$\tau \cdot L_{th}$	-
$\rho \cdot L_R$	1,6192
$\varepsilon \cdot L_E$	0,1312
	0,4254
	0,4368
ε_{total}	0,9934
L_{20}	3,6902 kcd/m²

Fuente: Elaboración propia

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Figura 20: Boca sentido oeste, L_{20}



Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth

- **Sentido Oeste – Este:** 3,9410 kcd/m²

Tabla 14: Cálculo de áreas L_{20} este

Coeficiente	Área	%
γ	Cielo	8,00
τ	Umbral	11,27
ρ	Calzada	44,78
ε	Entorno - Rocas	0
	Entorno - Edificios	11,77
	Entorno - Nieve	0
	Entorno - Vegetación	24,18

Fuente: Elaboración propia

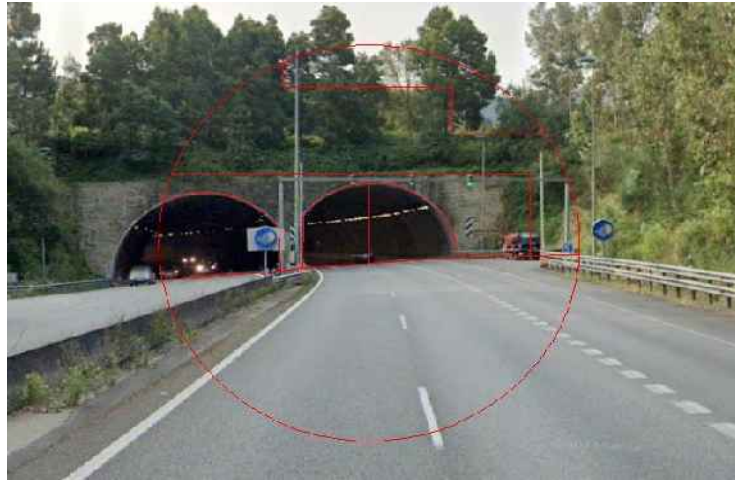
Tabla 15: Cálculo L_{20} este

$\gamma \cdot L_c$	0,9600
$\tau \cdot L_{th}$	-
$\rho \cdot L_R$	1,7912
$\varepsilon \cdot L_E$	0
	0,7062
	0,4836
ε_{total}	1,1898
L_{20}	3,9410 kcd/m²

Fuente: Elaboración propia

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Figura 21: Boca sentido este, L_{20}



Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth

7.1.1.1.3. Luminancia en zona umbral (L_{th})

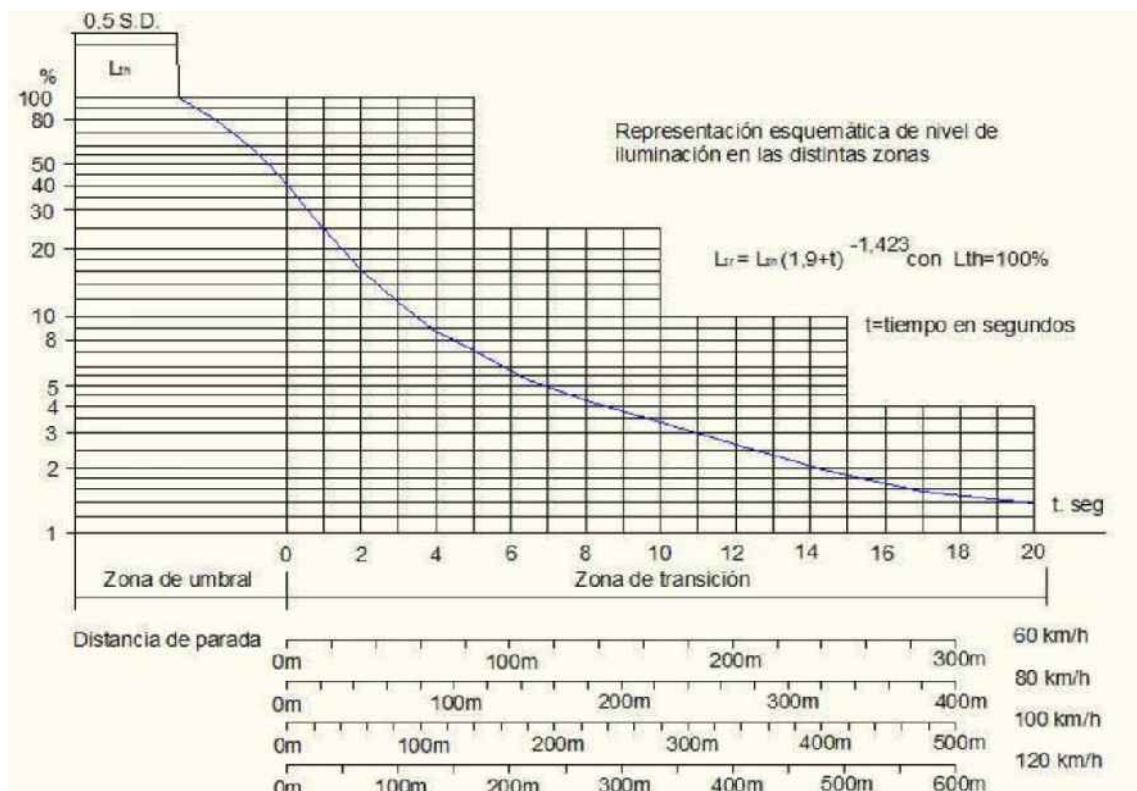
La zona umbral del túnel es aquella que sigue a la zona de acceso y su longitud debe igualar o superar la distancia de parada calculada para pavimento húmedo. Este tramo se divide en dos partes para distintos valores de luminancia:

- Durante la primera mitad del tramo, la **luminancia L_{th} debe ser igual a la L_{th} total** calculada para el comienzo de la zona umbral.
- Durante la segunda mitad de la distancia de parada, la **luminancia puede disminuir gradualmente hasta un 40 % de la L_{th} inicial**, donde termina esta zona y comienza la de transición.

De esta manera, tanto la zona umbral como la zona de transición (de la que se hablará en el siguiente apartado) constituyen la llamada “**curva de adaptación del ojo humano**”:

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Figura 22: Zona de transición



Fuente: OC 36/2015 ([34])

Esta luminancia L_{th} se calcula multiplicando la luminancia umbral L_{20} por el coeficiente k (conocido como coeficiente de poder revelador). Dicho coeficiente k depende de la distancia de parada y se consigue interpolando entre los valores dados por la tabla en la Orden Circular:

Tabla 16: Tabla estándar de coeficiente k

Clase de túnel	Distancia de parada D _p * (m)		
	≤60	100	≥160
4	0,05	0,06	0,1
3	0,04	0,05	0,07
2	0,03	0,04	0,05
1	No hay requisitos (solamente orientación del alumbrado)		
*Calculada para pavimento húmedo. Nota: para valores intermedios se interpolará			

Fuente: OC 36/2015 ([34])

Teniendo estos valores se calcula su valor de la siguiente manera:

$$k = \frac{L_{th}}{L_{20}} \rightarrow L_{th} = L_{20} \cdot k$$

Se tiene entonces que, para los dos tubos del túnel:

Tabla 17: Tabla resumen resultados L_{th}

Tubo	D_p (m)	Luminancia umbral (Tramo 1)	Luminancia umbral (Tramo 2)
Este – Oeste	108,3	152 cd/m ²	121,6 cd/m ²
Oeste – Este	139,1	183 cd/m ²	146,4 cd/m ²

Fuente: Elaboración propia

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

7.1.1.1.4. Luminancia en zona de transición

La zona de transición del túnel es la que sigue a la zona de umbral. Su objetivo es adaptar el ojo del usuario a los bajos niveles de luminancia de la zona interior del túnel tras haber pasado por los altos niveles de la zona umbral. De esta manera, para calcular la luminancia necesaria en la zona de transición, hay que ajustarse lo máximo posible a la gráfica de distribución de la luminancia en el tiempo (véase Figura 22).

Dado que la luminancia debe ir disminuyendo gradualmente conforme se avanza en el túnel, se calculan varios tramos en la L_{tr} . Así, cuantos más tramos haya, más suave será la curva.

Se debe tener en cuenta que la zona de transición comienza al final de la zona de umbral ($t=0$). Por normativa, dentro de la zona de transición, la relación máxima permitida para pasar de un nivel a otro es de 3:1. La relación máxima permitida al pasar de la zona de transición a la zona interior es de 1,5:1. No obstante, tal y como se muestra en la curva de ambos tubos adjunta a continuación, esta última relación no se ha tenido en cuenta debido a que no existe zona interior ya que se sale del túnel en zona de transición.

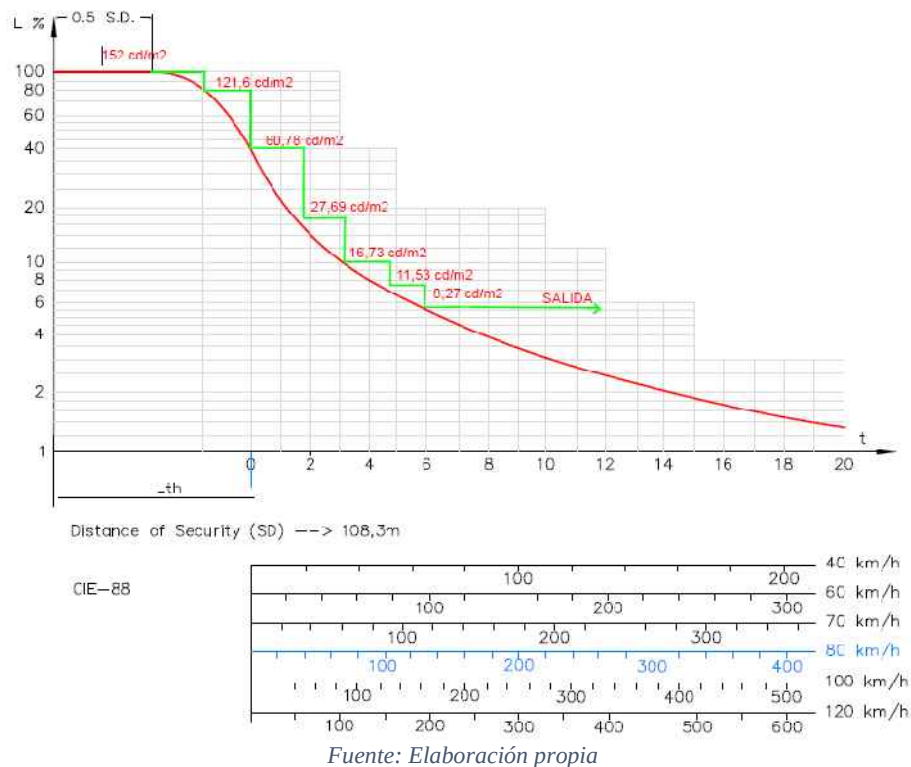
Así, se da una fórmula exacta para el cálculo de la L_{tr} , la cual depende del tiempo y se muestra a continuación. Aplicando dicha fórmula, se obtienen las gráficas de distribución de luminancia para cada uno de los dos tubos del túnel. Cabe aclarar que esta fórmula es la correspondiente a un valor de L_{tr} del 100 %:

$$L_{tr} = L_{th} \cdot (1,9 + t)^{-1.423}$$

En una primera instancia, se calcularon los valores de las luminancias de tránsito para un total de 6 tramos. Posteriormente, y tratando de ajustarnos a los puntos de luz ya instalados en el túnel, se realiza el cálculo para un total de 5 tramos:

- **Sentido oeste:**

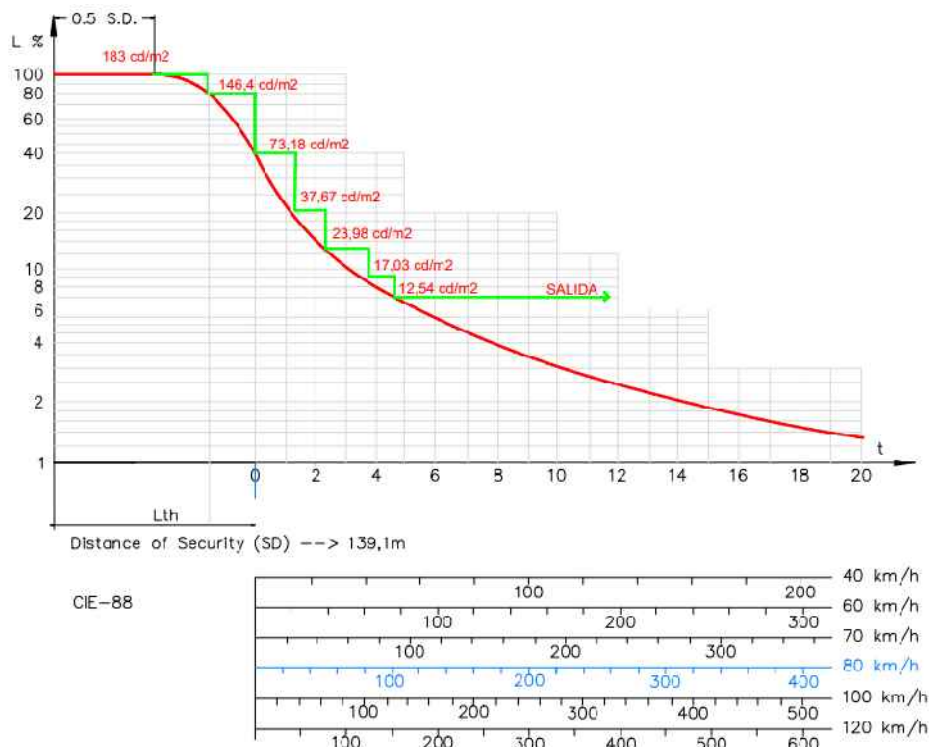
Figura 23: Este - Oeste: Representación L_{tr} y L_{th}



PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

- **Sentido este:**

Figura 24: Oeste - Este: Representación L_{tr} y L_{th}



Fuente: Elaboración propia

7.1.1.1.5. Luminancia en zona interior

La zona interior es la que sigue a la zona de transición. Los valores de luminancia en esta zona se calculan a partir de la clasificación del túnel y del valor de la distancia en seco para pavimento seco. No obstante, tal y como se anticipaba en el apartado anterior, en el caso de este túnel no se calcula ya que, debido a la reducida longitud del mismo, a su salida, se sigue estando en zona de transición, es decir, no se llega a estar nunca en zona interior.

7.1.1.1.6. Limitación del deslumbramiento

El deslumbramiento y el contraste son factores importantes a tener en cuenta para la correcta elección y colocación de las luminarias en el interior del túnel. Por ello, es importante explicar en qué consiste el parámetro TI. Su valor se expresa en términos porcentuales y hace referencia al aumento necesario entre el contraste de un objeto y su fondo para que el objeto pueda ser visto correctamente, aun habiendo una fuente de deslumbramiento presente.

En túneles de clase 4, 3 y 2 (el cual es nuestro caso), este valor **TI debe ser inferior al 15 %** en la zona umbral del túnel (no tiene interior) **para el régimen de iluminación diurno** y en todas sus zonas en el **régimen de iluminación nocturno**.

7.1.1.1.7. Uniformidad de la luminancia

En el régimen diurno, la uniformidad de la luminancia tiene que cumplir con los valores de la tabla que se muestra a continuación. Estos valores son válidos tanto para la zona umbral como para la de transición (ya que el túnel estudiado no tiene otras zonas).

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Tabla 18: Uniformidades mínimas según clase de túnel

Clase de túnel	U_0	U_1
4	0,4	0,7
3	0,4	0,6
2	0,3	0,5
1	-	-

Fuente: OC 36/2015 ([34])

Como el túnel es de clase 2, según la OC 36/2015:

- **Uniformidad global mínima U_0 : 0,3**
- **Uniformidad longitudinal mínima U_1 : 0,5**

7.1.1.1.8. Luminancia en tramo de salida

El tramo de salida es el que sigue a la zona interior del túnel. Tiene que estar iluminado igual que este último para así garantizar la buena visión del conductor. No obstante, dado que no existe zona interior por la reducida longitud del túnel, tampoco existe zona de salida. Esto es justificable debido a que la luminancia en la zona de salida es calculada a partir de la interior.

7.1.2. Regímenes de iluminación

Se debe tener en cuenta que normalmente un túnel está dividido en varios tramos de iluminación (accesos, umbral, transición 1, transición 2, transición 3, etc.) y que el nivel de iluminación (también denominado régimen de iluminación) depende de la hora del día o del nivel de iluminación exterior en ese momento. Así, los regímenes de iluminación normalmente son:

- Alumbrado diurno soleado.
- Alumbrado diurno nublado.
- Alumbrado nocturno (permanente).
- Alumbrado de seguridad (englobando este al de emergencia y al de evacuación).

Todos los regímenes mencionados se encuentran contemplados en la Orden Circular 36 y deben ser aplicados conforme a normativa. También se especifica que, en el caso del alumbrado crepuscular, este puede ser excluido teniendo en cuenta la potencia y nivel lumínico en las bocas del túnel.

7.1.2.1. Alumbrado diurno

Al alumbrado diurno le corresponden las luminancias y zonas calculadas en los apartados anteriores. Dentro del alumbrado diurno se contemplan los dos regímenes dispuestos:

- **Alumbrado diurno soleado.**
- **Alumbrado diurno nublado.** Este régimen de alumbrado es aplicable cuando los niveles lumínicos en el exterior del túnel bajan debido a las condiciones atmosféricas, situación que es detectada mediante un luminancímetro. Cuando esta condición se da, se realiza una regulación en las luminarias para reducir hasta en un 50 % su flujo. Este valor se considera estándar en los cálculos, siempre y cuando la uniformidad se mantenga y el valor de luminancia no sea inferior a 3 cd/m². Estas restricciones se ven reflejadas en el Reglamento de Eficiencia Energética.

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

7.1.2.2. Alumbrado nocturno

El alumbrado nocturno o permanente es el alumbrado que se enciende en todo el túnel, cuya longitud es tratada de manera uniforme durante la noche. Se le conoce también como permanente ya que, durante el periodo nocturno, se encuentra en funcionamiento en solitario mientras que, durante el periodo diurno, funciona junto a la iluminación de refuerzo.

Su objetivo es garantizar unas condiciones lumínicas suficientes durante la noche, es decir, en momentos de baja luminosidad. Así, sus requerimientos lumínicos se ven influenciados por los niveles de luz en la zona exterior al túnel, niveles a los cuales debe adecuarse. Por ello, se precisa conocer si el túnel se encuentra en una vía iluminada artificialmente o no, ya que de ello dependerán principalmente los niveles de luminancia requeridos.

El túnel de Valladares efectivamente se encuentra en un tramo de carretera iluminado por lo que, siguiendo a la Orden Circular 36/2015, la calidad del alumbrado en el interior del túnel debe ser como mínimo, igual al nivel (uniformidades y deslumbramiento) de la carretera de acceso. La uniformidad debe cumplir los mismos requisitos sea de día o de noche y la **luminancia debe encontrarse, por lo tanto, entre las 1 y 2 cd/m²**, dependientes del nivel exterior.

7.1.2.3. Iluminación de seguridad

En un túnel existen dos tipos de alumbrados de seguridad, dependiendo de la situación de la que se trate. Aunque en el presente Trabajo este tipo de iluminación **no se dimensiona**, se indican algunas de sus especificaciones. Así, dichos alumbrados para estas situaciones son:

- Alumbrado de emergencia para garantizar el suministro eléctrico a las luminarias del túnel en caso de fallo o avería.
- Alumbrado de evacuación para, en caso de accidente en el interior del túnel, permitir una salida rápida y guiada de los ocupantes de los vehículos.

7.1.2.3.1. Alumbrado de emergencia

En caso de fallo en el suministro del túnel, el alumbrado de emergencia debe alimentar a un número suficiente de luminarias para que los conductores puedan seguir atravesando el túnel de manera segura.

Este alumbrado debe estar presente a lo largo de todo el túnel con una interdistancia máxima de 50 m y con unos niveles de luminancia mínimos de 0,2 cd/m². Este valor es tomado como estándar según la OC, al no poder tomar en consideración la luminancia media de la zona interior del túnel (por no existir).

7.1.2.3.2. Alumbrado de evacuación

El alumbrado de evacuación está pensado para que, en caso de accidente o peligro en el interior del túnel, los ocupantes de los vehículos puedan abandonar el túnel a pie de forma rápida y segura. De esta manera, esta iluminación es instalada en alturas inferiores a las normales, no superando los 1,5 m de altura y debiéndose colocar en los hastiales donde se encuentren las salidas de emergencia.

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Los niveles mínimos de este tipo de alumbrado son los correspondientes a una iluminancia mínima de 2 lux en el eje longitudinal paralelo al hastial donde se encuentra la luminaria, a una distancia de 0,5 m de ella y en la zona peatonal de ambos extremos del túnel. Además, es importante aclarar que, aunque se recomienda dotar al alumbrado de emergencia de una iluminancia media de, como mínimo, 10 lux; el valor mínimo en cualquier ubicación del túnel es de 2 lux.

Los requisitos referentes a los niveles mínimos de iluminancia para el alumbrado de evacuación son citados en la OC, el RD 635 y la UNE-CR-14380. Además, los equipos autónomos de las luminarias tendrán una autonomía mínima de una hora cumpliendo con los requisitos impuestos en el epígrafe 3.1.1 de la ICT-BT-28 del REBT referida a locales de pública concurrencia.

7.1.3. Efecto flicker

El efecto flicker es la sensación de parpadeo incómoda para el conductor debido a cambios periódicos en la luminancia a lo largo del túnel. Así, la frecuencia de flicker se puede calcular dividiendo la velocidad a la que va el conductor en m/s entre la interdistancia de las luminarias.

Según la OC 36/2015, **es posible despreciar su efecto cuando la frecuencia obtenida es menor a 2,5 Hz o superior a 15 Hz.**

Para todos los tramos del túnel, a excepción de las dos primeras zonas de transición, la frecuencia obtenida se encuentra fuera del intervalo de frecuencias nocivas establecido en el reglamento. A pesar de que los valores en dichas dos primeras zonas de transición no se encuentren fuera de dicho intervalo, se sigue despreciando el efecto flicker debido a que la permanencia dentro de la zona conflictiva y dentro del propio túnel es inferior a los 20 s.

7.2. Distribución de iluminación

En este apartado se explica qué luminarias se han seleccionado para iluminar cada régimen de iluminación y cada tramo, especificando además las potencias de los equipos LED.

Para la elección del producto de iluminación se ha realizado un análisis de los principales fabricantes gallegos, cobrando un valor añadido el hecho de la economía circular, proximidad a la instalación proyectada y el perfil medioambiental del producto. Durante el análisis, la mayoría de las búsquedas acababan en distribuidores o tiendas de iluminación, destacando como fabricante únicamente la empresa **SETGA, S.L.U.** Tras revisar su página web y estudiar la documentación de su plan e informe de sostenibilidad, se optó por elegir su producto.

Una vez elegida la marca, se elige la fuente de luz siguiendo criterios relacionados con la eficacia luminosa y vida media. De esta manera, para toda la iluminación se opta por fuentes de luz led de alta potencia:

- PROYECTOR LED BRIGO. POTENCIA MÁX 207 W.

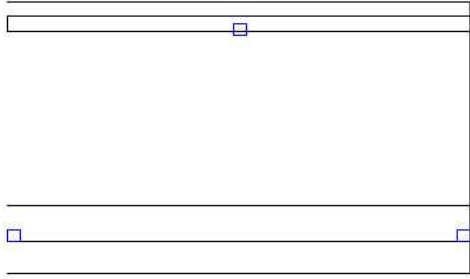
Para determinar el número de luminarias necesarias se emplea el programa de cálculo DIALux. Con este objetivo, se decide implementar una distribución de estas de forma modular, compuesta por varios tramos según luminancia umbral y luminancia de transición.

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

A continuación, se especifican los diferentes tramos y diferentes encendidos.

• **Alumbrado permanente:**

Tabla 19: Alumbrado permanente

Alumbrado nocturno/permanente	
Sección tipo este/oeste:	
• Bilateral desplazado • Distancia entre luminarias: 25 m • Altura de montaje: 5,5 m	
Alumbrado:	
• Permanente	
Equipos iluminación:	
• Sentido oeste: ○ PROYECTOR BRIGO. MODELO BRG POTENCIA 74 W • Sentido este: ○ PROYECTOR BRIGO. MODELO BRG POTENCIA 74 W	

Fuente: Elaboración propia

• **Alumbrado diurno:**

A continuación, se incluyen las secciones tipo correspondientes al alumbrado de refuerzo empleado para los regímenes de iluminación diurnos.

Estas secciones son representativas de los regímenes soleado y nublado, ya que ambos cuentan con la misma disposición y luminarias, cambiando únicamente la regulación de su flujo y potencia según los niveles luminosos ambientales detectados por el luminancímetro a la entrada del túnel.

Tabla 20: Alumbrado diurno L_{th1}

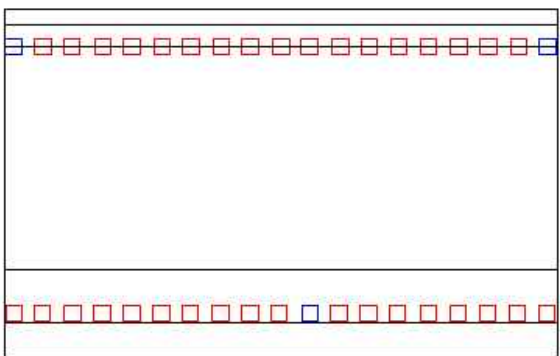
Alumbrado diurno (soleado/nublado) L_{th1}	
Sección tipo este/oeste:	
• Hastial derecho: ○ Disposición: unilateral ○ Interdistancia: 1,15 m • Hastial izquierdo:	

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

○ Disposición: unilateral ○ Interdistancia: 1,2 m ● Altura de montaje: 5,5 m
Alumbrado:
● Permanente + Refuerzo
Equipos iluminación:
● Sentido oeste: ○ PROYECTOR BRIGO. MODELO BRG POTENCIA 175 W ● Sentido este: ○ PROYECTOR BRIGO. MODELO BRG POTENCIA 207 W

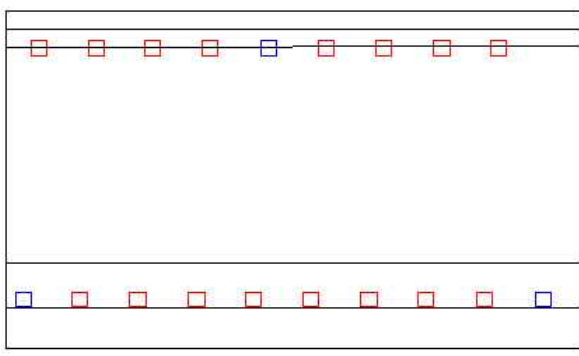
Fuente: Elaboración propia

Tabla 21: Alumbrado diurno L_{th2}

Alumbrado diurno (soleado/nublado) L_{th2}	
Sección tipo este/oeste:	
● Bilateral frente a frente ● Distancia entre luminarias: 1,4 m ● Altura de montaje: 5,5 m	
Alumbrado:	
● Permanente + Refuerzo	
Equipos iluminación:	
● Sentido oeste: ○ PROYECTOR BRIGO. MODELO BRG POTENCIA 169 W ● Sentido este: ○ PROYECTOR BRIGO. MODELO BRG POTENCIA 199 W	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22: Alumbrado diurno L_{tr1}

alumbrado diurno (soleado/nublado) L_{tr1}	
Sección tipo este/oeste:	
● Bilateral frente a frente ● Distancia entre luminarias: 2,8 m ● Altura de montaje: 5,5 m	

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Alumbrado:
• Permanente + Refuerzo
Equipos iluminación:
• Sentido oeste: ○ PROYECTOR BRIGO. MODELO BRG POTENCIA 169 W
• Sentido este: ○ PROYECTOR BRIGO. MODELO BRG POTENCIA 199 W

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23: Alumbrado diurno L_{tr2} este

Alumbrado diurno (soleado/nublado) L_{tr2}	
	Sección tipo este: • Bilateral desplazado • Distancia entre luminarias: 5 m • Altura de montaje: 5,5 m Alumbrado: • Permanente + Refuerzo Equipos iluminación: • PROYECTOR BRIGO. MODELO BRG POTENCIA 180 W

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24: Alumbrado diurno L_{tr2} oeste

Alumbrado diurno (soleado/nublado) L_{tr2}	
	Sección tipo oeste: • Bilateral frente a frente • Distancia entre luminarias: 4,8 m • Altura de montaje: 5,5 m Alumbrado: • Permanente + Refuerzo Equipos iluminación: • PROYECTOR BRIGO. MODELO BRG POTENCIA 135 W

Fuente: Elaboración propia

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Tabla 25: Alumbrado diurno L_{tr3}

Alumbrado diurno (soleado/nublado) L_{tr3}	
Sección tipo este/oeste:	
- Hastial derecho: - Disposición: unilateral - Interdistancia: 8,3 m - Hastial izquierdo: - Disposición: unilateral - Interdistancia: 7,14 m - Altura de montaje: 5,5 m	
Alumbrado:	
Permanente + Refuerzo	
Equipos iluminación:	
- Sentido oeste: - PROYECTOR BRIGO. MODELO BRG POTENCIA 135 W - Sentido este: - PROYECTOR BRIGO. MODELO BRG POTENCIA 180 W	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: Alumbrado diurno L_{tr4}

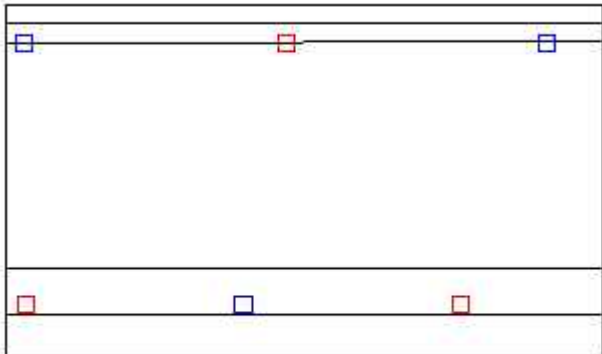
Alumbrado diurno (soleado/nublado) L_{tr4}	
Sección tipo este/oeste:	
- Hastial derecho: - Disposición: unilateral - Interdistancia: 10,15 m - Hastial izquierdo: - Disposición: unilateral - Interdistancia: 12,2 m - Altura de montaje: 5,5 m	
Alumbrado:	
Permanente + Refuerzo	

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Equipos iluminación:
• Sentido oeste: ○ PROYECTOR BRIGO. MODELO BRG POTENCIA 135 W • Sentido este: ○ PROYECTOR BRIGO. MODELO BRG POTENCIA 180 W

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27: Alumbrado diurno L_{tr5}

Alumbrado diurno (soleado/nublado) L_{tr5}	
Sección tipo este/oeste:	
• Hastial derecho: ○ Disposición: unilateral ○ Interdistancia: 10,15 m • Hastial izquierdo: ○ Disposición: unilateral ○ Interdistancia: 12,2 m • Altura de montaje: 5,5 m	
Alumbrado:	
• Permanente + Refuerzo	
Equipos iluminación:	
• Sentido oeste: ○ PROYECTOR BRIGO. MODELO BRG POTENCIA 88 W • Sentido este: ○ PROYECTOR BRIGO. MODELO BRG POTENCIA 135 W	

Fuente: Elaboración propia

La instalación de los aparatos será **bilateral**, con la inclinación indicada en el estudio luminotécnico. La altura de instalación y la distribución de los proyectores será la especificada en cálculos, con una **distribución de proyectores en el alumbrado nocturno bilateral con 25 m entre proyectores**.

Los **proyectores de refuerzo se colocarán a una altura de 5,5 m** sobre las paredes útiles del túnel y se incorporarán al **alumbrado permanente, que se encuentra instalado a esa misma altura**, de manera y cantidad que se alcancen los niveles necesarios en cada zona.

En el “Documento 2. Planos” se aprecia perfectamente la distribución de cada régimen de iluminación a lo largo del túnel.

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

7.3. Telegestión de la iluminación

La gestión de las luminarias se hará de manera remota desde el local técnico. Se prevé disponer del sistema instalado actualmente para la regulación del flujo de las luminarias (cuyos componentes se describen a continuación). Así, se conseguirá regular la potencia de las luminarias en función de la consigna indicada por el software de control, que recibe los datos de iluminación exterior a través de la medida que realiza el luminancímetro constantemente. Para ello, las luminarias dispondrán de balastos adecuados para el tipo de regulación necesaria.

La telegestión de estas luminarias permitirá regular de manera más eficiente su consumo y nivel de iluminación en túnel. Asimismo, se podrán obtener datos sobre las horas de funcionamiento de las luminarias, estado de las mismas, averías, etc.

7.3.1. Sistema modular

Las luminarias instaladas deberán ser agrupadas en diferentes módulos para poder realizar de manera adecuada su gestión.

Siguiendo el protocolo DALI, un requisito de cada unidad controladora es que la distancia máxima entre ésta y la última luminaria sea de 300 m y cada unidad controladora soporte hasta 10 módulos de 64 luminarias por módulo.

7.3.2. Arquitectura del sistema

El sistema se compone de un software de gestión para la integración individual de luminarias mediante ordenador, con programa específico para un número ilimitado de puntos de control. De esta manera, está compuesto de los siguientes elementos:

- **Unidad controladora del alumbrado.** Es el equipo electrónico instalado en la cabecera del sistema desde el que se envían las señales DALI a los diferentes módulos de gestión que se encuentran en el interior del túnel.
- **Módulos.** Son los encargados de la distribución de las señales digitales recibidas por la unidad controladora.
- **Drivers.** Son los equipos electrónicos encargados de gestionar las señales recibidas por el módulo de control para la gestión de las luminarias con regulación adaptada a la sensibilidad del ojo, desde el 1 % hasta el 100 %.

De manera genérica, las características del sistema existente son las que siguen:

- Permite disponer de un control automatizado de la iluminación en tiempo real según el horario programado. Así, en el interior del túnel, las luminarias regularán su intensidad en función de la intensidad lumínica exterior detectada.
- Cada equipo electrónico se gestiona a través del protocolo DALI, existiendo la posibilidad de modular las instalaciones a través del software.
- La instalación es monitorizada para garantizar la correcta configuración de las operaciones de mantenimiento y de los fallos en los equipos.
- Los datos son almacenados históricamente en el propio software de control, creándose así una base de datos.

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

7.4. Estudio lumínico del proyecto

Con el programa de cálculos lumínicos DIALux 4.13 libre, se realizan los cálculos del replanteo lumínico para calcular la distribución de luminarias por tramos tipo. Estos se dividen según el tipo de iluminación que se ha calculado en los puntos anteriores:

- Iluminación normal:
 - **Iluminación nocturna o permanente:** Este es el único caso donde el valor de deslumbramiento (TI) es relevante y aparece en los resultados, ya que, en los siguientes tramos, al manejar unos niveles tan altos de luminancia exterior, no se calcula.
 - **Iluminación umbral** (tramo 1 y tramo 2). La iluminación umbral consta de dos tramos que, en total, equivalen a la distancia de parada.
 - **Iluminación transición** (tramo 1, tramo 2, tramo 3, tramo 4 y tramo 5). La iluminación de transición se divide en cinco tramos distintos, cuyos requerimientos lumínicos disminuyen conforme el vehículo se adentra en el túnel.

A continuación, se adjuntan tablas que resumen los cálculos lumínicos del proyecto y la distribución de los puntos de luz. Estos cálculos se encuentran detalladamente explicados y justificados en el Anexo I. Cálculos lumínicos.

Tabla 28: Resumen de unidades por tramo

Tramo	Uds. refuerzo	Uds. permanente	Uds. total
Oeste			
L_{th1}	132	7	139
L_{th2}	35	2	37
L_{tr1}	19	3	22
L_{tr2}	12	2	14
L_{tr3}	6	2	8
L_{tr4}	3	2	5
L_{tr5}	3	3	6
Este			
L_{th1}	170	9	179
L_{th2}	47	3	50
L_{tr1}	14	2	16
L_{tr2}	9	1	10
L_{tr3}	4	2	6
L_{tr4}	3	2	5
L_{tr5}	2	2	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29: Luminarias tramo - potencia

Tramo	W
L_{th1} (este)	207,3
L_{th2} - L_{tr1} (este)	199
L_{tr2} - L_{tr3} - L_{tr4} (este)	180,3
L_{th1} (oeste)	175,6
L_{th2} - L_{tr1} (oeste)	169,7

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

$L_{tr2}-L_{tr3}-L_{tr4}$ (oeste) / L_{tr5} (este)	135
L_{tr5} (oeste)	88,1

Fuente: Elaboración propia

A partir de las dos tablas anteriores, y sabiendo que para un día nublado las luminarias reducen en un 50 % su flujo, se tiene la siguiente distribución para alumbrado diurno soleado, diurno nublado y nocturno:

Tabla 30: Unidades de luminarias por potencia

Uds. refuerzo	Uds. permanente	Uds. totales	W	kW totales	Horas de funcionamiento / año
Alumbrado diurno soleado					
170	9	179	207,3	37,11	2384
61	5	66	199	13,13	2384
16	5	21	180,3	3,79	2384
132	7	139	175,6	24,41	2384
54	5	59	169,7	10,01	2384
23	8	31	135	4,19	2384
3	3	6	88,1	0,53	2384
Alumbrado diurno nublado					
170	9	179	103,65	18,55	3779
61	5	66	99,5	6,57	3779
16	5	21	90,15	1,89	3779
132	7	139	87,8	12,20	3779
54	5	59	84,85	5,01	3779
23	8	31	67,5	2,09	3779
3	3	6	44,05	0,26	3779
Alumbrado nocturno (o permanente)					
	42	42	74	3,11	2597

Fuente: Elaboración propia

Además, a partir de los cálculos realizados en DIALux se obtienen los siguientes parámetros según el tramo del túnel del que se trate:

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Tabla 31: Resultados lumínicos sentido oeste

TÚNEL DE VALLADARES. SENTIDO OESTE									
Zona		Régimen de iluminación	Longitud tramo (m)	Luminancia (cd/m ²)	Uniformidad global (U _o)	Uniformidad longitudinal (U _l)	Disposición luminarias	Interdistancia (m)	Luminarias
Zona umbral	L_{th1}	Diurno soleado	81	153,79 (P+R)	0,71	1	Bilateral	- Dcha.: 1,15 - Izq.: 1,2	SETGA S.L.U BRG-0039-175W
	L_{th1}	Diurno nublado	81	76,90 (P+R)	0,71	1	Bilateral	- Dcha.: 1,15 - Izq.: 1,2	SETGA S.L.U BRG-0039-175W - REDUCIDO
	L_{th2}	Diurno soleado	27	125,25 (P+R)	0,72	1	Bilateral frente a frente	1,4	SETGA S.L.U BRG-0039-169W
	L_{th2}	Diurno nublado	27	62,63 (P+R)	0,72	1	Bilateral frente a frente	1,4	SETGA S.L.U BRG-0039-169W - REDUCIDO
Zona de transición	L_{tr1}	Diurno soleado	31	62,58 (P+R)	0,72	0,99	Bilateral frente a frente	2,8	SETGA S.L.U BRG-0039-169W

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

TÚNEL DE VALLADARES. SENTIDO OESTE									
Zona		Régimen de iluminación	Longitud tramo (m)	Luminancia (cd/m²)	Uniformidad global (U _o)	Uniformidad longitudinal (U _l)	Disposición luminarias	Interdistancia (m)	Luminarias
	L _{tr1}	Diurno nublado	31	31,29 (P+R)	0,72	0,99	Bilateral frente a frente	2,8	SETGA S.L.U BRG-0039-169W - REDUCIDO
	L _{tr2}	Diurno soleado	31	28,99 (P+R)	0,72	0,93	Bilateral frente a frente	4,8	SETGA S.L.U BRG-0039-135W
	L _{tr2}	Diurno nublado	31	14,50 (P+R)	0,72	0,93	Bilateral frente a frente	4,8	SETGA S.L.U BRG-0039-135W - REDUCIDO
	L _{tr3}	Diurno soleado	31	17,78 (P+R)	0,68	0,92	Bilateral	- Dcha.: 8,3 - Izq.: 7,14	SETGA S.L.U BRG-0039-135W
	L _{tr3}	Diurno nublado	31	8,89 (P+R)	0,68	0,92	Bilateral	- Dcha.: 8,3 - Izq.: 7,14	SETGA S.L.U BRG-0039-135W - REDUCIDO

**PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA**

TÚNEL DE VALLADARES. SENTIDO OESTE									
Zona		Régimen de iluminación	Longitud tramo (m)	Luminancia (cd/m²)	Uniformidad global (U _o)	Uniformidad longitudinal (U _l)	Disposición luminarias	Interdistancia (m)	Luminarias
	L _{tr4}	Diurno soleado	31	12,23 (P+R)	0,65	0,8	Bilateral	- Dcha.: 10,15 - Izq.: 12,2	SETGA S.L.U BRG-0039-135W
	L _{tr4}	Diurno nublado	31	6,12 (P+R)	0,65	0,8	Bilateral	- Dcha.: 10,15 - Izq.: 12,2	SETGA S.L.U BRG-0039-135W - REDUCIDO
	L _{tr5}	Diurno soleado	26	8,58 (P+R)	0,65	0,8	Bilateral	- Dcha.: 10,15 - Izq.: 12,2	SETGA S.L.U BRG-0039-88W
	L _{tr5}	Diurno nublado	26	4,29 (P+R)	0,65	0,8	Bilateral	- Dcha.: 10,15 - Izq.: 12,2	SETGA S.L.U BRG-0039-88W - REDUCIDO
Nocturno		Permanente	258	2,4 (P)	0,56	0,56	Bilateral desplazado	25	SETGA S.L.U. BRG-0003 (REDUCIDO A 74W)

Fuente: Elaboración propia

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Tabla 32: Resultados lumínicos sentido este

TÚNEL DE VALLADARES. SENTIDO ESTE									
Zona		Régimen de iluminación	Longitud tramo (m)	Luminancia (cd/m ²)	Uniformidad global (U _o)	Uniformidad longitudinal (U _l)	Disposición luminarias	Interdistancia (m)	Luminarias
Zona umbral	L_{th1}	Diurno soleado	104	183,32 (P+R)	0,73	1	Bilateral	- Dcha.: 1,15 - Izq.: 1,2	SETGA S.L.U BRG-0039-207W
	L_{th1}	Diurno nublado	104	91,66 (P+R)	0,73	1	Bilateral	- Dcha.: 1,15 - Izq.: 1,2	SETGA S.L.U BRG-0039-207W - REDUCIDO
	L_{th2}	Diurno soleado	35	147,11 (P+R)	0,72	1	Bilateral frente a frente	1,4	SETGA S.L.U BRG-0039-199W
	L_{th2}	Diurno nublado	35	73,56 (P+R)	0,72	1	Bilateral frente a frente	1,4	SETGA S.L.U BRG-0039-199W - REDUCIDO
Zona de transición	L_{tr1}	Diurno soleado	24	73,50 (P+R)	0,72	0,99	Bilateral frente a frente	2,8	SETGA S.L.U BRG-0039-199W

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

TÚNEL DE VALLADARES. SENTIDO ESTE									
Zona		Régimen de iluminación	Longitud tramo (m)	Luminancia (cd/m²)	Uniformidad global (U _o)	Uniformidad longitudinal (U _l)	Disposición luminarias	Interdistancia (m)	Luminarias
	L _{tr1}	Diurno nublado	24	36,75 (P+R)	0,72	0,99	Bilateral frente a frente	2,8	SETGA S.L.U BRG-0039-199W - REDUCIDO
	L _{tr2}	Diurno soleado	25	38,51 (P+R)	0,72	0,93	Bilateral desplazado	5	SETGA S.L.U BRG-0039-180W
	L _{tr2}	Diurno nublado	25	19,26 (P+R)	0,72	0,93	Bilateral desplazado	5	SETGA S.L.U BRG-0039-180W - REDUCIDO
	L _{tr3}	Diurno soleado	25	24,63 (P+R)	0,68	0,93	Bilateral	- Dcha.: 8,3 - Izq.: 7,14	SETGA S.L.U BRG-0039-180W
	L _{tr3}	Diurno nublado	25	12,32 (P+R)	0,68	0,93	Bilateral	- Dcha.: 8,3 - Izq.: 7,14	SETGA S.L.U BRG-0039-180W - REDUCIDO

**PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA**

TÚNEL DE VALLADARES. SENTIDO ESTE									
Zona		Régimen de iluminación	Longitud tramo (m)	Luminancia (cd/m²)	Uniformidad global (U _o)	Uniformidad longitudinal (U _l)	Disposición luminarias	Interdistancia (m)	Luminarias
	L _{tr4}	Diurno soleado	25	17,52 (P+R)	0,75	0,76	Bilateral	- Dcha.: 10,15 - Izq.: 12,2	SETGA S.L.U BRG-0039-180W
	L _{tr4}	Diurno nublado	25	8,76 (P+R)	0,75	0,76	Bilateral frente a frente	- Dcha.: 10,15 - Izq.: 12,2	SETGA S.L.U BRG-0039-180W - REDUCIDO
	L _{tr5}	Diurno soleado	28	12,66 (P+R)	0,75	0,76	Bilateral	- Dcha.: 10,15 - Izq.: 12,2	SETGA S.L.U BRG-0039-135W
	L _{tr5}	Diurno nublado	28	6,33 (P+R)	0,75	0,76	Bilateral	- Dcha.: 10,15 - Izq.: 12,2	SETGA S.L.U BRG-0039-135W - REDUCIDO
Nocturno		Permanente	266	2,40 (P)	0,56	0,56	Bilateral desplazado	25	SETGA S.L.U. BRG-0003 (REDUCIDO A 74W)

Fuente: Elaboración propia

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

7.5. Calificación energética de la instalación

Debido a las características y exigencias únicas que acarrea un proyecto de alumbrado en túneles, el método de evaluación de la eficiencia energética de instalaciones establecida por el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior (REEIAE) no es de aplicación, al igual que el sistema de calificación energética propuesto por el mismo. Es por ello por lo que se realiza el cálculo para el **alumbrado nocturno**, que es el que más se asemeja al alumbrado vial funcional de una carretera.

Según el REEIAE, la eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior se expresa como la división del producto de la superficie iluminada por la iluminancia media en servicio de la instalación, entre la potencia activa total instalada ([35]).

$$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P}$$

Donde:

- $\varepsilon \equiv$ eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior ($\text{m}^2 \cdot \text{lux} / \text{W}$).
- $P \equiv$ potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares) (W).
- $S \equiv$ superficie iluminada (m^2).
- $E_m \equiv$ iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto (lux).

De esta manera, se adjunta a continuación el resumen de los índices calculados.

Tabla 33: Resultados energéticos en régimen nocturno

Régimen de iluminación nocturno							
Tipo de túnel unidireccional							
Tubo (sentido)	Anchura (m)	Longitud (m)	Superficie (m^2)	LED			
				E_m (lux)	P (W)	Uds.	ε
Oeste	10,5	258	2709	41	74	21	71,47
Este	10,5	266	2793	41	74	21	73,69

Fuente: Elaboración propia

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Tabla 34: Eficiencia energética mínima en instalaciones de alumbrado vial funcional

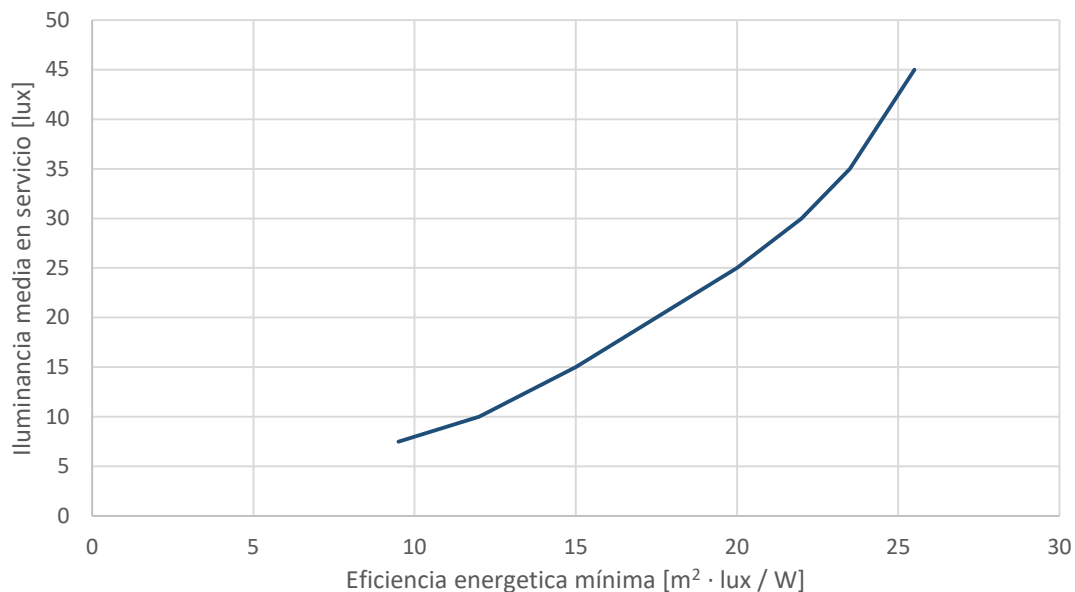
Iluminancia media en servicio $E_m(\text{lux})$	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$
≥ 30	22
25	20
20	17,5
15	15
10	12
$\leq 7,5$	9,5

Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal

Fuente: BOE-A-2008-18634 ([35])

Haciendo la extrapolación para valores superiores de iluminancia media en servicio se tiene que los valores mínimos de eficiencia energética para los niveles de iluminancia nocturna de 41 lux deben ser superiores a 25, según se muestra en la siguiente gráfica.

Figura 25: Extrapolación valores de referencia de eficiencia energética



Fuente: Elaboración propia

Según el REEIAE, tal y como indica la siguiente fórmula, el índice de eficiencia energética (I_e) se calcula dividiendo la eficiencia energética de la instalación (ε) entre la eficiencia energética de referencia (ε_R) (cuyo valor se ha obtenido por extrapolación y es 25).

$$I_e = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R}$$

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Los valores calculados para el índice de eficiencia energética son:

Tabla 35: Valores eficiencia energética

Tubo	ε	ε_R	I_ε
Oeste	71,47	25	2,86
Este	73,69	25	2,95

Fuente: Elaboración propia

El índice de consumo energético (ICE) de la instalación se calcula como la inversa del índice de eficiencia, con lo que se obtienen los siguientes valores:

$$ICE = \frac{1}{I_\varepsilon}$$

Tabla 36: Valores ICE

Tubo	ICE
Oeste	0,35
Este	0,34

Fuente: Elaboración propia

La calificación energética se determina en función, tanto de los índices de eficiencia energética, como de los índices de consumo energético, a través de la siguiente tabla del REEIA:

Tabla 37: Calificación energética

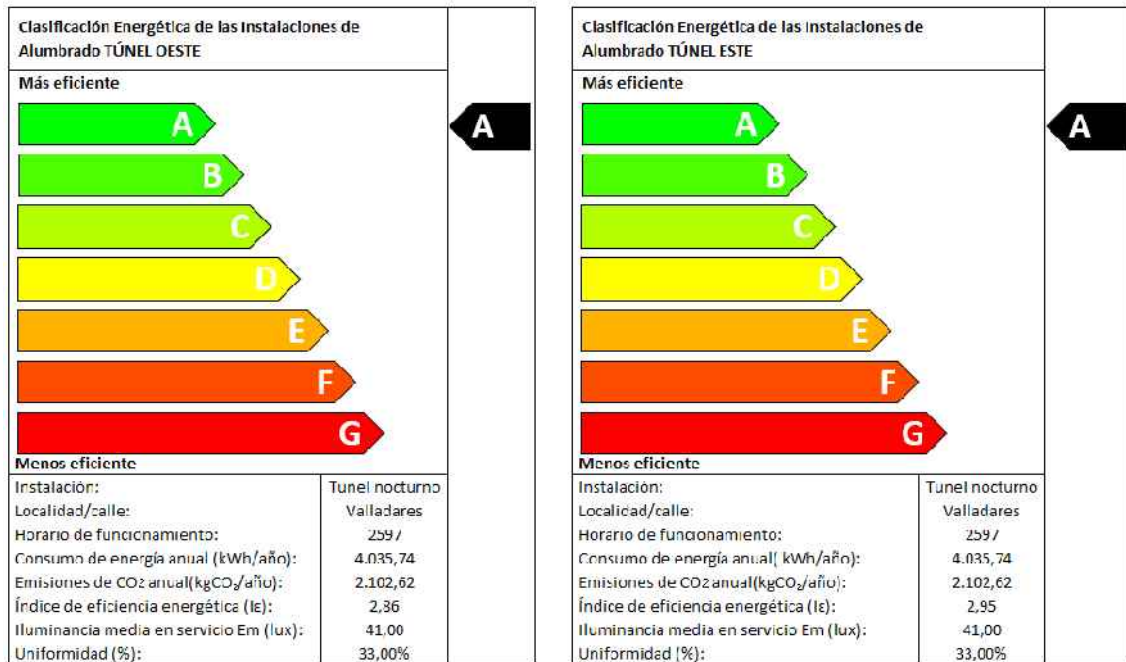
Calificación Energética	Índice de consumo energético	Índice de Eficiencia Energética
A	$ICE < 0,91$	$I_\varepsilon > 1,1$
B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq I_\varepsilon > 0,92$
C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq I_\varepsilon > 0,74$
D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq I_\varepsilon > 0,56$
E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq I_\varepsilon > 0,38$
F	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq I_\varepsilon > 0,20$
G	$ICE \geq 5,00$	$I_\varepsilon \leq 0,20$

Fuente: BOE-A-2008-18634 ([35])

De los datos obtenidos se puede comprobar que, al ser el índice de eficiencia energética mayor de 1,1 y el ICE menor de 0,91, la calificación energética de la instalación es **Letra A** para ambos tubos.

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Figura 26: Clasificación energética



El factor de conversión de energía no-renovable a emisiones de CO₂ que se va a utilizar en los P.D. Regionales y pluriregionales (España) es de 0,521 kg CO₂/kWh de energía final.

(Factor obtenido del Informe "Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso de energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector edificios en España" (Versión 03/03/2014) elaborado por IDAE y oficializado por MINETUR).

Fuente: Elaboración propia

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

8. Definición y cálculos de la planta fotovoltaica

El objeto de la mejora en el consumo y la dependencia de la red eléctrica en un alto porcentaje de horas de funcionamiento a través de la instalación de una planta de generación fotovoltaica se plantean como una solución **conectada al CGBT** del túnel de Valladares.

Por otra parte, el disponer de un **sistema fotovoltaico conectado a red**, supone un sistema de protección contra subidas del coste de la electricidad y la volatilidad del precio de los combustibles. El autoconsumo es la mejor solución energética que permite conjugar sostenibilidad y ahorros a medio y largo plazo.

La propuesta fotovoltaica tendrá una ubicación clara: **en la parcela superior del túnel**, tras haber considerado los siguientes condicionantes:

- Espacio disponible, propiedad de la Demarcación de Carreteras del Estado en Galicia.
- No es necesario practicar expropiaciones.
- Cercanía al túnel y al CGBT.
- Orientación adecuada.

8.1. Descripción y diseño

El dimensionamiento de la instalación se realiza teniendo en cuenta la potencia instalada y el consumo del túnel. Por tanto, para realizar el cálculo y diseño de la instalación fotovoltaica, es necesario tener claros los siguientes conceptos:

- **Potencia instalada de consumo (kW):**

Se trata de la potencia para la cual se diseña originalmente la instalación eléctrica, de acuerdo con la previsión de cargas correspondiente.

- **Potencia instalada de generación (kW):**

Conforme a la resolución del 5 de agosto de 2023 de la Dirección General de Política Energética y Minas ([36]), se señala que:

“En el caso de instalaciones fotovoltaicas, la potencia instalada será la menor de entre las dos siguientes:

a) la suma de las potencias máximas unitarias de los módulos fotovoltaicos que configuran dicha instalación, medidas en condiciones estándar según la norma UNE correspondiente.

b) la potencia máxima del inversor o, en su caso, la suma de las potencias de los inversores que configuran dicha instalación”.

- **Consumo energético anual (kWh/año):**

Se trata de la demanda eléctrica anual de la instalación. Se puede determinar a partir de la factura eléctrica, o bien multiplicando las horas de funcionamiento estimadas por la potencia de funcionamiento.

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

- **Producción energética anual (kWh/año):**

Es la potencia media anual que va a generar la planta fotovoltaica. Se obtiene a partir del programa de cálculo PVGIS, el cual la estima a partir de los valores de irradiación horizontal y el ángulo de inclinación de los paneles.

- **Balance energético:**

El criterio principal de dimensionamiento de la planta solar se basa en la determinación de la **mínima potencia instalada en generación que cubra la máxima potencia consumida del túnel** (es decir, la correspondiente al periodo diurno soleado).

Además, es importante conocer el consumo y los costes para determinar la manera óptima de reducir los costes de facturación. Para ello, es necesario conocer cada parte de manera global, de forma que se determine su importancia en el cómputo general de la factura. A tal fin, se necesita estudiar, al menos, el último año completo, disponiendo así de datos suficientes para la correcta interpretación del consumo general.

Como no se dispone de las facturas eléctricas correspondientes al suministro, se realizan los cálculos de consumo tomando de referencia la **potencia total instalada (con el cambio a led)** y las **horas de funcionamiento**.

Una característica importante de nuestra instalación es que coinciden los momentos de máximo consumo eléctrico con los de máxima producción solar ya que, en los días soleados, los proyectores de refuerzo se encuentran en funcionamiento.

Para el cálculo de la potencia instalada no se tienen en cuenta los consumos de los pequeños equipos de megafonía y señalización que hay en el túnel ya que no se dispone de datos al respecto.

Así, las potencias del alumbrado diurno y permanente son:

Tabla 38: Potencia total instalada calculada

Número de unidades	W	kW totales
179	207,3	37,11
66	199	13,13
21	180,3	3,79
139	175,6	24,41
59	169,7	10,01
31	135	4,19
6	88,1	0,53
TOTAL		
Uds. totales = 501		93,20 kW

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, la **potencia total instalada de consumo** que se tiene en cuenta para el cálculo de la planta fotovoltaica es de **93,2 kW**. Para determinar el consumo total anual del alumbrado permanente y del diurno, se necesitan conocer las horas de funcionamiento en un año, cuyas estimaciones según la OC se muestran en las tablas adjuntas a continuación:

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Tabla 39: Número de días por régimen según OC

Periodo	Días despejados	Días nublados
Enero-Febrero	19	40
Marzo-Abril	36	25
Mayo-Agosto	104	19
Septiembre-Octubre	36	25
Noviembre-Diciembre	20	41
Total	215	150

Fuente: OC 36/2015 ([34])

Tabla 40: Número de horas diarias por régimen según OC

Periodo	Condiciones lumínicas	Circuito			
		Pleno sol	Nublado	Crepuscular	Nocturno
Enero-Febrero	Despejado	8	8	10	24
	Nublado	0	8	10	24
Marzo-Abril	Despejado	10	10	12	24
	Nublado	0	10	12	24
Mayo-Agosto	Despejado	13	13	15	24
	Nublado	0	13	15	24
Septiembre-Octubre	Despejado	10	10	12	24
	Nublado	0	10	12	24
Noviembre-Diciembre	Despejado	8	8	10	24
	Nublado	0	8	10	24

Fuente: OC 36/2015 ([34])

Estas dos tablas muestran las horas de funcionamiento al día que tendrá cada tipo de alumbrado. De esta manera, se observa que, por ejemplo, a cada día de los 19 días despejados que existen entre enero y febrero le corresponde 8 horas de alumbrado soleado, 8 horas de alumbrado nublado, 10 horas de crepuscular y 24 horas de nocturno (como estas últimas son las permanentes, siempre están encendidas).

Así, el resumen de las horas de funcionamiento del alumbrado es el siguiente:

- Horas totales del año: 8760 horas/año.
- Horas totales de alumbrado diurno soleado al año: 2384 horas/año.
- Horas totales de alumbrado diurno nublado al año: 3779 horas/año.
- Horas totales de alumbrado nocturno al año: 2597 horas/año.

Tal y como se mostraba en la Tabla 30, multiplicando las horas de funcionamiento de cada alumbrado por su potencia instalada se obtiene el consumo total en alumbrado del túnel. A continuación, se incluye de nuevo la tabla de forma resumida para mayor facilidad del lector:

**PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA**

Tabla 41: Potencia total consumida anual calculada

Unidades totales	W	kW totales	Horas de funcionamiento al año
Alumbrado diurno soleado			
179	207,3	37,11	2384
66	199	13,13	2384
21	180,3	3,79	2384
139	175,6	24,41	2384
59	169,7	10,01	2384
31	135	4,19	2384
6	88,1	0,53	2384
Alumbrado diurno nublado			
179	103,65	18,55	3779
66	99,5	6,57	3779
21	90,15	1,89	3779
139	87,8	12,20	3779
59	84,85	5,01	3779
31	67,5	2,09	3779
6	44,05	0,26	3779
Alumbrado nocturno			
42	74	3,11	2597
TOTAL			
501 uds totales		93,20 kW	406.196,29 kWh/año

Fuente: Elaboración propia

A partir de los valores calculados de potencia total instalada (**93,2 kW**) y potencia total consumida en un año (**406.196 kWh/año**), se dimensiona la cantidad de paneles fotovoltaicos e inversores de la planta fotovoltaica.

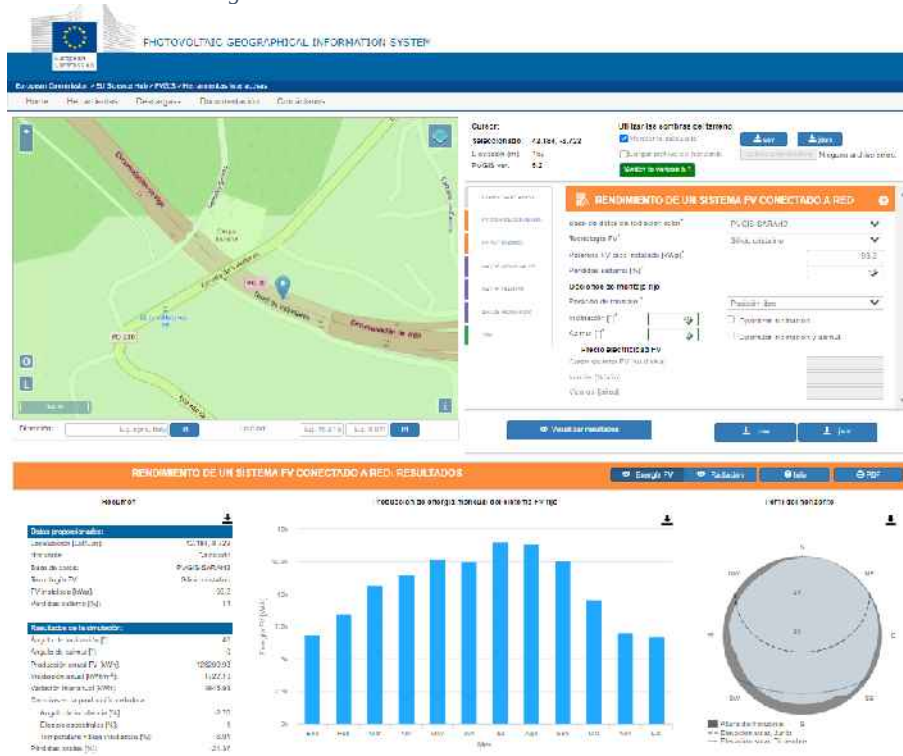
Para la elección de los paneles fotovoltaicos se tiene en cuenta la potencia instalada y la potencia pico de generación de un panel monocristalino del fabricante SOLYCO (cuya ficha técnica se adjunta en el Anexo III. Ficha técnica del módulo solar (SOLYCO C-TG 144p.2/450)).

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = \frac{\text{Potencia instalada}}{\text{Potencia panel}} = \frac{93.200 \text{ W}}{450 \text{ W}_p} = 207,1 \text{ paneles}$$

Para estimar la producción de la instalación fotovoltaica es necesario conocer los datos de radiación solar en el lugar deseado. De esta manera, y empleando el programa PVGIS, se calcula cuánta producción anual generaría la planta fotovoltaica para una potencia instalada de 93,2 kW. Como se observa a continuación, el resultado anual es de 126.200 kWh/año.

Figura 27: Simulación de consumo de la instalación



Fuente: Elaboración propia a partir de PVGIS

Con esta primera aproximación, los resultados de 126 MWh/año en generación quedan muy por debajo de los 406 MWh/año de consumo estimado, por lo que se debe dimensionar la planta fotovoltaica para una mayor producción.

Un factor limitante a tener en cuenta es la superficie disponible, por lo que hay que conocer primero cuál es la máxima superficie disponible y la orientación exacta de los paneles.

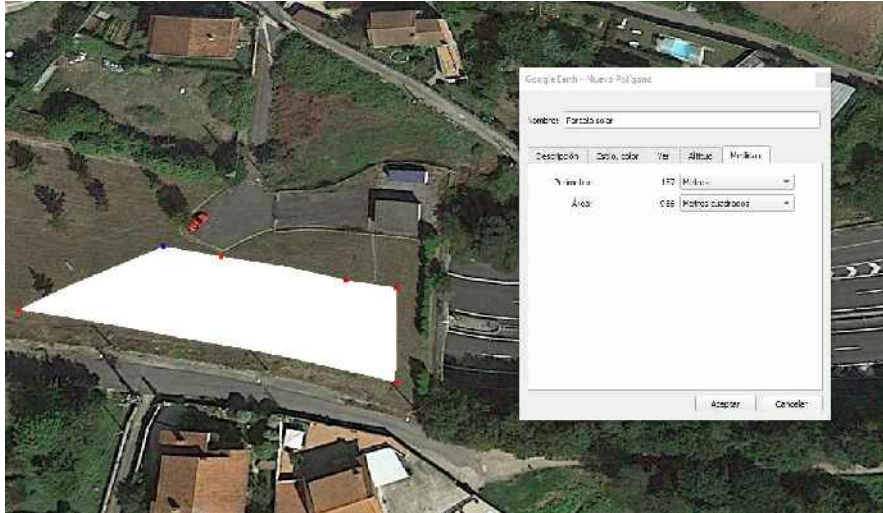
8.1.1. Superficie disponibile

Tal y como se adelantó anteriormente, **la planta fotovoltaica se situará en la parcela superior del túnel** debido a que, entre otros factores, esta es una superficie de ámbito del dominio público de la propia carretera y no afecta a fincas privadas (por lo que no se prevén expropiaciones). Además, como se puede observar en la imagen adjunta a continuación, para la planta solo se puede destinar parte de la superficie que se encuentra encima del túnel dado que hay una parte que está destinada a un parque público.

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Con todo ello, y empleando herramientas de Google Earth, se mide una superficie de 956 m^2 .

Figura 28: Parcela para la planta fotovoltaica



Fuente: Google Earth

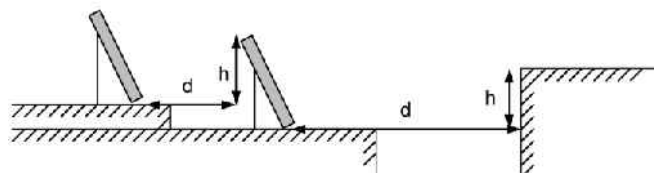
8.1.2. Orientación

Como ya se presupone, cuanto más espacio disponible orientado al sur (sur – este, sur – oeste), mejor será la eficiencia en la instalación solar. La instalación se encuentra en las coordenadas geográficas de latitud 42.18°N y longitud -8.72°W , con una altitud de 150 metros. Según los datos de PVsyst (cuyos resultados se adjuntan en el Anexo II. Cálculos fotovoltaicos), la inclinación óptima es de 40° .

8.1.3. Dimensionamiento

Asimismo, otro factor a tener en cuenta es la **distancia mínima entre filas de módulos** solares, para lo cual se toma de referencia el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red del IDAE ([37]). Dicho documento indica que se debe dejar como mínimo una distancia d , medida sobre la horizontal entre filas de módulos. Además, aclara que dicha distancia d debe ser como mínimo igual a $h \cdot k$, siendo k un factor cuyo valor se determina a partir de la latitud de la ubicación.

Figura 29: Parámetros para la distancia mínima entre filas de módulos



Fuente: IDAE ([37])

Tabla 42: Valor k para la distancia mínima entre filas de módulos

Latitud	29°	37°	39°	41°	43°	45°
k	1,600	2,246	2,475	2,747	3,078	3,487

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Fuente: IDAE ([37])

Los paneles fotovoltaicos seleccionados tienen una superficie en horizontal de 2 m^2 y de 1.53 m^2 con una inclinación de 40° . La altura con esa inclinación es de $1,3 \text{ m}$ (lo que corresponde a h). Además, a partir de la latitud de la instalación, se toma un factor k de $2,7$.

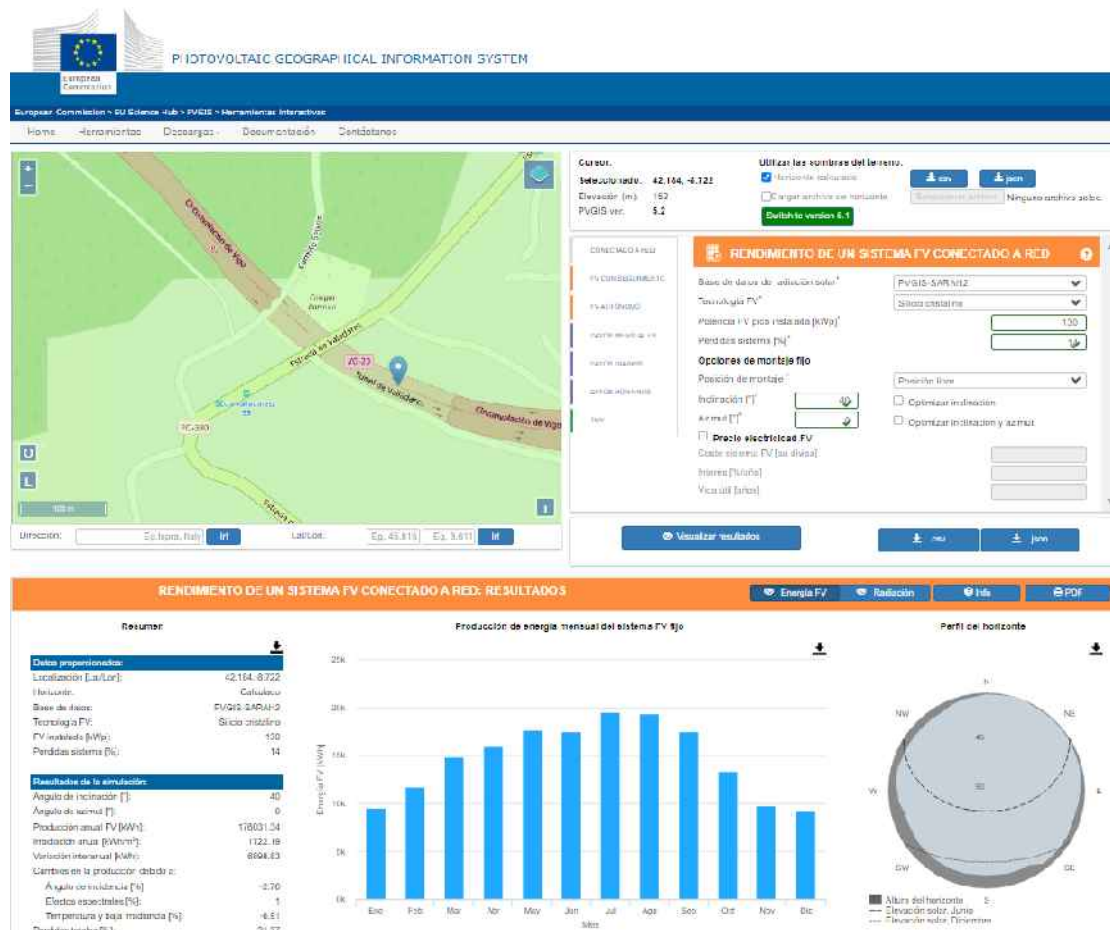
Con todo ello, se determina que la separación entre filas de módulos debe ser, como mínimo, de $1,3 \text{ m} \cdot 2,7 = 3,32 \text{ m}$ por panel (d). Teniendo en cuenta que el ancho del módulo solar es 1 m , se deduce que, por cada $1,53 \text{ m}^2$ ocupados con paneles, se debe dejar libre una distancia de $3,32 \text{ m}^2$, es decir, un 46% . Por ello, si la superficie total es de 956 m^2 , se podrá cubrir con paneles solares un total de 440 m^2 , lo que significa un **máximo de 288 paneles**.

Sabiendo que como máximo se pueden colocar 288 paneles, la **potencia instalada de generación** de la instalación será de:

$$288 \text{ paneles} \cdot 450 \text{ W}_p = 130 \text{ kW}_p$$

Con ello, se calcula la **producción anual de la instalación fotovoltaica** con el programa PVGIS, obteniendo **176.031 kWh/año**.

Figura 30: Simulación de consumo de la actuación



Fuente: Elaboración propia a partir de PVGIS

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Así, el resultado de 176 MWh/año cubre aproximadamente un 43 % del consumo energético del túnel.

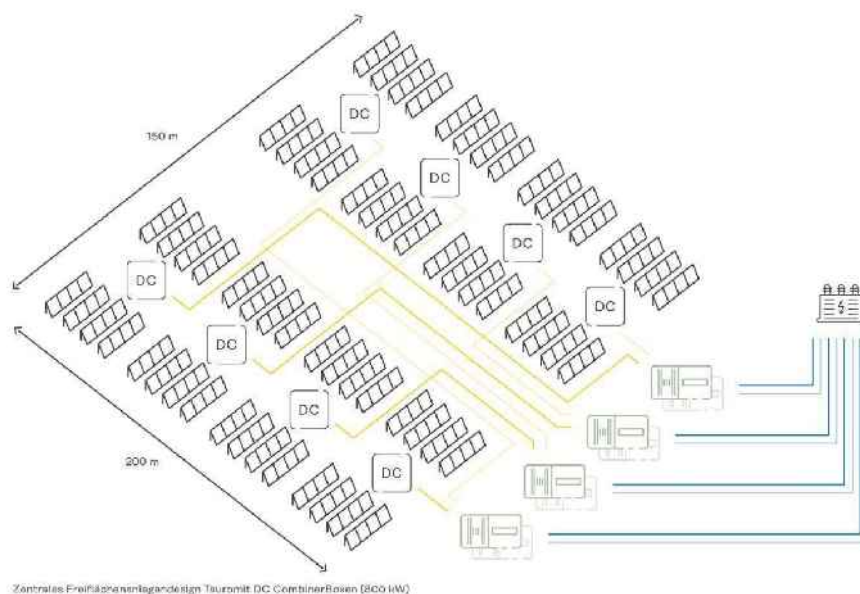
Con el dato obtenido de 130 kW_p instalados en paneles, se debe elegir la cantidad y potencia de los inversores a instalar. Siguiendo las recomendaciones del fabricante consultado (Fronius), se decide la instalación de **2 inversores** para facilidad de mantenimiento ya que, ante posibles averías del inversor, no quedaría toda la planta fuera de servicio.

El **tamaño del inversor** que más se aproxima a la potencia instalada en paneles solares (y cuya ficha técnica se encuentra en el Anexo V. Ficha técnica del inversor (Fronius Tauro 50-3-D)) es:

$$\frac{130 \text{ kW}_{p_{\text{paneles}}}}{2 \text{ inversores}} = 65 \text{ kW}_p \rightarrow \mathbf{75 \text{ kW}_{p_{\text{inversor}}}}$$

Conocidos la cantidad de paneles e inversores, conviene determinar cuántos paneles habrá por inversor y cómo se conectarán con los inversores. Siguiendo las indicaciones del fabricante de inversores, a cada inversor pueden conectarse 2 grupos de 7 circuitos de paneles fotovoltaicos (strings), sumando un total entre todos de 75 kW como máximo. En la figura siguiente (aportada por el fabricante) se puede comprobar que cada inversor recibe alimentación de varios grupos de paneles.

Figura 31: Distribución y conexión de los paneles



Fuente: Fronius ([38])

Cada string es un grupo de paneles conectados en serie o en paralelo entre sí que proporciona energía al inversor de forma conjunta, pero independiente de otros strings. Cada string se caracteriza por dos parámetros:

- **El nivel de soleamiento de los paneles.** Todos los paneles se encuentran en la misma posición de cara al soleamiento para evitar que los paneles de un string

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

tengan una tensión de trabajo diferente entre ellos, provocada por un nivel de soleamiento diferente.

- **La tensión de funcionamiento del string** se encuentra dentro del rango de trabajo del inversor.

Para poder dimensionar cuántos strings tendrá la instalación y cuántos paneles tendrá cada string, se debe calcular la tensión de generación del panel fotovoltaico escogido y la tensión de trabajo del inversor elegido. De la ficha técnica de los paneles y los inversores (que se encuentran en el y Anexo V. Ficha técnica del inversor (Fronius Tauro 50-3-D), respectivamente), se extraen los siguientes datos:

- Tensión nominal del panel = 41,03 V.
- Rango de tensión inversor = 580 / 930 V_{DC}.
- Cantidad de paneles = 288 uds.
- Cantidad de inversores = 2 uds.

Con los datos anteriores, se puede determinar el valor mínimo y máximo de paneles a colocar en cada string:

$$\frac{580 \text{ V}}{41,3 \text{ V}} = 14,04 \rightarrow 15 \text{ paneles como mínimo por string}$$

$$\frac{930 \text{ V}}{41,3 \text{ V}} = 22,52 \rightarrow 22 \text{ paneles como máximo por string}$$

Además, la cantidad total de paneles por cada inversor es la siguiente:

$$\frac{288 \text{ paneles}}{2 \text{ inversores}} = \mathbf{144 \text{ paneles por inversor}}$$

Para que los strings sean lo más uniformes posible, es decir, que todos ellos tengan el mismo número de paneles, debemos elegir un número exacto entre 15 y 22 paneles. Se eligen **18 paneles por string**. De esta forma, se consigue que todos los strings tengan la misma cantidad de paneles. Así, la cantidad de strings por cada inversor es la siguiente:

$$\frac{144 \text{ paneles/inversor}}{18 \text{ paneles/string}} = \mathbf{8 \text{ strings por inversor}}$$

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

De esta manera, se obtiene la distribución que se muestra en la Figura 32:

Figura 32: Distribución sobre plano de los paneles



Fuente: Elaboración propia

Una vez definida la solución técnica, se debe realizar el cálculo del cableado que une los paneles fotovoltaicos con el inversor y, a su vez, a este con el CGBT.

8.2. Cableado

Para el cálculo del cableado se tiene en cuenta el punto 5 de la ITC-BT-40 que especifica el siguiente dimensionamiento: “Los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125 % de la máxima intensidad del generador y la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública o a la instalación interior, no será superior al 1,5 %, para la intensidad nominal” ([39]).

De esta manera, los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, se toma que los conductores de la parte de CC deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior al 1,4 % y, los de la parte de CA, para que la caída de tensión sea inferior al 0,1 %.

8.2.1. Cableado de corriente continua

En primer lugar, se calcula la sección del cableado que une los módulos fotovoltaicos con el inversor. Para ello, se identifica el string más alejado del inversor por ser este el más restrictivo, y se aplica la misma sección para los demás.

El string más alejado del inversor es el 2.8, el cual se encuentra aproximadamente a 100 m de distancia, tal y como se puede observar en la siguiente imagen:

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Tabla 43: Intensidad admisible (en A) para cables soterrados bajo tubo

Tabla D - Intensidad admisible (en A), para cables soterrados bajo tubo (tensión asignada hasta 0,6/1 kV)

SECCIÓN mm ²	3 XLPE (3 cables unipolares o 1 tripolar)		2 XLPE (2 cables unipolares o 1 bipolar)	
	Cobre	Aluminio	Cobre	Aluminio
1,5	23	--	27	--
2,5	30	23	36	27
4	39	30	46	36
6	48	37	58	44
10	64	49	77	58
16	82	62	100	77
25	105	82	130	98
35	130	98	155	120
50	155	115	183	139
70	190	145	225	170
95	225	175	265	205
120	260	200	305	230
150	300	230	340	265
185	335	260	385	295
240	400	305	440	340
300	455	350	500	385
400	530	405	570	445
500	610	465	660	510
630	710	530	735	575
Condiciones de cálculo	Resistividad térmica del terreno: 1,5 K.m/W			
	Temperatura del terreno: 25°C			
	Profundidad de la instalación: 70 cm			

Fuente: Tabla D, ITC-BT-19 ([40])

Una vez seleccionada la sección de 1,5 mm², se comprueba si la caída de tensión cumple. De esta manera, siguiendo la guía técnica del REBT en su anexo 2, se tiene que la fórmula de cálculo de la caída de tensión para receptores monofásicos es:

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot U}$$

Donde:

- S ≡ Sección de los conductores (mm²).
- P ≡ Potencia que se transporta (V).
- L ≡ Longitud de la línea (m).
- γ ≡ Conductividad (m/Ω mm²).
- e ≡ Caída de tensión (V).
- U ≡ Tensión (V).

Sustituyendo, se obtiene:

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot U} = \frac{2 \cdot (14,26A \cdot 18 \cdot 41,03V) \cdot 100m}{48 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \cdot (1,4 \% \cdot 18 \cdot 41,03V) \cdot (18 \cdot 41,03V)} = 5,75 \text{ mm}^2$$

De esta manera, se determina que la sección mínima por caída de tensión es de 5,75 mm² por lo que la sección seleccionada es la inmediatamente superior, es decir, **6 mm²**.

Según el pliego del IDAE para instalaciones fotovoltaicas, todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123. Mirando las páginas de los fabricantes de cableado, se determina que el **cable H1Z2Z2-K** cumple con la normativa y por ello será el tipo de

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

cable utilizado (véase Anexo VIII. Ficha técnica del cableado de CC (PRYSMIAN PRYSOLAR – H1Z2Z2-K)).

8.2.2. Cableado de corriente alterna

El cableado de corriente alterna es el que une el inversor con el CGBT. En este proyecto, el inversor se encontrará dentro del local técnico justo al lado del CGBT.

Siguiendo la ficha técnica del inversor elegido, se sabe que su máxima intensidad de salida es de 76 A. Asimismo, la OC 36/2015 indica en su apartado “4.5.3 Conductores” que los conductores utilizados serán de cobre con aislamiento 0.6/1kV, del tipo RZ1-K.

Utilizando la Tabla A de la Guía técnica ITC-BT-19, se selecciona el método de instalación B2 para cable 3 XLPE, con lo que se determina que la sección de 25 mm² puede transportar 88 A (88 A > 76 A).

Tabla 44: Intensidad admisible para cables con conductores de cobre y no enterrados

Tabla A - Intensidades admisibles para cables con conductores de cobre, no enterrados
Temperatura ambiente 40°C en el aire

Método de instalación*	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
A1		3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE						
A2	3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE							
B1				3x PVC	2x PVC		3x XLPE		2x XLPE			
B2			3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE					
C					3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE		
E						3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE	
F							3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE
Sección mm ² COBRE	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	—
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	—
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	—
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	—
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	—
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	—
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
35	—	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174
50	—	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
70	—	—	—	149	160	171	185	199	214	224	244	269
95	—	—	—	180	194	207	224	241	259	271	296	327
120	—	—	—	208	225	240	260	280	301	314	348	380
150	—	—	—	236	260	278	299	322	343	363	404	438
185	—	—	—	268	297	317	341	368	391	415	464	500
240	—	—	—	315	350	374	401	435	468	490	552	590
300	—	—	—	361	401	430	461	500	538	563	638	678
400	—	—	—	431	480	515	552	609	645	674	770	812
500	—	—	—	493	551	592	633	687	741	774	889	931
630	—	—	—	565	632	681	728	790	853	890	1028	1071

Se indican como 3x los circuitos trifásicos y como 2x los monofásicos.
A efecto de las intensidades admisibles los cables con aislamiento termoplástico a base de poliolefina (Z1) son equivalentes a los cables con aislamiento de policloruro de vinilo (V).

Fuente: Tabla A, ITC-BT-19 ([40])

El siguiente paso consiste en calcular la caída de tensión para la sección seleccionada. En este caso, la distancia es de tan solo 5 metros ya que el inversor se encuentra en la misma ubicación que el CGBT. Siguiendo la guía técnica del REBT en su anexo 2, se emplea la siguiente fórmula para receptores trifásicos:

$$S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot U}$$

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Donde:

- $S \equiv$ Sección de los conductores (mm^2).
- $P \equiv$ Potencia que se transporta (V).
- $L \equiv$ Longitud de la línea (m).
- $\gamma \equiv$ Conductividad ($\text{m}/\Omega \text{ mm}^2$).
- $e \equiv$ Caída de tensión (V).
- $U \equiv$ Tensión (V).

Sustituyendo, se obtiene:

$$S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot U} = \frac{50.000W \cdot 5m}{48 \frac{m}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot (0,1 \% \cdot 400V) \cdot (400V)} = 32,55 \text{ mm}^2$$

Así, el cálculo de caída de tensión determina que la sección mínima es de $32,55 \text{ mm}^2$ por lo que la sección seleccionada es de **35 mm^2** .

La conexión entre el inversor y el CGBT se realizarán con cable tipo **RZ1-K 0,6/1 kV 4x1x35 mm^2** (véase Anexo IX. Ficha técnica del cableado de CA (AFUMEX CLASS 1000V (AS) – RZ1-K (AS))).

8.2.3. Cableado de protección

La sección de los conductores de protección será de 16 mm^2 en base a la tabla 2 de la ITC BT-18:

Figura 34: Sección de los conductores de protección

Tabla 2. Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase

Sección de los conductores de fase de la instalación $S \text{ (mm}^2\text{)}$	Sección mínima de los conductores de protección $S_p \text{ (mm}^2\text{)}$
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Fuente: Tabla 2, ITC-BT-18 ([41])

Una vez analizados todos los parámetros anteriormente detallados, se determina el siguiente diseño:

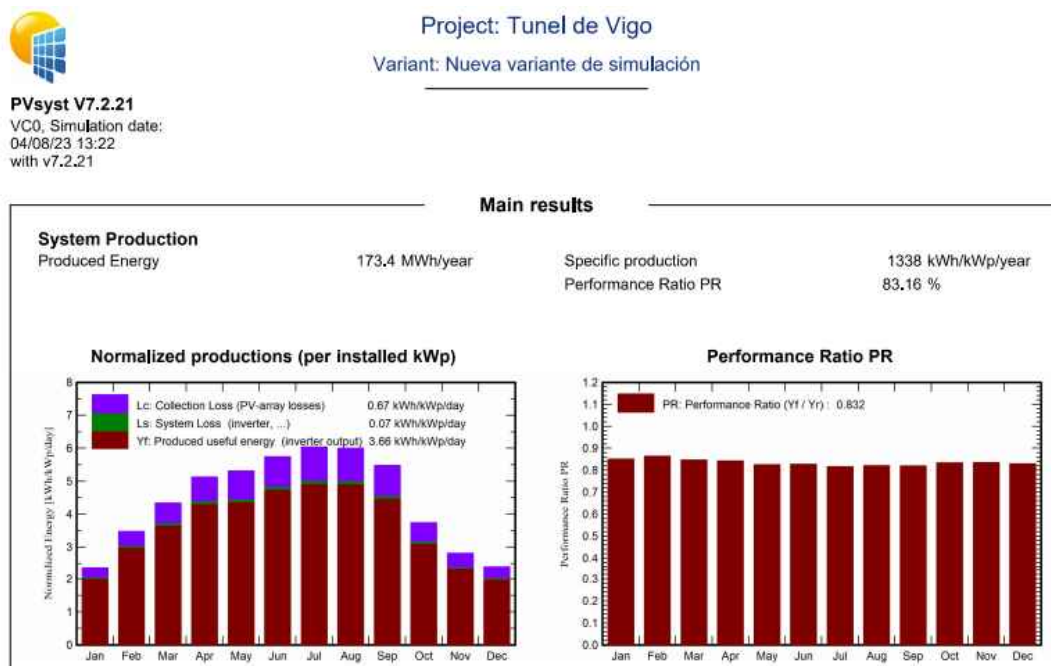
- Estructura fija con **40° de inclinación** adaptada al terreno, ubicada en la parte superior del túnel y próxima al centro de transformación y de control de la infraestructura eléctrica del mismo.
- **288 módulos fotovoltaicos de 450 W_p** , resultando una **potencia total instalada de aproximadamente 130 kW_p** .
- **Dos inversores de 75 kW_p** para pasar la generación fotovoltaica de corriente continua a corriente alterna. **Cada inversor dispondrá de 8 strings, 18 paneles/string**, sumando así 144 paneles por inversor.
- Los **inversores y cuadros de protecciones se ubicarán en el local del CGBT**.
- La **conexión entre módulos fotovoltaicos e inversores** se realizará con cable **H1Z2Z2-K** (líneas de corriente continua).

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

- Las **conexiones entre el inversor y las protecciones de alterna, y entre estas y el CGBT** se realizarán con **cable tipo RZ1-K (AS) 0.6/1 kV** (líneas de corriente alterna).

Con estos datos, se realiza el cálculo de la potencia generada en el programa de cálculo gratuito de prueba PVsyst, cuyos resultados se adjuntan como anexo (véase Anexo II. Cálculos fotovoltaicos). A partir de dicho programa, se obtiene una **potencia de generación anual de 173,4 MWh/año**, es decir, un 43 % del consumo energético en iluminación del túnel.

Figura 35: Simulación de la energía producida por la actuación



Fuente: Elaboración propia a partir de PVsyst

8.3. Componentes de la planta fotovoltaica

Para la elección de todos los componentes de la planta fotovoltaica se ha tenido en cuenta la tecnología empleada, las condiciones ambientales acordes a la zona de instalación, rendimientos elevados y compatibles entre los diferentes equipos, marcas de reconocido prestigio con servicios de postventa, así como con empresas distribuidoras a nivel nacional y disponibilidad en el mercado.

Es importante mencionar que las fichas técnicas de todos los componentes que se detallan a continuación se encuentran detalladas en el apartado 10 Anexos.

8.3.1. Paneles solares SOLYCO 450Wp

Los paneles propuestos constan de una alta eficiencia, células solares resistentes PERC monocristalinas que permiten incrementar la producción de energía fotovoltaica hasta en un 30 % de potencia adicional gracias a que ambas caras del panel logran absorber la energía del sol.

A partir de su ficha técnica se obtienen los parámetros eléctricos del panel:

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Figura 36: Modelo de paneles propuestos

Electrical data (STC)

Nominal data at standard testing conditions (STC): Irradiance 1,000W/m²; Spectrum AM 1.5; module temperature 25°C; sorting for Pmax 0 to +5W

Module type	C-16 144p.2 / 450
STC power output Pmax (Wp)	450
Nominal power voltage Vmp (V)	41.03
Nominal power current Imp (A)	10.97
Open circuit voltage Voc (V)	49.33
Short circuit current Isc (A)	11.41
Module efficiency	20,7%
Bifacial coefficient	>70%

Tolerance Pmax: ± 3,0%; tolerances Voc, Vmp, Isc, Imp: ± 5,0%

C-TG 144p.2 / 450

Solar module for the highest requirements.



Safety
Electrical safety: mechanical robustness of module connectors are important aspects when choosing the right solar module.

Electric security - The C-TG is approved for a system voltage up to 1,500V. For maximum electrical safety, it is equipped with positive junction boxes rated IP68 and original STC/BUMI MC4 connectors.

Resilient - The specially reinforced glass is resistant to the harshest weather conditions. The module is certified for resistance to salty air (ISO 9001) and is therefore approved for use in coastal areas.

Reliability
A solar system's long-term performance is determined by the quality of the modules it uses. A high-quality guarantee.

Certified production facilities - All SOLYCO solar modules are produced in the most modern, highly automated facilities with the highest manufacturing standards to ensure consistent quality.

Fuente: SOLYCO ([42])

8.3.2. Inversores Tauro 50-3-D

Los inversores son los encargados de convertir la energía de corriente continua captada por los paneles solares a corriente alterna. Los inversores utilizados tienen una potencia máxima de 75 kW_p y están diseñados para soportar la radiación solar directa y el calor extremo. Esto garantiza un funcionamiento seguro que permite realizar los trabajos de servicio de manera rápida y rentable.

Se situarán dentro del local técnico donde está ubicado el CGBT para facilitar el mantenimiento.

Figura 37: Modelo de inversores propuestos

		Tauro			Tauro ECO		
		50-3-D			50-3-D		
Datos de entrada	Número de seguidores MPP	3			1		
	Máxima corriente de entrada (I _{dc máx})	A			134		
	Max. corriente de entrada de la serie fotovoltaica (I _{dc máx. string})	A			14,5		
	Máxima corriente de cortocircuito (I _{sc máx. inversor})	A			240		
	Rango de tensión de entrada CC (U _{dc min - U_{dc máx}})	V			200 - 1000		
	Tensión de puesta en servicio (U _{dc arranque})	V			200		
	Rango de tensión MPP (U _{mp min - U_{mp máx}})	V			400 - 870		
	Máxima potencia del generador =V (P _{dc máx})	kWp			75		
	Máxima corriente de entrada por campo de módulo	A			FV1 FV2 FV3		
	Máxima corriente de cortocircuito	A			72 72 125		
Datos de salida	Número de salidas CC	4			3		
	Potencia nominal CA (P _{ac,p})	W			50 000		
	Máxima corriente de salida	VA			50 000		
	Corriente de salida CA (I _{ac máx})	A			76		
	Acoplamiento a la red (U _{ac,p})	V			3 - NPE 400/230; 3 - NPE 380/220		
	Frecuencia (rango de frecuencia f _{min - f_{max}})	Hz			50 / 60 (45 - 65)		
	Factor de potencia (cos φ _{ac,p})				0 - 1 Ind. / cap.		

Fuente: Fronius ([43])

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

8.3.3. Estructura soporte

La estructura portante que albergará los paneles está fabricada mediante perfilera de aluminio EN AW 6005A T6 y tornillería de acero inoxidable A2-70. Todo ello dota a la estructura de una gran resistencia al viento de hasta 150 km/h permitiendo además una carga de nieve de 40 kg/m².

Figura 38: Estructura del soporte de los paneles



Fuente: Sunfer Energy ([44])

8.3.4. Protecciones

La parte de corriente continua dispondrá de protección mediante fusibles y protección contra sobretensiones que vendrán integradas en el propio inversor. En el CGBT se instalarán las protecciones de corriente alterna, dotadas con interruptor magnetotérmico y protección diferencial.

8.3.5. Cableado

Por un lado, para la instalación de corriente continua se utilizará cable H1Z2Z2-K siguiendo la recomendación del fabricante. Y, por otro, para la instalación de corriente alterna, se utilizará cable RZ1-K (AS) 0,6/1kV cumpliendo con el REBT.

Además, todos los elementos metálicos de la instalación estarán conectados a la toma de tierra para protección contra contactos indirectos.

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

9. Estudio económico

En este apartado se realiza un análisis económico para determinar la viabilidad y rentabilidad del proyecto. Por un lado, se calcula el plazo de recuperación de la inversión (también conocido como “payback”), el cual permite conocer el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial que el proyecto conlleva. Y, por otro lado, también se calcula el VAN y el TIR, que son dos indicadores que evalúan la rentabilidad del proyecto.

Para realizar estos cálculos, se debe empezar por calcular el ahorro que la inversión producirá en el gasto energético del túnel. Al tratarse de dos instalaciones diferenciadas (alumbrado led e instalación fotovoltaica), se calculan los ahorros que producen cada una de ellas por separado, para más tarde calcular el ahorro total de toda la instalación.

Para calcular los ahorros pertinentes, se parte del consumo energético actual del túnel. Dado que el consumo depende de las condiciones meteorológicas del día (porque, como ya se explicó anteriormente, las luminarias se regulan en función de las condiciones lumínicas exteriores), se divide el cálculo del consumo de cada tubo del túnel en alumbrado soleado, nublado y nocturno, como se muestra a continuación.

Además, en cuanto al cálculo de la potencia instalada, en la OC 36/2015, se establece que se debe sumar las potencias de los equipos auxiliares, las cuales se calculan como la potencia nominal de la luminaria multiplicada por 1,1. Para ello, el valor de la potencia de los proyectores actuales ha sido solicitado a la empresa mantenedora del túnel.

Tabla 45: Consumo energético actual

	Encendido	Unidades	Pot. Unidad Instalada (W)	Pot. Total Instalada (kW)	Horas de funcionamiento	Consumo estimado (kWh/año)
Oeste	Soleado	199	440	87,56	2384	208.743,04
		22	275	6,05	2384	14.423,2
	Nublado	102	440	44,88	3779	169.601,52
		22	275	6,05	3779	22.862,95
	Nocturno	22	275	6,05	2597	15.711,85
Este	Soleado	199	440	87,56	2384	208.743,04
		22	275	6,05	2384	14.423,2
	Nublado	102	440	44,88	3779	169.601,52
		22	275	6,05	3779	22.862,95
	Nocturno	22	275	6,05	2597	15.711,85

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por la empresa mantenedora del túnel

De esta manera, sumando los consumos anuales, se determina el consumo anual de la situación actual. Además, a partir del coste de energía actual, se halla finalmente el coste energético anual de la instalación de alumbrado actual. Es importante explicar que se ha tomado 0,20 €/kWh como el coste de energía ya que, según el OMIE, este fue el precio medio de la energía en el año 2022 ([45]).

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Tabla 46: Coste energético anual

Consumo anual situación actual (kWh)	Coste energía actual (€/kWh)	Coste energético anual situación actual (€)
862.685	0,20 €	172.537 €

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del OMIE ([45])

9.1. Ahorro de la instalación de alumbrado

Para determinar cuánto ahorro conlleva la sustitución de las luminarias actuales por luminarias led, se calcula el consumo energético propuesto y se determina el ahorro hallando la diferencia con el actual.

De esta manera, y a partir del número y tipo de luminarias establecidas en la Tabla 28 y en la Tabla 29, se obtiene el siguiente consumo energético para el túnel de Valladares con las luminarias led definidas anteriormente.

Tabla 47: Consumo energético anual para la iluminación led propuesta

	Encendido	Unidades	Pot. Unidad Instalada (W)	Pot. Total Instalada (kW)	Horas de funcionamiento	Consumo estimado (kWh/año)
Oeste	Soleado	139	175,6	24,41	2384	58.189,63
		59	169,7	10,01	2384	23.869,32
		27	135	3,65	2384	8.689,68
		6	88,1	0,53	2384	1.260,18
	Nublado	139	87,8	12,20	3779	46.119,67
		59	84,85	5,01	3779	18.918,24
		27	67,5	1,82	3779	6.887,23
		6	44,05	0,26	3779	998,79
	Nocturno	21	74	1,55	2597	4.035,74
Este	Soleado	179	207,3	37,11	2384	88.462,37
		66	199	13,13	2384	31.311,46
		21	180,3	3,79	2384	9.026,54
		4	135	0,54	2384	1.287,36
	Nublado	179	103,65	18,55	3779	70.113,11
		66	99,5	6,57	3779	24.816,69
		21	90,15	1,89	3779	7.154,21
		4	67,5	0,27	3779	1.020,33
	Nocturno	21	74	1,55	2597	4.035,74

Fuente: Elaboración propia

**PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA**

Siguiendo el procedimiento anterior, se calcula el coste energético anual de la situación propuesta:

Tabla 48: Coste energético anual para la iluminación led propuesta

Consumo anual sustitución LED (kWh)	Coste energía actual (€/kWh)	Coste energético anual sustitución LED (€)
406.196	0,20 €	81.239 €

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del OMIE ([45])

Recapitulando, se obtendría el siguiente ahorro, calculado tanto en términos energéticos como económicos:

Tabla 49: Resumen ahorro energético anual para iluminación led

Consumo anual situación actual (MWh)	Consumo anual sustitución LED (MWh)	Ahorro energético anual (MWh)	Ahorro energético anual (%)
862,69	406,20	456,49	52,91 %
Coste energético anual situación actual (€)	Coste energético anual sustitución LED (€)	Ahorro económico anual (€)	Ahorro económico anual (%)
172.537,02 €	81.239,26 €	91.297,77 €	52,91 %

Fuente: Elaboración propia

9.2. Ahorro de la instalación fotovoltaica

Como ya se adelantó anteriormente, la instalación de una planta fotovoltaica conlleva una generación de energía fotovoltaica de 173.472 kWh. Si a lo que consume actualmente el túnel (Tabla 46) se le resta esta cifra, se obtiene lo que el túnel consumirá de la red eléctrica a partir de ahora:

Tabla 50: Coste energético anual para la instalación FV propuesta

Generación anual con planta FV (kWh)	Consumo anual con planta FV (kWh)	Coste energético anual con planta FV (€)
173.472	689.213	137.843 €

Fuente: Elaboración propia

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

En resumen, se obtendría el siguiente ahorro:

Tabla 51: Resumen ahorro energético anual para instalación FV

Consumo anual situación actual (MWh)	Consumo anual con planta FV (MWh)	Ahorro energético anual (MWh)	Ahorro energético anual (%)
862,69	689,21	173,47	20,11 %
Coste energético anual situación actual (€)	Coste energético anual con planta FV (€)	Ahorro económico anual (€)	Ahorro económico anual (%)
172.537,02 €	137.842,62 €	34.694,40 €	20,11 %

Fuente: Elaboración propia

9.3. Ahorro energético y económico total

Si se tienen en cuenta las dos instalaciones en conjunto, el alumbrado led y la solar fotovoltaica, se alcanzan los niveles de ahorro que se reflejan en las siguientes tablas.

Tabla 52: Ahorro energético total

Consumo anual situación actual (MWh)	Consumo anual sustitución LED (MWh)	Generación anual con planta FV (MWh)	Consumo anual situación propuesta (MWh)	Ahorro energético anual (MWh)	Ahorro energético anual (%)
862,69	406,20	173,47	232,72	629,96	73,02 %

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53: Ahorro económico total

Coste energético anual situación actual (€)	Coste energético anual situación propuesta (€)	Coste energía actual (€/MWh)	Ahorro económico anual (€)	Ahorro económico anual (%)
172.537,02 €	46.544,86 €	200,00 €	125.992,17 €	73,02 %

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- $\text{Consumo anual s. propuesta} = \text{Consumo anual LED} - \text{Generación anual FV}$
- $\text{Ahorro energético anual (MWh)} = \text{Consumo anual actual} - \text{Consumo anual s. propuesta}$
- $\text{Ahorro energético anual (\%)} = \frac{\text{Consumo anual actual} - \text{Consumo anual s. propuesta}}{\text{Consumo anual actual}}$

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

9.4. Payback

El payback es el plazo de recuperación de una inversión. De esta manera, su valor indica cuánto tiempo le hace falta al inversor para recuperar su desembolso inicial. Para calcular el payback se llevan a cabo estos pasos:

1. Cálculo de la **inversión prevista**, cuyo valor se desglosa en la parte del presupuesto (Documento 4. Presupuesto). Se calcula sumando todos los costes de inversión previstos, tanto para la instalación de iluminación led como para de la planta fotovoltaica.
2. Estimación de los **flujos de efectivo** a lo largo de la vida útil del túnel sabiendo que con la instalación propuesta se ahorran 125.992,17 € anuales.
3. Cálculo de los **flujos acumulativos**. Esto se hace restando el ahorro anual a la inversión pendiente de recuperar, a lo largo de los años.
4. Identificación del **punto en el que los flujos pasan de negativos a positivos** porque esto implica que el inversor ya habrá recuperado su dinero.

Así, se calcula:

Tabla 54: Cálculo del payback

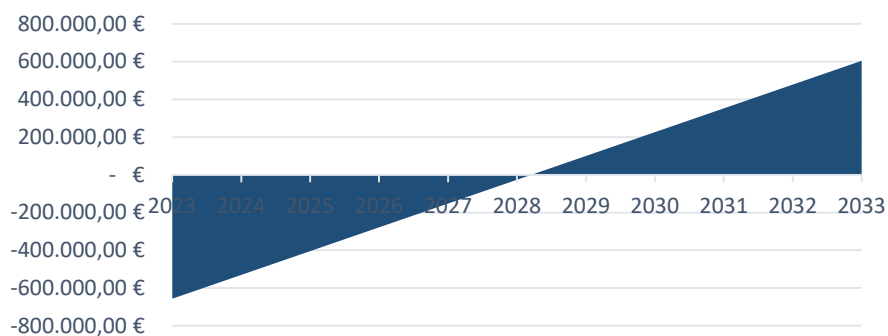
Año	0	1	2	3	4
Inversión estimada	-656.286 €				
Ahorro		125.992 €	125.992 €	125.992 €	125.992 €
Amortización	-656.286 €	-530.293 €	-404.301 €	-278.309 €	-152.317 €

Año	5	6	7	8	9	10
Inversión estimada						
Ahorro	125.992 €	125.992 €	125.992 €	125.992 €	125.992 €	125.992 €
Amortización	-26.325 €	99.666 €	225.659 €	351.651 €	477.643 €	603.635 €

Fuente: Elaboración propia

Tal y como se observa, la inversión se recupera entre el año 5 y 6, más concretamente, en 5 años, 2 meses y 15 días desde el momento de la inversión. Así, si se supone que la inversión se realiza en el año 2023, la inversión se recuperaría en marzo de 2029.

Figura 39: Payback



Fuente: Elaboración propia

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

9.5. VAN

El valor actual neto (VAN) es una métrica financiera que sirve para determinar la rentabilidad de una inversión al tener en cuenta el valor del dinero en el tiempo. Esto quiere decir que los flujos de efectivo esperados a lo largo de los años se descuentan a su valor presente, lo que refleja la idea de que la misma cantidad de dinero vale más hoy que en el futuro. Así, el VAN se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$VAN = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t}$$

Donde:

- $I_o \equiv$ inversión inicial
- $F_t \equiv$ flujos de caja en cada uno de los n años
- $i \equiv$ tipo de interés o tasa de descuento
- $t \equiv$ año

El valor del VAN se interpreta de la siguiente manera:

- $VAN > 0$: el proyecto producirá beneficios por encima del tipo de interés (i), lo que significa que se aconseja invertir en el proyecto.
- $VAN = 0$: el proyecto no generará ni beneficios ni pérdidas.
- $VAN < 0$: el proyecto no generará suficientes flujos de efectivo para superar el tipo de interés, por lo que no se aconseja invertir en él.

Así:

$$VAN = -656.286 \text{ €} + \sum_{t=1}^{10} \frac{125.992 \text{ €}}{(1+6\%)^t} = 255.686,14 \text{ €}$$

Su carácter positivo hace que el proyecto sí sea rentable y, por ello, **se aconseja invertir en él**.

9.6. TIR

La tasa interna de retorno (TIR) es otra métrica financiera para evaluar la rentabilidad de una inversión. Sirve para hallar la tasa de interés que iguala la inversión inicial con todos los flujos de caja a recibir en el futuro, provocando así que su VAN sea nulo.

Se calcula siguiendo la ecuación:

$$VAN = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = 0$$

Donde:

- $I_o \equiv$ inversión inicial
- $F_t \equiv$ flujos de caja en cada uno de los n años
- $t \equiv$ año

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

Su valor se interpreta de la siguiente manera:

- $TIR > i$: el proyecto es rentable por lo que se aconseja invertir en él.
- $TIR = i$: el proyecto no generará ni beneficios ni pérdidas.
- $TIR < i$: el proyecto no es rentable por lo que no se debe invertir en él.

En este caso, se obtiene que $TIR=14\%$, que es mayor al tipo de interés aplicado en el cálculo del VAN (6%), por lo que **sí se aconseja invertir** en el proyecto propuesto.

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

10. Anexos

Anexo I. Cálculos lumínicos

Cálculos Luminicos - Sentido Oeste

Proyecto de ejecución de una planta solar fotovoltaica e
instalación de iluminación LED en un túnel de carretera



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

Índice

Cálculos Luminicos - Sentido Oeste

Portada del proyecto	1
Índice	2
Nocturno-Permanente	
Datos de planificación	7
Lista de luminarias	9
Resultados luminotécnicos	10
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Isolíneas (E)	11
Gama de grises (E)	12
Gráfico de valores (E)	13
Observador	
Observador 1	
Isolíneas (L)	14
Observador 2	
Isolíneas (L)	15
Observador 3	
Isolíneas (L)	16
LTH1 Soleado	
Datos de planificación	17
Lista de luminarias	19
Resultados luminotécnicos	20
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Observador	
Observador 1	
Isolíneas (L)	21
Observador 2	
Isolíneas (L)	22
Observador 3	
Isolíneas (L)	23
LTH2 Soleado	
Datos de planificación	24
Lista de luminarias	26
Resultados luminotécnicos	27
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Observador	
Observador 1	
Isolíneas (L)	28
Observador 2	
Isolíneas (L)	29
Observador 3	
Isolíneas (L)	30
LTR1 Soleado	
Datos de planificación	31
Lista de luminarias	33
Resultados luminotécnicos	34
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Observador	
Observador 1	
Isolíneas (L)	35



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

Índice

Observador 2	
Isolíneas (L)	36
Observador 3	
Isolíneas (L)	37
LTR2 Soleado	
Datos de planificación	38
Lista de luminarias	40
Resultados luminotécnicos	41
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Observador	
Observador 1	
Isolíneas (L)	42
Observador 2	
Isolíneas (L)	43
Observador 3	
Isolíneas (L)	44
LTR3 Soleado	
Datos de planificación	45
Lista de luminarias	47
Resultados luminotécnicos	48
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Observador	
Observador 1	
Isolíneas (L)	49
Observador 2	
Isolíneas (L)	50
Observador 3	
Isolíneas (L)	51
LTR4 Soleado	
Datos de planificación	52
Lista de luminarias	54
Resultados luminotécnicos	55
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Observador	
Observador 1	
Isolíneas (L)	56
Observador 2	
Isolíneas (L)	57
Observador 3	
Isolíneas (L)	58
LTR5 Soleado	
Datos de planificación	59
Lista de luminarias	61
Resultados luminotécnicos	62
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Observador	
Observador 1	
Isolíneas (L)	63
Observador 2	
Isolíneas (L)	64



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

Índice

Observador 3	
Isolíneas (L)	65
LTH1 Nublado	
Datos de planificación	66
Lista de luminarias	68
Resultados luminotécnicos	69
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Observador	
Observador 1	
Isolíneas (L)	70
Observador 2	
Isolíneas (L)	71
Observador 3	
Isolíneas (L)	72
LTH2 Nublado	
Datos de planificación	73
Lista de luminarias	75
Resultados luminotécnicos	76
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Observador	
Observador 1	
Isolíneas (L)	77
Observador 2	
Isolíneas (L)	78
Observador 3	
Isolíneas (L)	79
LTR1 Nublado	
Datos de planificación	80
Lista de luminarias	82
Resultados luminotécnicos	83
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Observador	
Observador 1	
Isolíneas (L)	84
Observador 2	
Isolíneas (L)	85
Observador 3	
Isolíneas (L)	86
LTR2 Nublado	
Datos de planificación	87
Lista de luminarias	89
Resultados luminotécnicos	90
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Observador	
Observador 1	
Isolíneas (L)	91
Observador 2	
Isolíneas (L)	92
Observador 3	
Isolíneas (L)	93



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

Índice

LTR3 Nublado	
Datos de planificación	94
Lista de luminarias	96
Resultados luminotécnicos	97
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Observador	
Observador 1	
Isolíneas (L)	98
Observador 2	
Isolíneas (L)	99
Observador 3	
Isolíneas (L)	100
LTR4 Nublado	
Datos de planificación	101
Lista de luminarias	103
Resultados luminotécnicos	104
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Observador	
Observador 1	
Isolíneas (L)	105
Observador 2	
Isolíneas (L)	106
Observador 3	
Isolíneas (L)	107
LTR5 Nublado	
Datos de planificación	108
Lista de luminarias	110
Resultados luminotécnicos	111
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Observador	
Observador 1	
Isolíneas (L)	112
Observador 2	
Isolíneas (L)	113
Observador 3	
Isolíneas (L)	114
Alumbrado emergencia (NO SE USA, NO NECESARIO)	
Datos de planificación	115
Lista de luminarias	117
Resultados luminotécnicos	118
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Observador	
Observador 1	
Isolíneas (L)	119
Observador 2	
Isolíneas (L)	120
Observador 3	
Isolíneas (L)	121
Alumbrado evacuación (NO SE USA, NO NECESARIO)	
Datos de planificación	122



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

Índice

Lista de luminarias	124
Resultados luminotécnicos	125



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

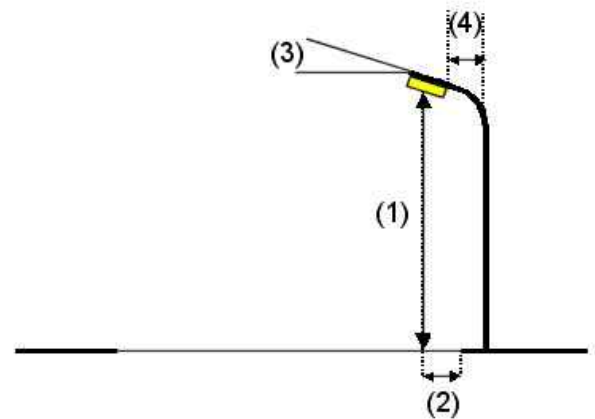
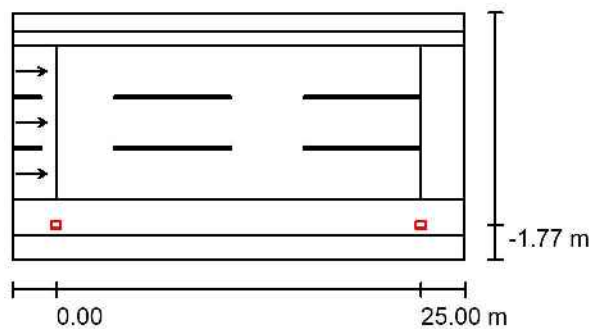
Nocturno-Permanente / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1 (Anchura: 1.240 m)
Arcén (Anchura: 1.000 m)
Calzada 1 (Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén (Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2 (Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U. BRG-0003-74W
Flujo luminoso (Luminaria): 9989 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 9989 lm
Potencia de las luminarias: 74.0 W
Organización: unilateral abajo
Distancia entre mástiles: 25.000 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.408 m
Saliente sobre la calzada (2): -1.750 m
Inclinación del brazo (3): 10.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 711 cd/klm
con 80°: 259 cd/klm
con 90°: 30 cd/klm

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

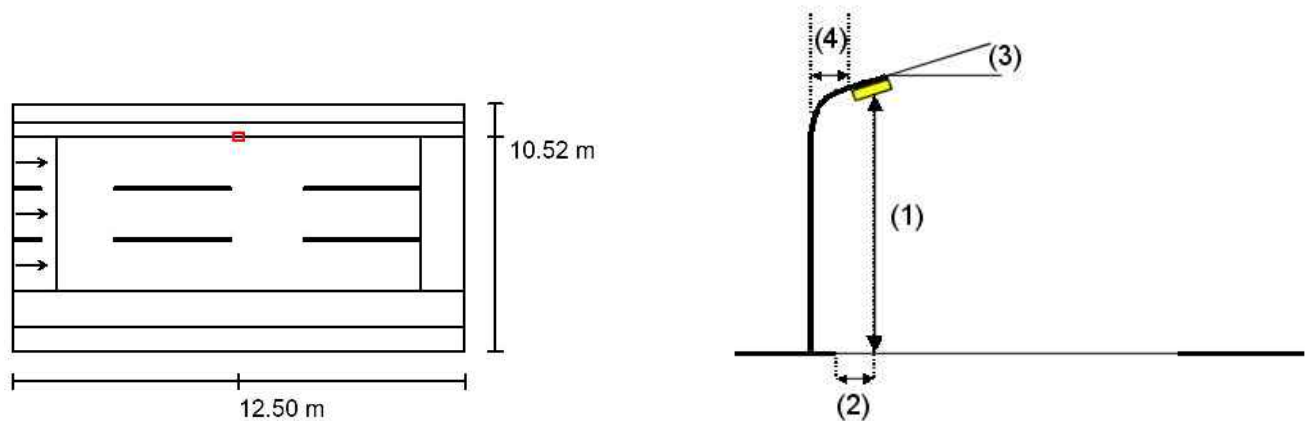
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.2.



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

Nocturno-Permanente / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U. BRG-0003-74W
Flujo luminoso (Luminaria): 9989 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 9989 lm
Potencia de las luminarias: 74.0 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 25.000 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.408 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 10.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 711 cd/klm
con 80°: 259 cd/klm
con 90°: 30 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.2.

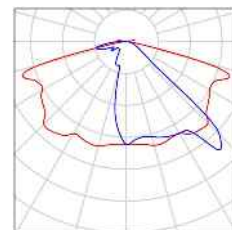


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

Nocturno-Permanente / Lista de luminarias

SETGA S.L.U. BRG-0003-74W
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 9989 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 9989 lm
Potencia de las luminarias: 74.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 38 71 94 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección 1.000).

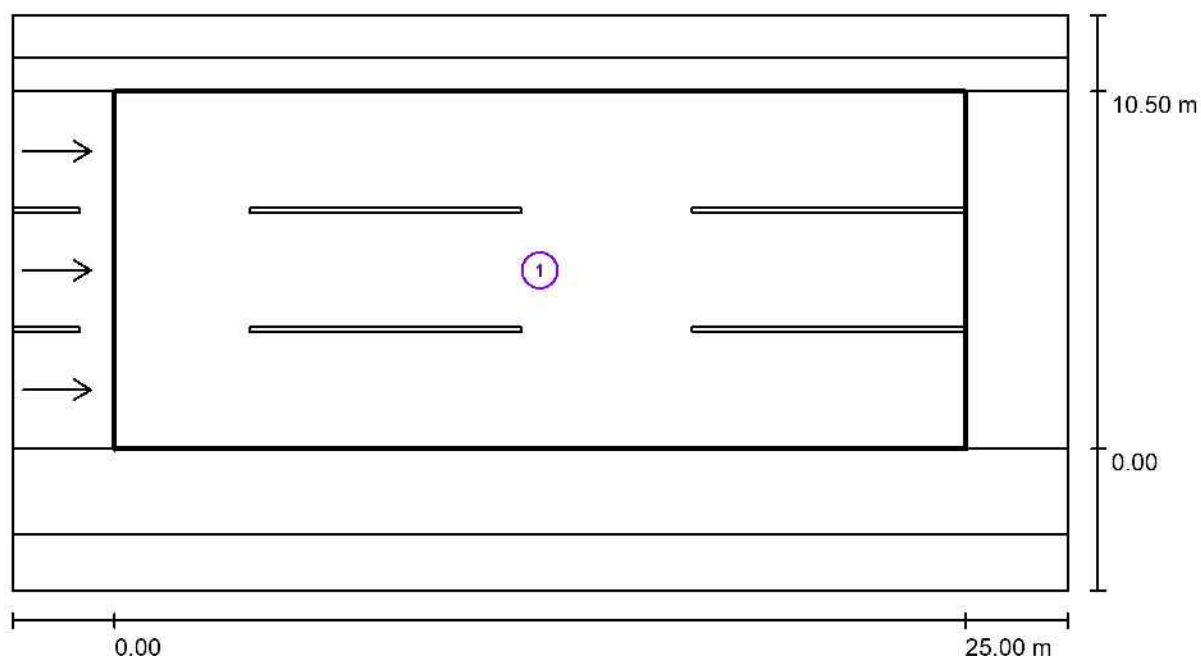
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

Nocturno-Permanente / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:222

Lista del recuadro de evaluación

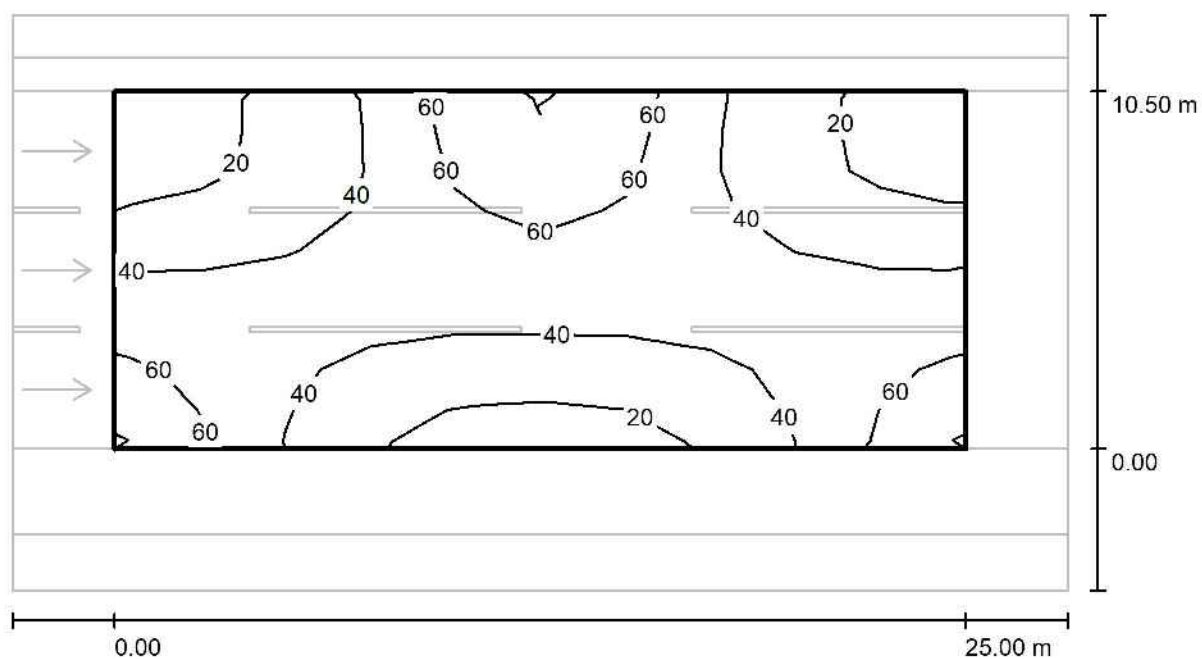
- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
Longitud: 25.000 m, Anchura: 10.500 m
Trama: 10 x 9 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
2.40	0.56	0.56	14	0.37



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

Nocturno-Permanente / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 222

Trama: 10 x 9 Puntos

E_m [lx]
41

E_{min} [lx]
14

E_{max} [lx]
81

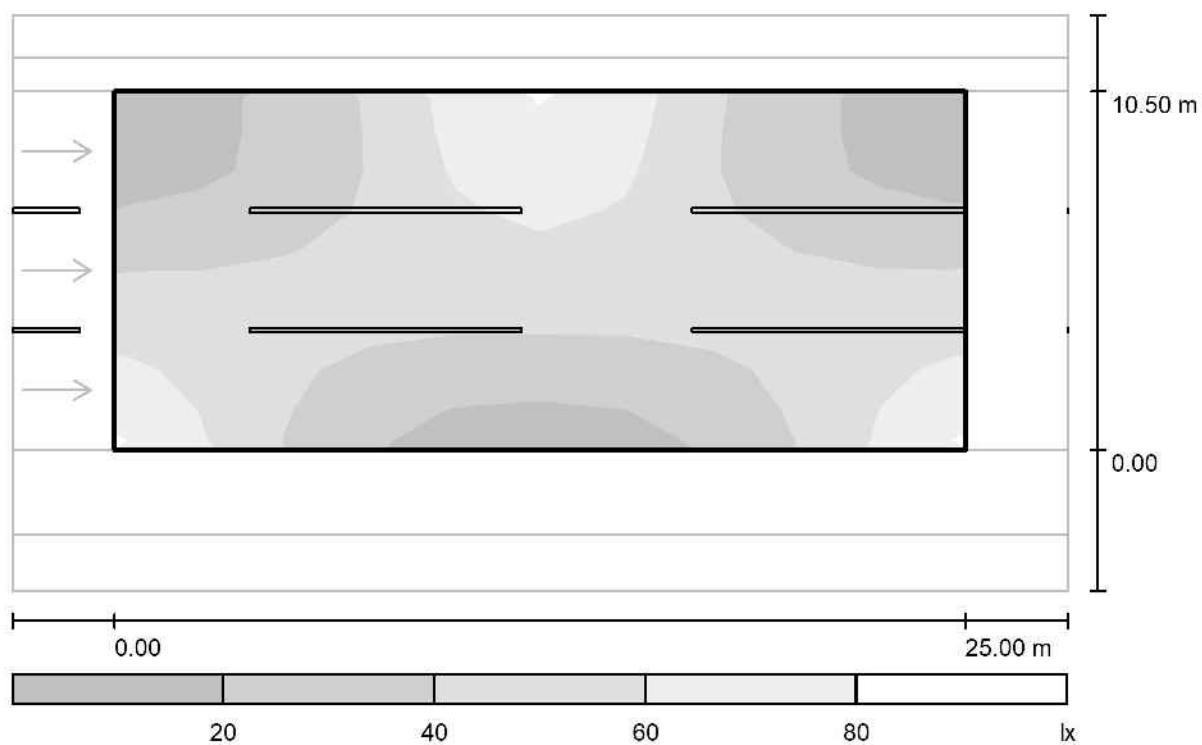
E_{min} / E_m
0.331

E_{min} / E_{max}
0.168



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

Nocturno-Permanente / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Gama de grises (E)



Escala 1 : 222

Trama: 10 x 9 Puntos

E_m [lx]
41

E_{min} [lx]
14

E_{max} [lx]
81

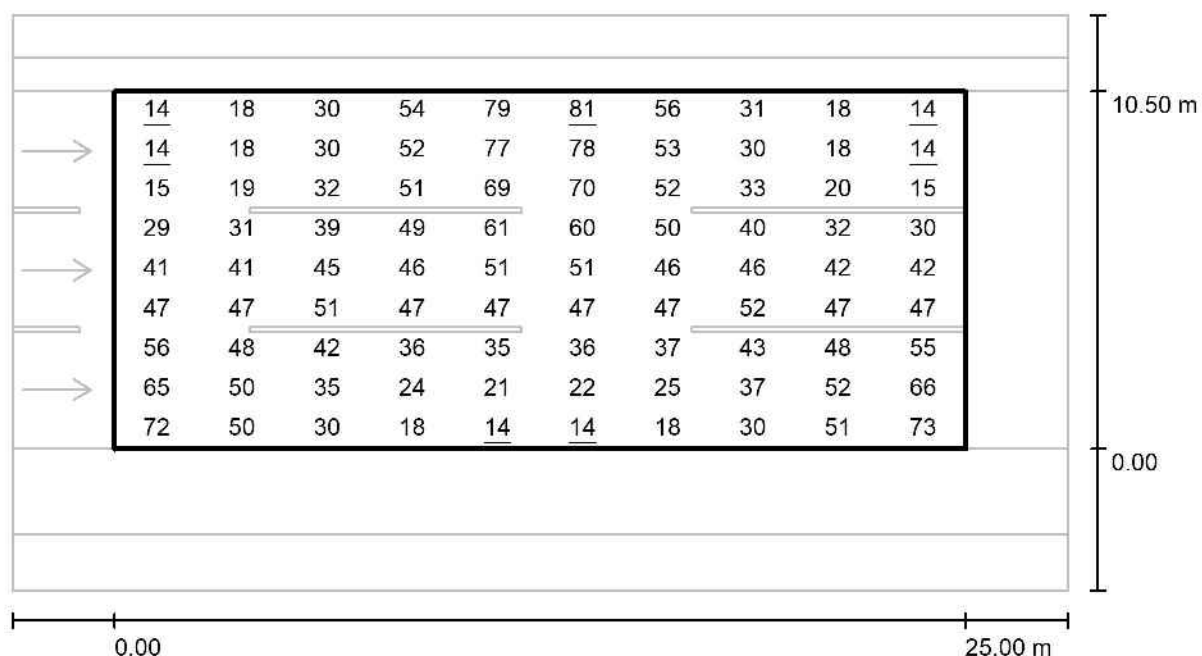
E_{min} / E_m
0.331

E_{min} / E_{max}
0.168



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

Nocturno-Permanente / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 222

Trama: 10 x 9 Puntos

E_m [lx]
41

E_{min} [lx]
14

E_{max} [lx]
81

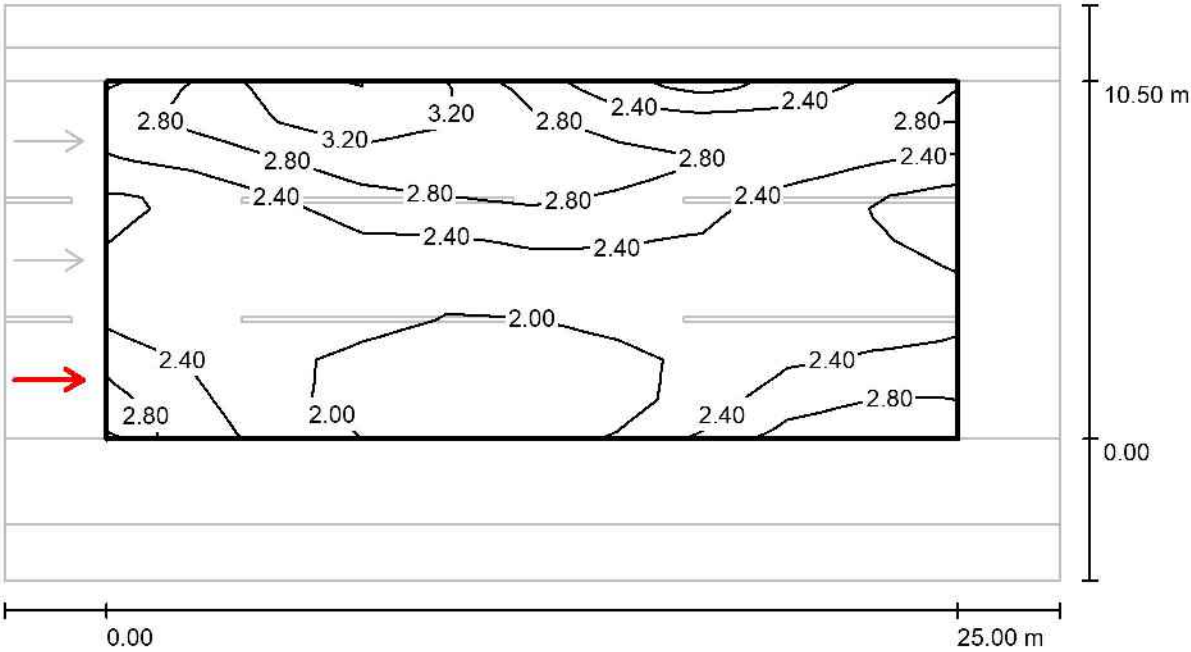
E_{min} / E_m
0.331

E_{min} / E_{max}
0.168



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

Nocturno-Permanente / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 222

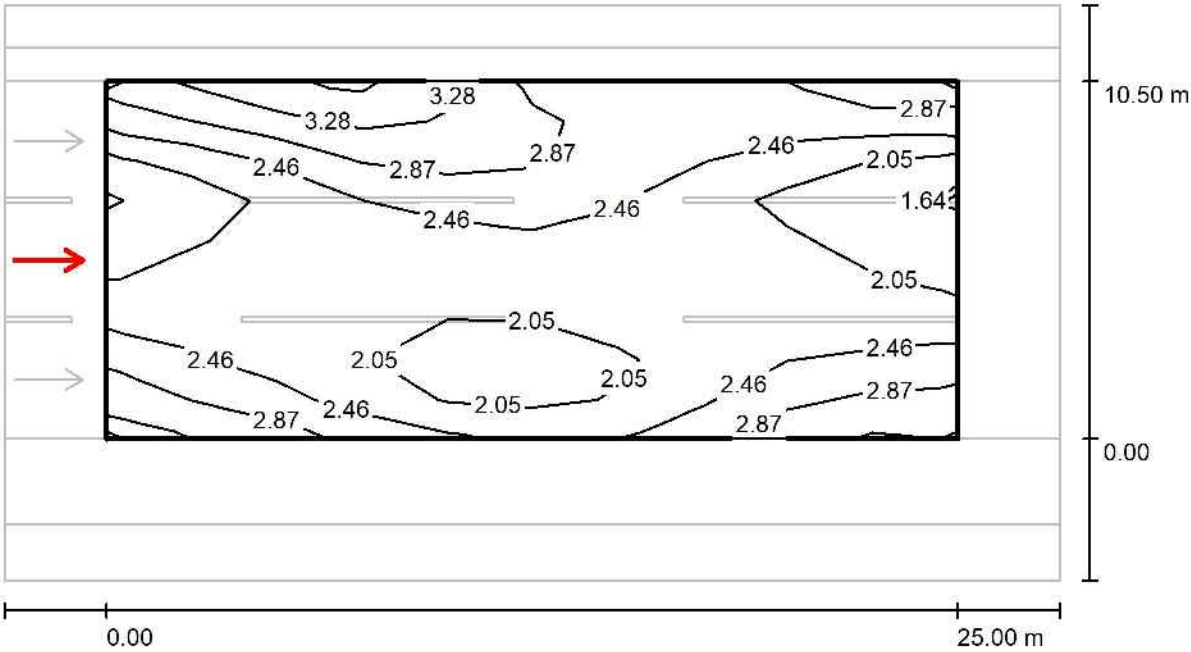
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
2.40	0.62	0.56	14



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

Nocturno-Permanente / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 222

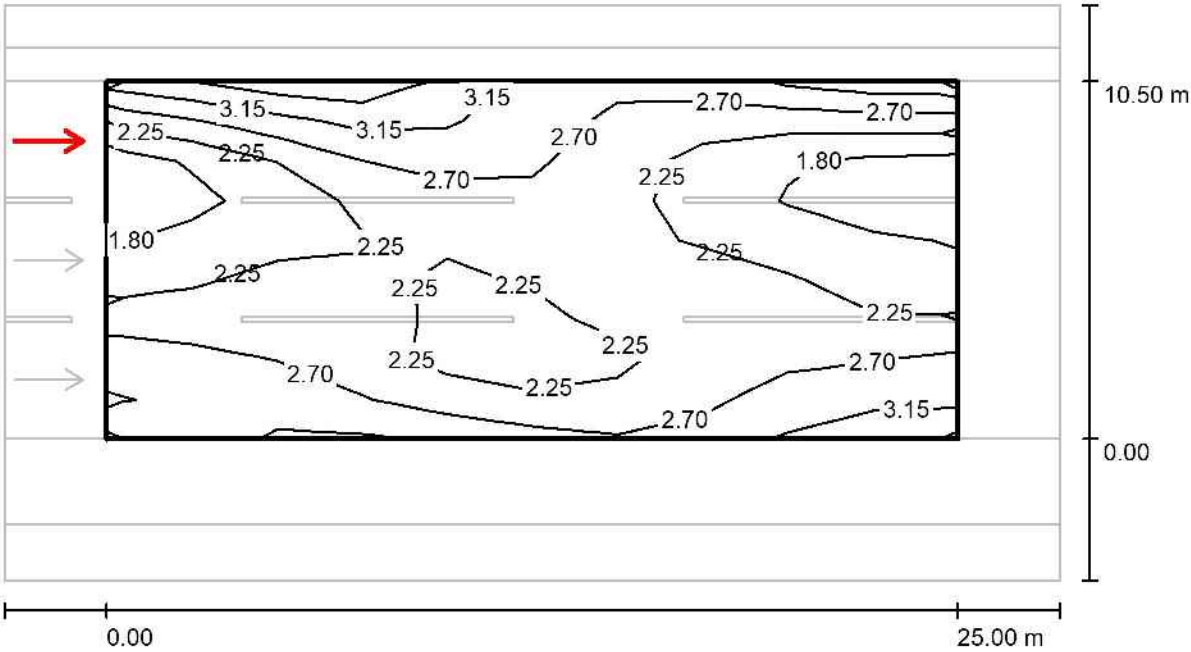
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
2.42	0.64	0.86	13



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

Nocturno-Permanente / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 222

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 8.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
2.45	0.56	0.62	14



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

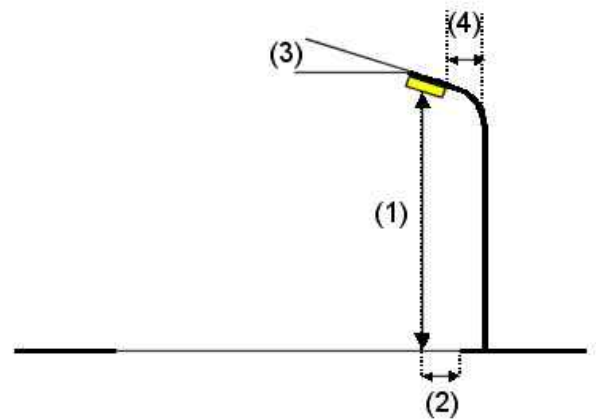
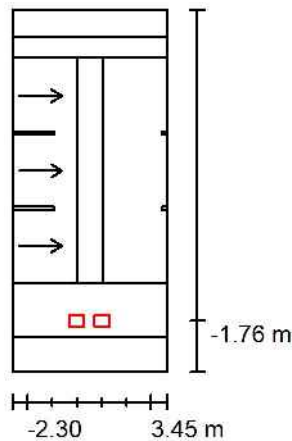
LTH1 Soleado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1 (Anchura: 1.240 m)
Arcén (Anchura: 1.000 m)
Calzada 1 (Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén (Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2 (Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-175W
Flujo luminoso (Luminaria): 22070 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 22070 lm
Potencia de las luminarias: 175.6 W
Organización: unilateral abajo
Distancia entre mástiles: 1.150 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): -1.750 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

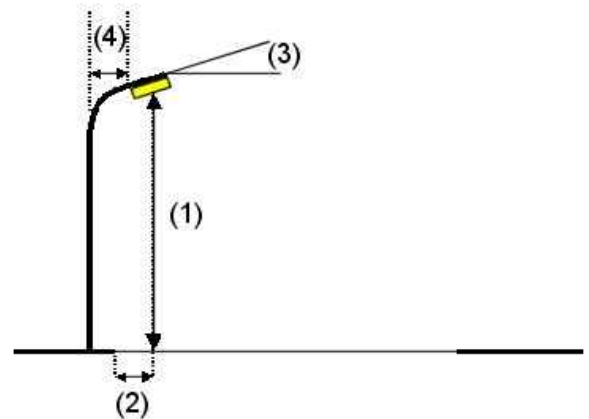
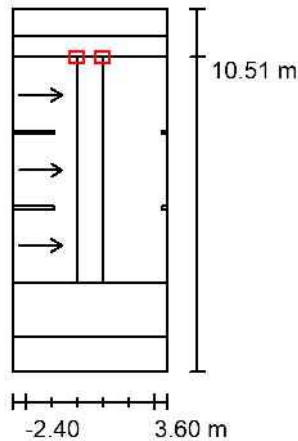
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.0.



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH1 Soleado / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-175W
Flujo luminoso (Luminaria): 22070 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 22070 lm
Potencia de las luminarias: 175.6 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 1.200 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.0.

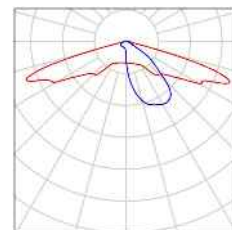


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH1 Soleado / Lista de luminarias

SETGA S.L.U BRG-0039-175W
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 22070 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 22070 lm
Potencia de las luminarias: 175.6 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 25 59 93 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección 1.000).

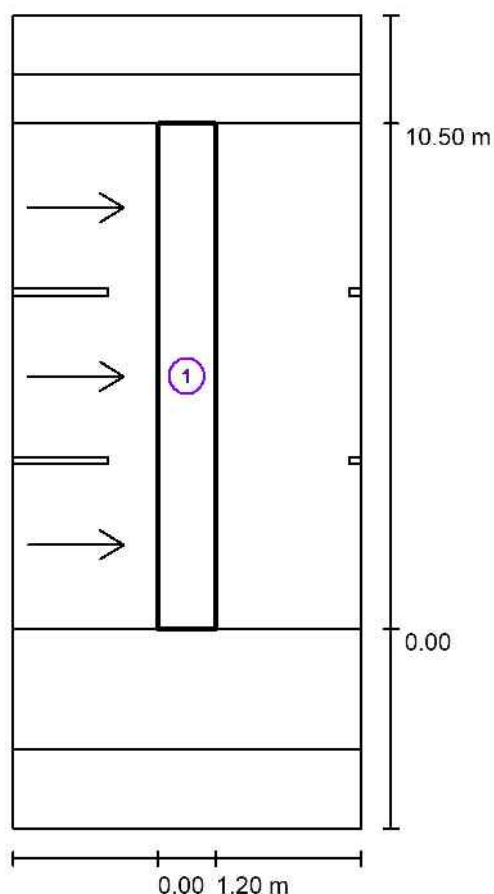
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH1 Soleado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:157

Lista del recuadro de evaluación

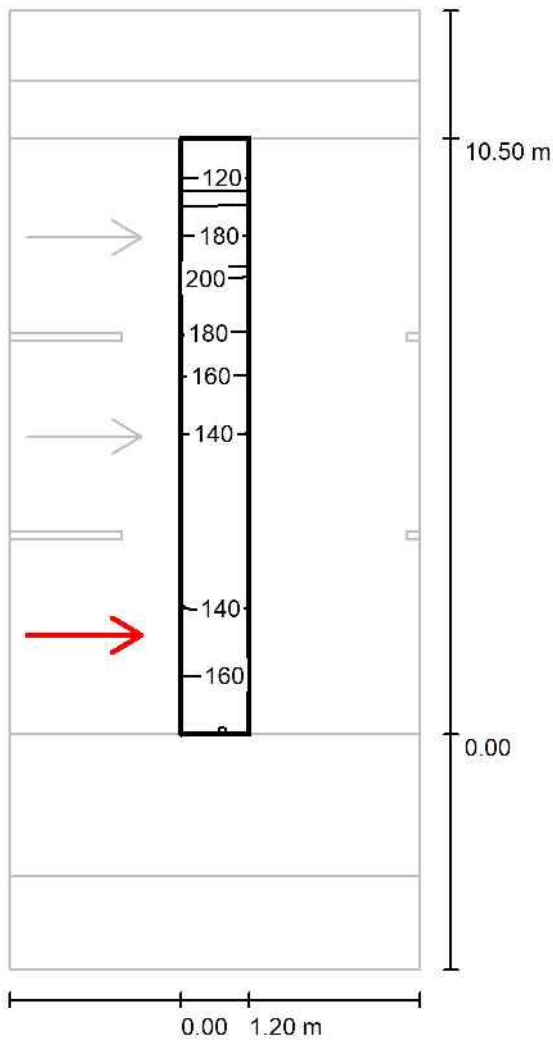
- Recuadro de evaluación Calzada 1
Longitud: 1.200 m, Anchura: 10.500 m
Trama: 10 x 9 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
153.79	0.71	1.00	14	0.22



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH1 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



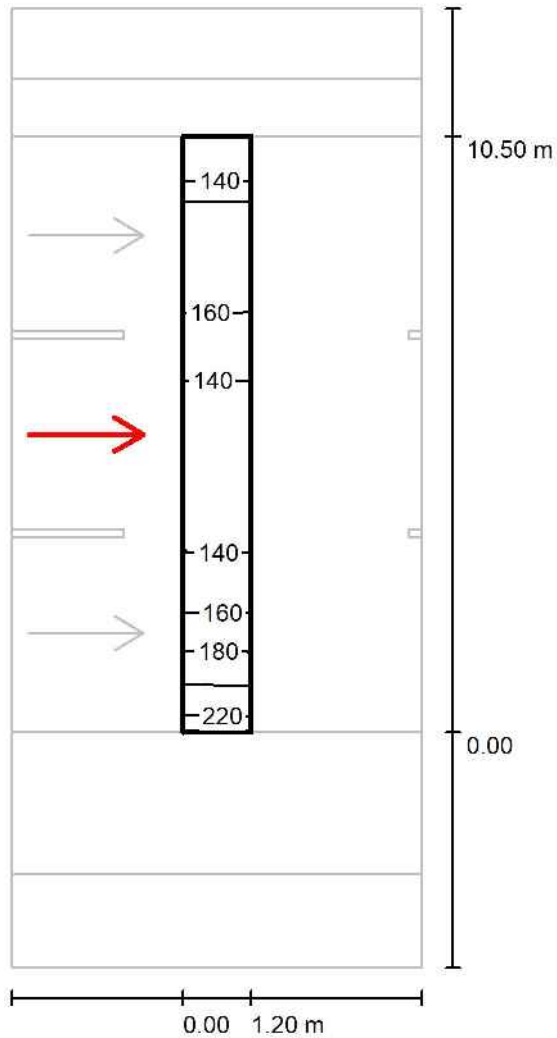
Valores en Candela/m², Escala 1 : 133

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
153.79	0.71	1.00	14

Proyecto elaborado por Rocio Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH1 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)

Valores en Candela/m², Escala 1 : 133

Trama: 10 x 9 Puntos

Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)

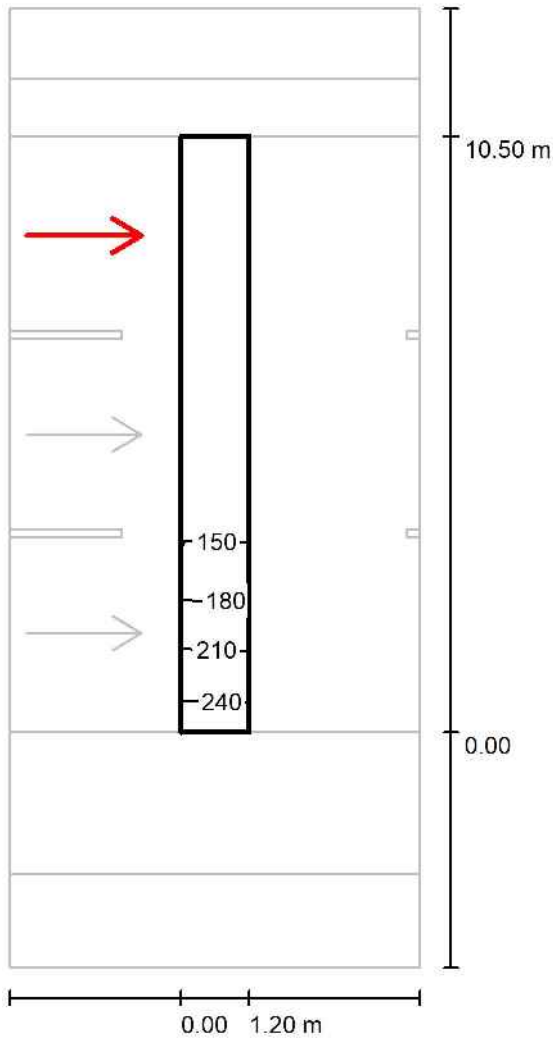
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m ²]	U0	U1	TI [%]
155.23	0.83	1.00	14



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH1 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 133

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 8.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
157.87	0.81	1.00	14

Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

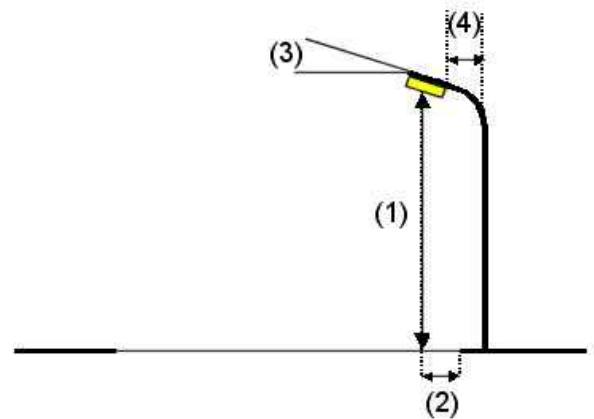
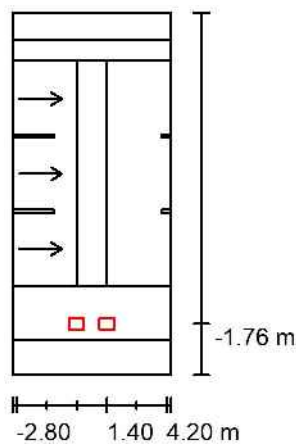
LTH2 Soleado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1 (Anchura: 1.240 m)
Arcén (Anchura: 1.000 m)
Calzada 1 (Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén (Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2 (Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-169W
Flujo luminoso (Luminaria): 21324 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 21324 lm
Potencia de las luminarias: 169.7 W
Organización: unilateral abajo
Distancia entre mástiles: 1.400 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): -1.750 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

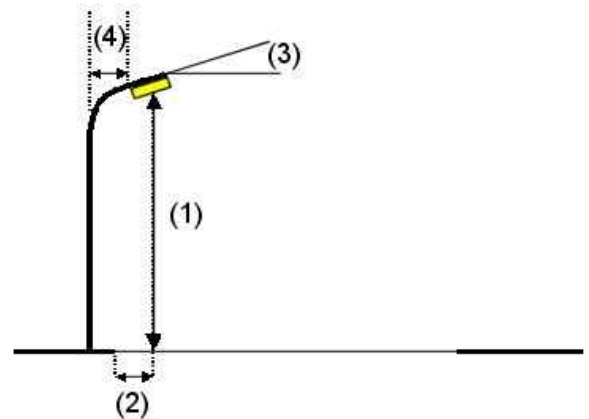
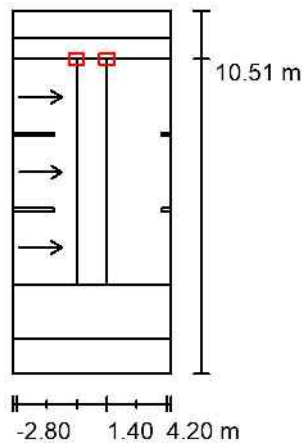
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.0.



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH2 Soleado / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-169W
Flujo luminoso (Luminaria): 21324 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 21324 lm
Potencia de las luminarias: 169.7 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 1.400 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.0.

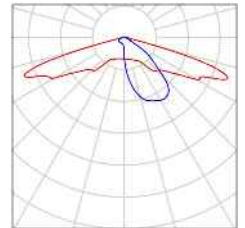


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH2 Soleado / Lista de luminarias

SETGA S.L.U BRG-0039-169W
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 21324 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 21324 lm
Potencia de las luminarias: 169.7 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 25 59 93 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección 1.000).

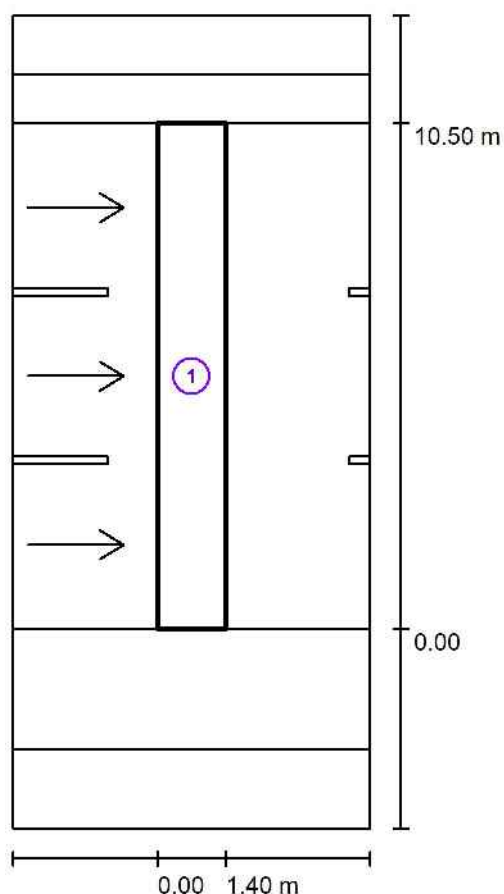
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

LTH2 Soleado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:157

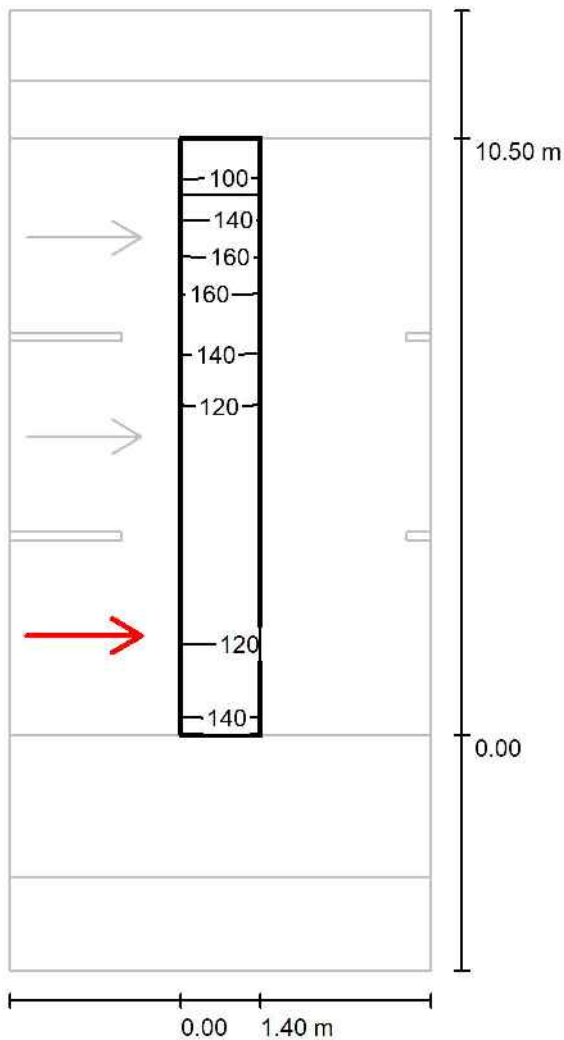
Lista del recuadro de evaluación

- Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 1.400 m, Anchura: 10.500 m
 Trama: 10 x 9 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
 Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
125.25	0.72	1.00	14	0.22

Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH2 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



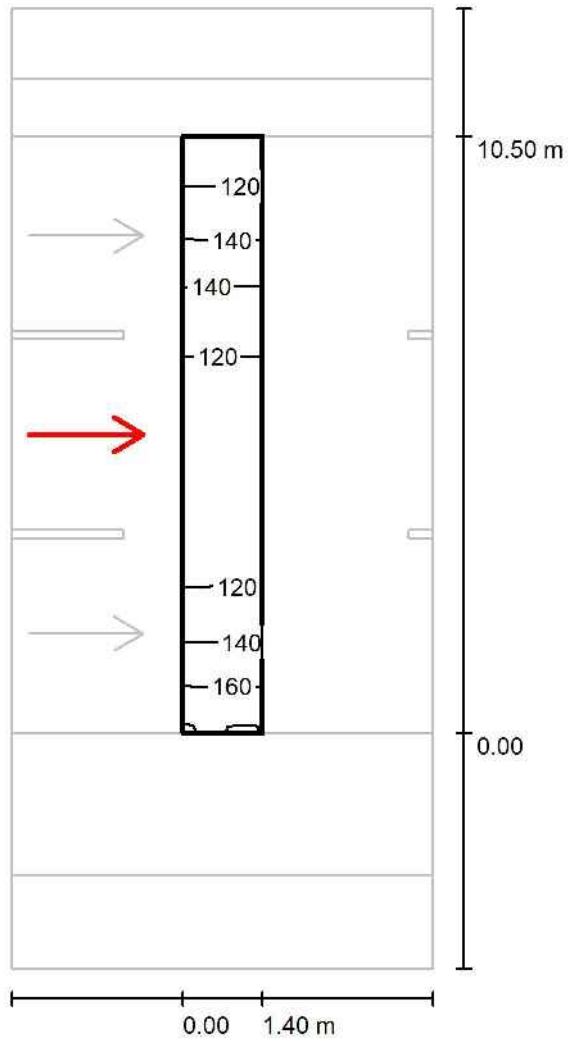
Valores en Candela/m², Escala 1 : 133

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
125.25	0.72	1.00	14

Proyecto elaborado por Rocio Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH2 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)

Valores en Candela/m², Escala 1 : 133

Trama: 10 x 9 Puntos

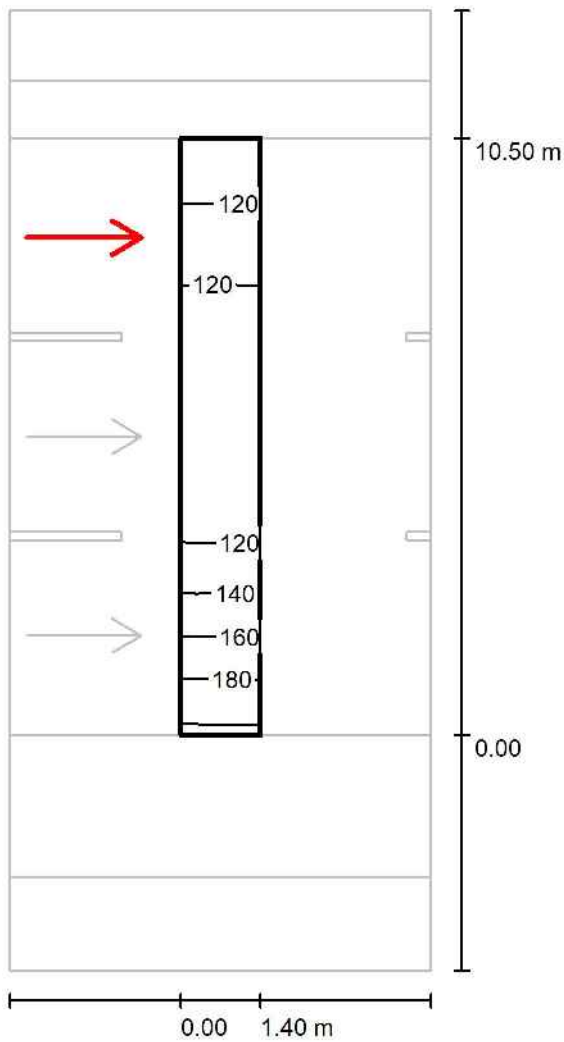
Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m ²]	U0	U1	TI [%]
126.11	0.82	1.00	14

Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH2 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 133

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 8.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
127.91	0.81	1.00	14



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

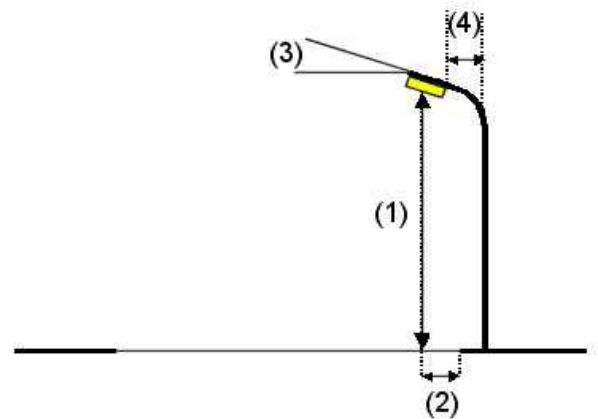
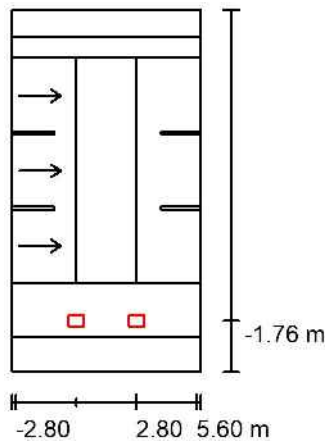
LTR1 Soleado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1 (Anchura: 1.240 m)
Arcén (Anchura: 1.000 m)
Calzada 1 (Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén (Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2 (Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-169W
Flujo luminoso (Luminaria): 21324 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 21324 lm
Potencia de las luminarias: 169.7 W
Organización: unilateral abajo
Distancia entre mástiles: 2.800 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): -1.750 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

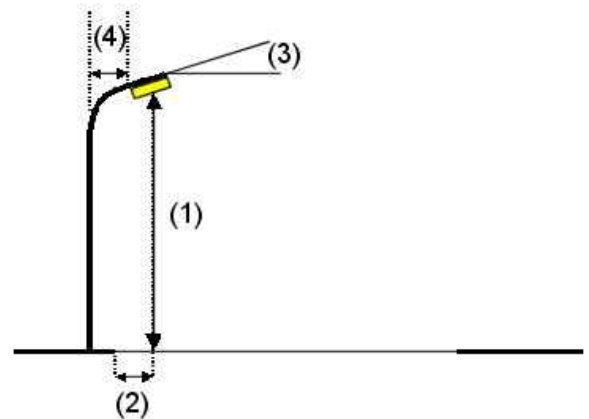
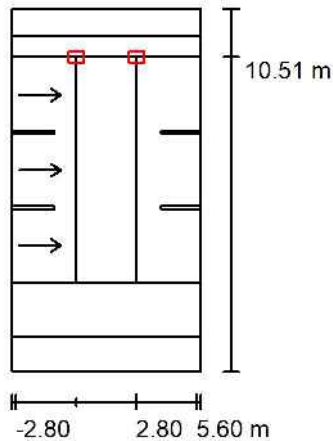
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.0.



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR1 Soleado / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-169W
Flujo luminoso (Luminaria): 21324 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 21324 lm
Potencia de las luminarias: 169.7 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 2.800 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.0.

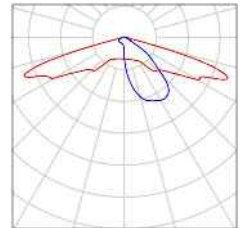


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR1 Soleado / Lista de luminarias

SETGA S.L.U BRG-0039-169W
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 21324 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 21324 lm
Potencia de las luminarias: 169.7 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 25 59 93 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección 1.000).

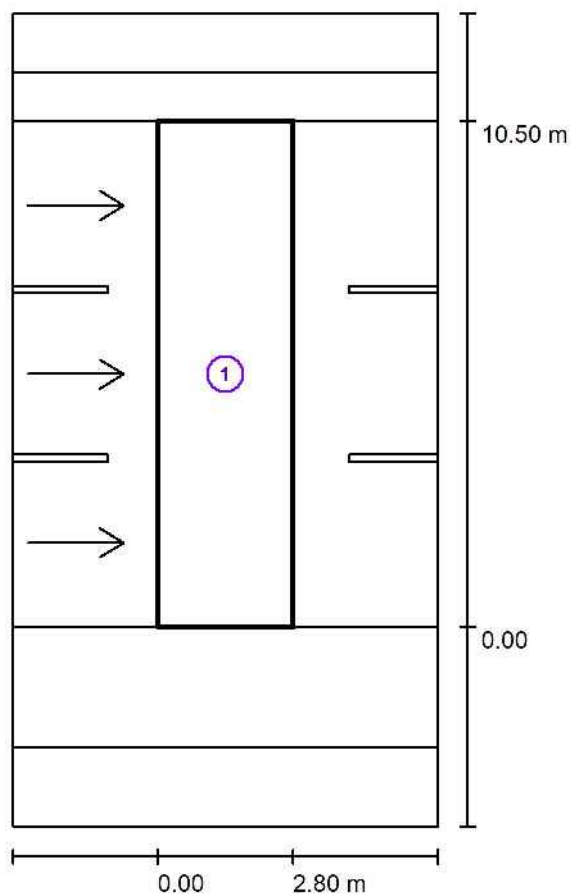
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

LTR1 Soleado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:157

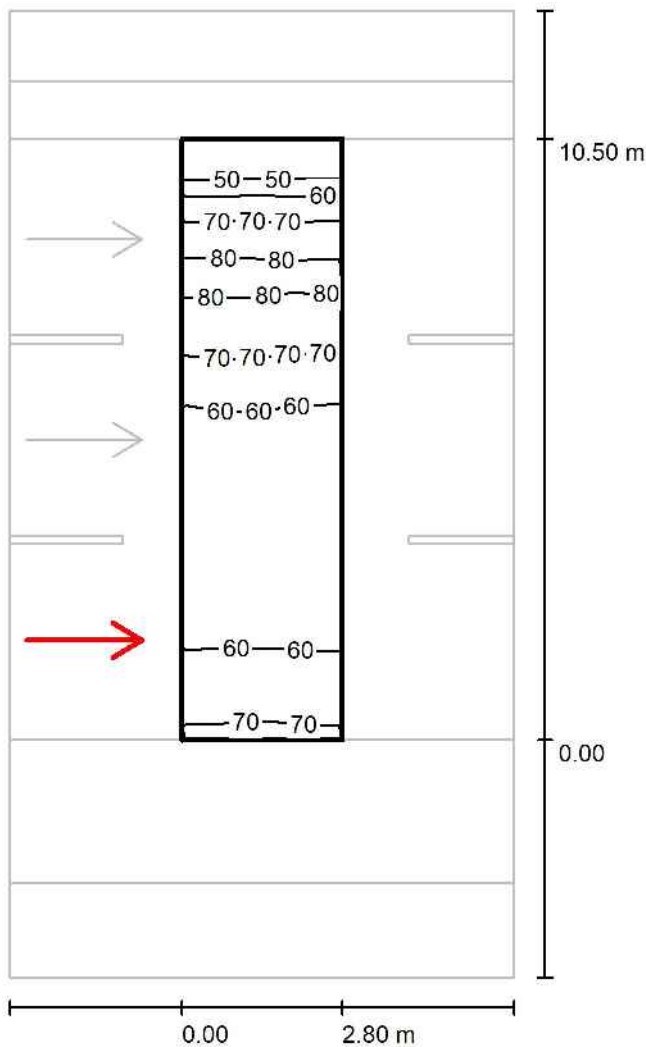
Lista del recuadro de evaluación

- Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 2.800 m, Anchura: 10.500 m
 Trama: 10 x 9 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
 Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
62.58	0.72	0.99	/	0.22

Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR1 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

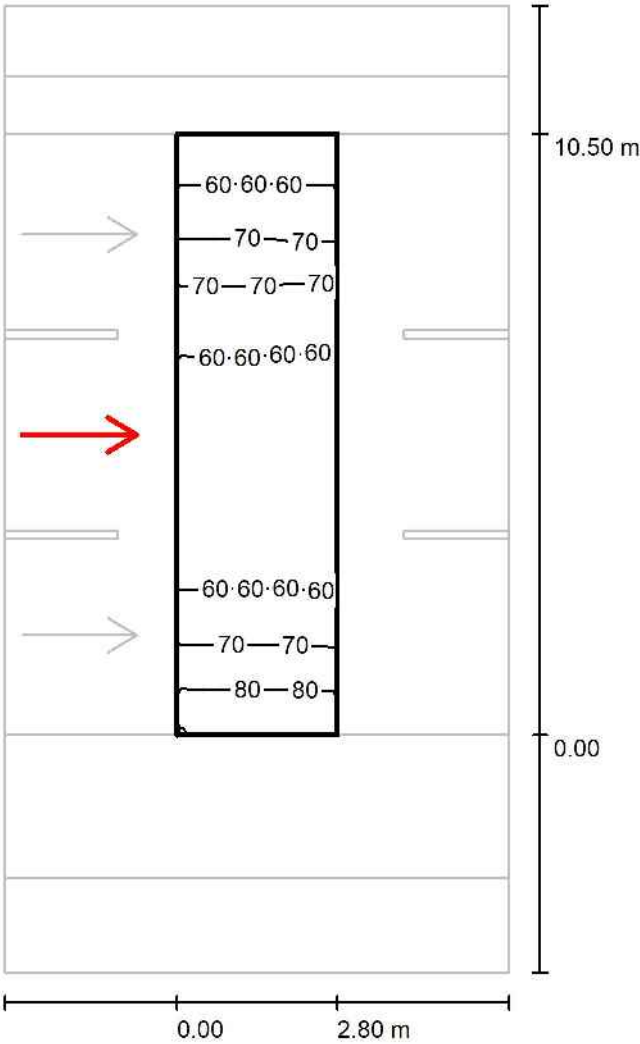
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
62.58	0.72	0.99	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR1 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
62.99	0.82	0.99	/

LTR1 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



L_m [cd/m ²]	U0	U1	TI [%]
63.88	0.81	0.99	/

Proyecto elaborado por Rocio Píris de la Peña
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

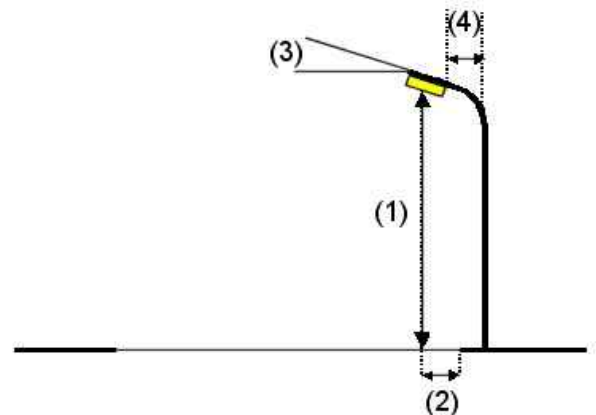
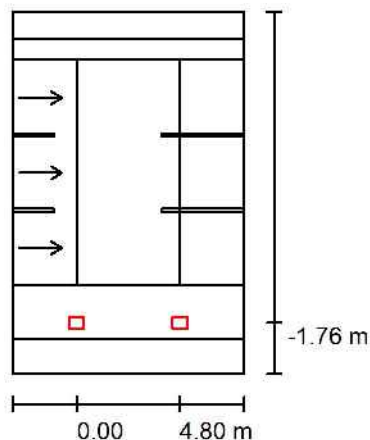
LTR2 Soleado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1	(Anchura: 1.240 m)
Arcén	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén	(Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2	(Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	SETGA S.L.U BRG-0039-135W
Flujo luminoso (Luminaria):	16952 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	16952 lm
Potencia de las luminarias:	135.0 W
Organización:	unilateral abajo
Distancia entre mástiles:	4.800 m
Altura de montaje (1):	5.500 m
Altura del punto de luz:	5.407 m
Saliente sobre la calzada (2):	-1.750 m
Inclinación del brazo (3):	5.0 °
Longitud del brazo (4):	0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica	
con 70°:	1561 cd/klm
con 80°:	142 cd/klm
con 90°:	28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

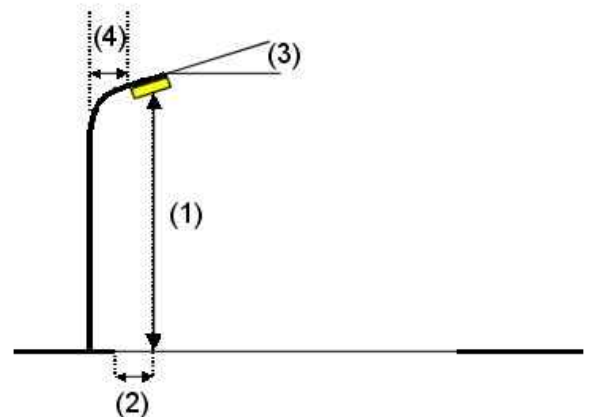
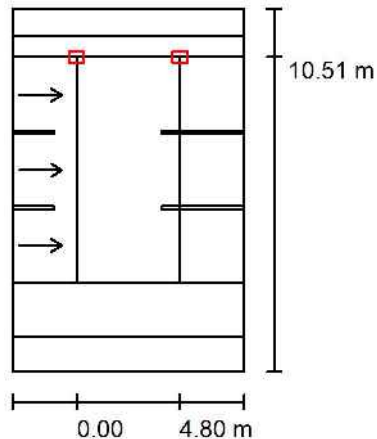
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.1.



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR2 Soleado / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-135W
Flujo luminoso (Luminaria): 16952 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16952 lm
Potencia de las luminarias: 135.0 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 4.800 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.1.

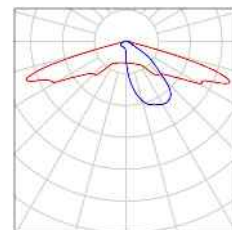


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR2 Soleado / Lista de luminarias

SETGA S.L.U BRG-0039-135W
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 16952 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16952 lm
Potencia de las luminarias: 135.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 25 59 93 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección 1.000).

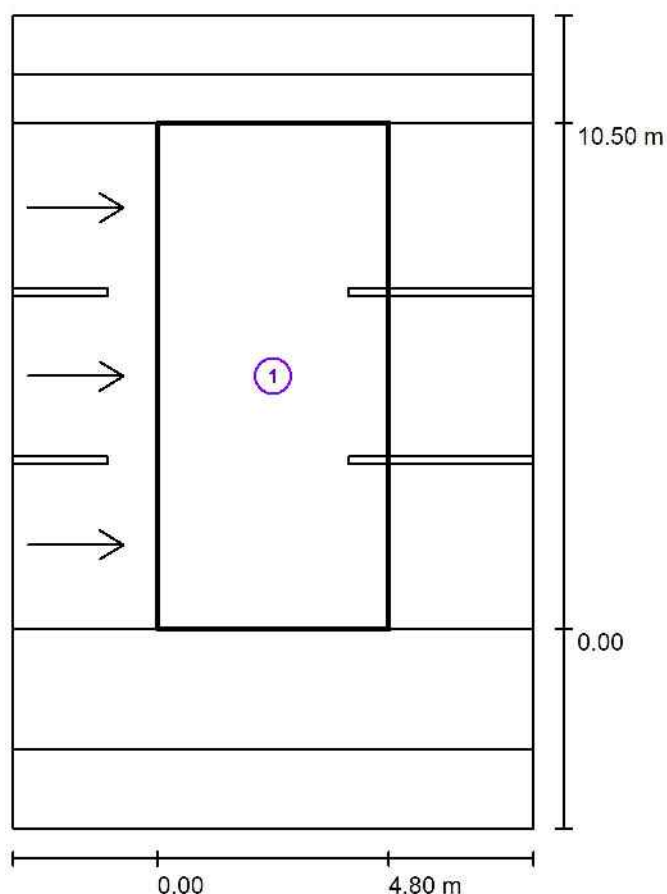
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR2 Soleado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:157

Lista del recuadro de evaluación

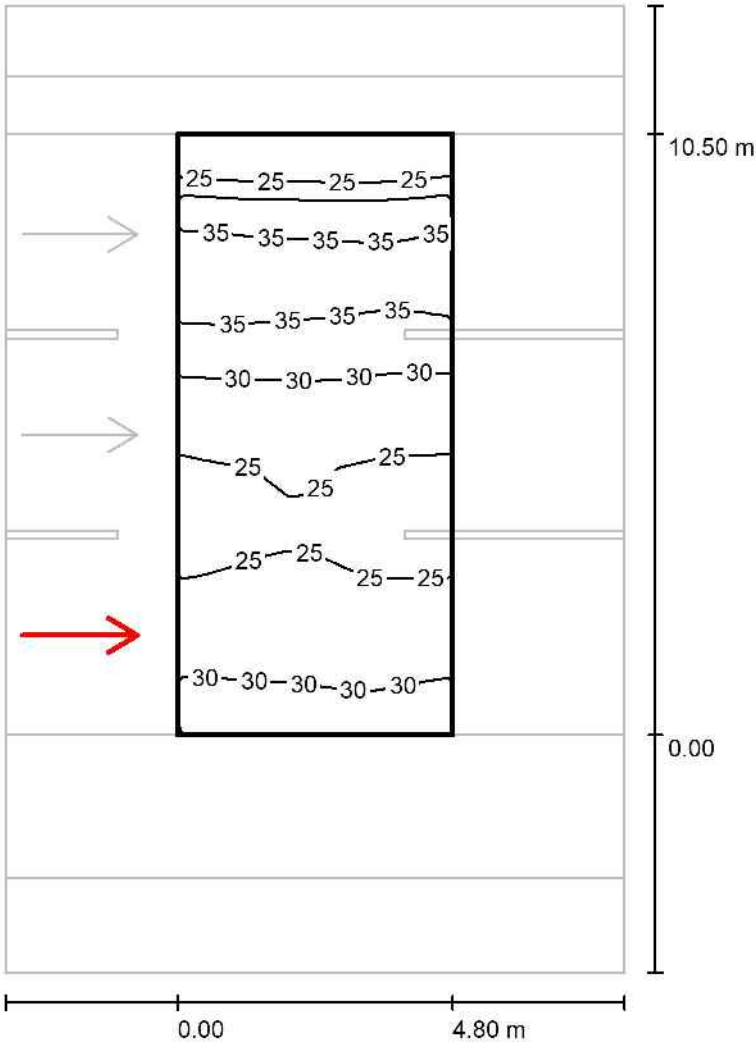
- Recuadro de evaluación Calzada 1
Longitud: 4.800 m, Anchura: 10.500 m
Trama: 10 x 9 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
28.99	0.72	0.93	/	0.22



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR2 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

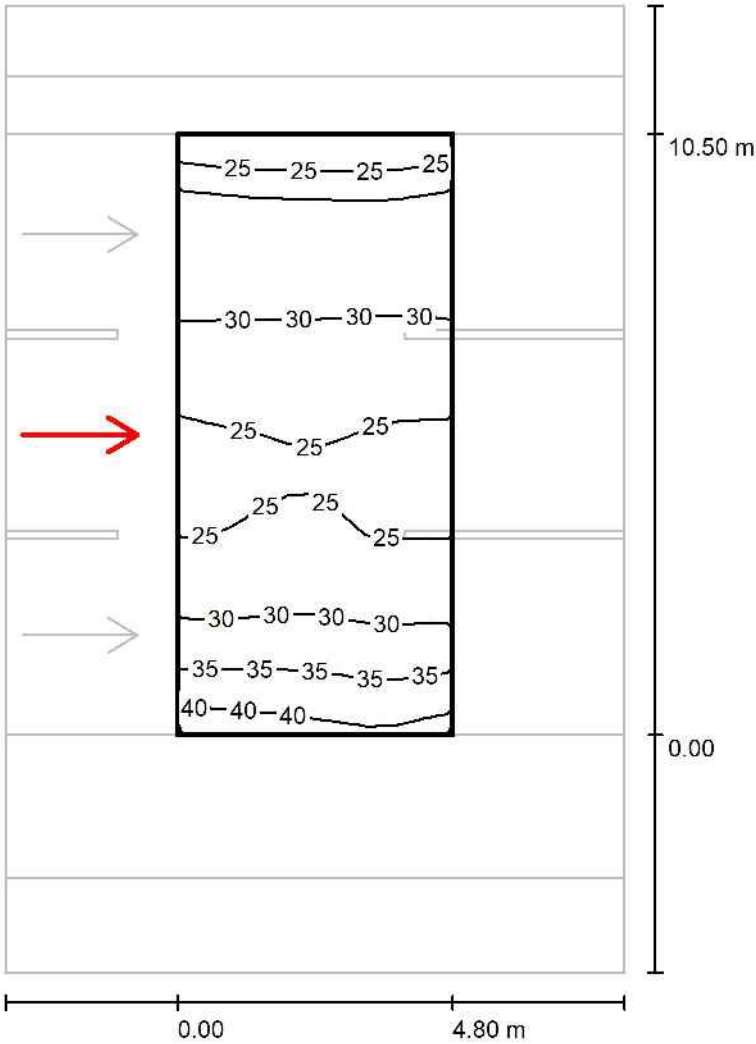
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
28.99	0.72	0.98	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR2 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

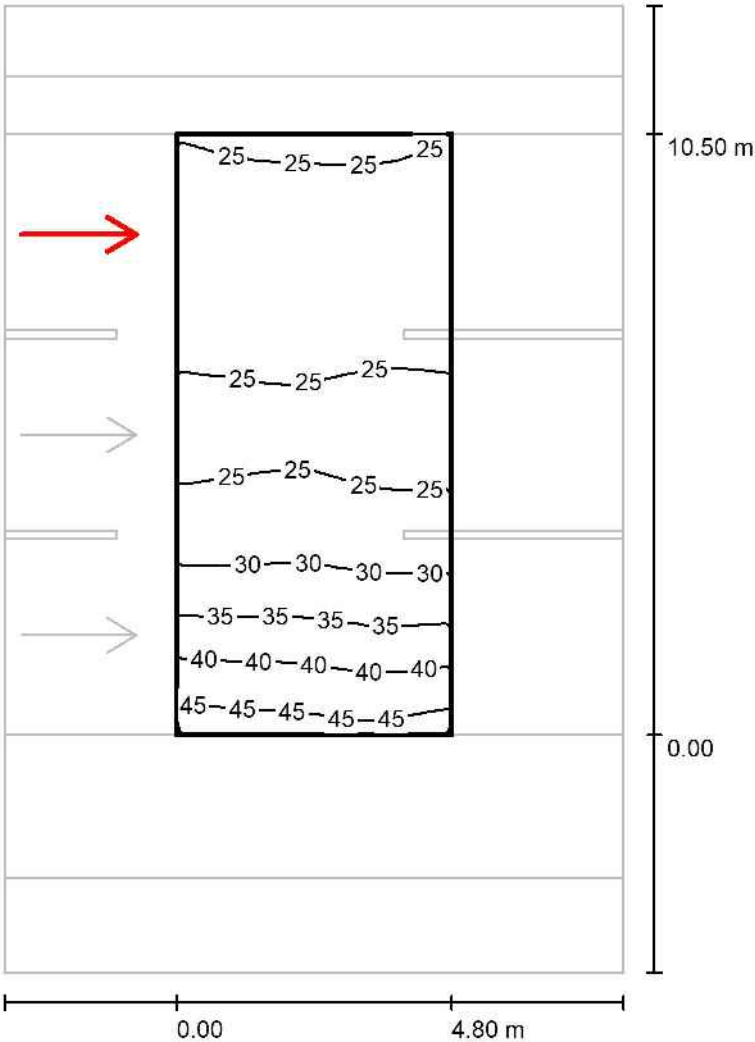
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
29.17	0.81	0.97	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR2 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 8.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
29.58	0.80	0.93	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

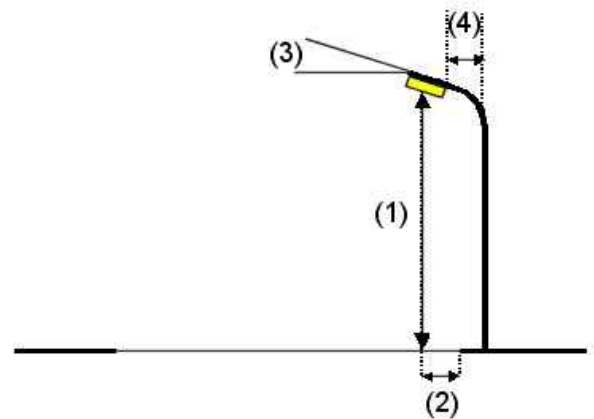
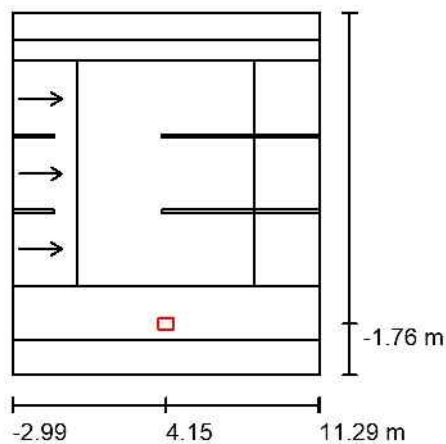
LTR3 Soleado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1 (Anchura: 1.240 m)
Arcén (Anchura: 1.000 m)
Calzada 1 (Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén (Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2 (Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-135W
Flujo luminoso (Luminaria): 16952 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16952 lm
Potencia de las luminarias: 135.0 W
Organización: unilateral abajo
Distancia entre mástiles: 7.140 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): -1.750 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

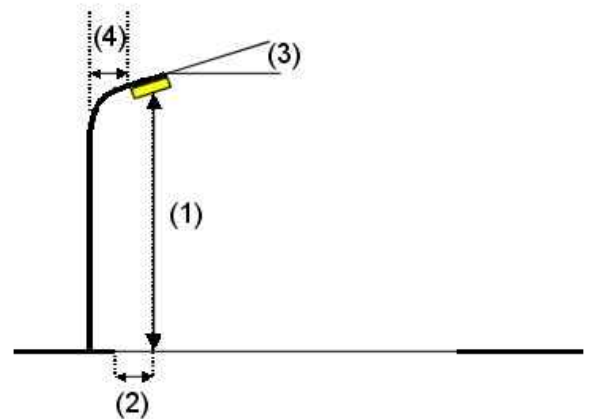
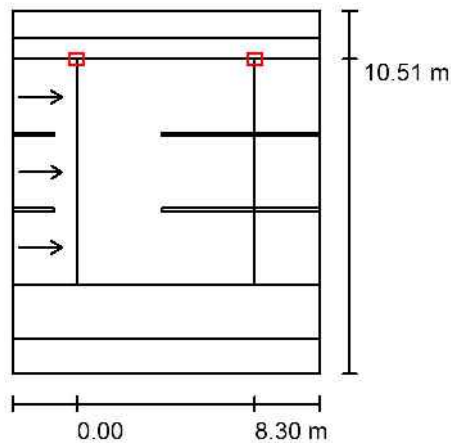
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.1.



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR3 Soleado / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-135W
Flujo luminoso (Luminaria): 16952 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16952 lm
Potencia de las luminarias: 135.0 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 8.300 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.1.

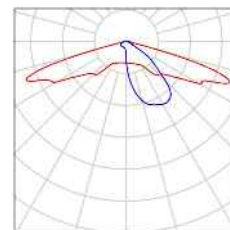


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR3 Soleado / Lista de luminarias

SETGA S.L.U BRG-0039-135W
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 16952 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16952 lm
Potencia de las luminarias: 135.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 25 59 93 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección 1.000).

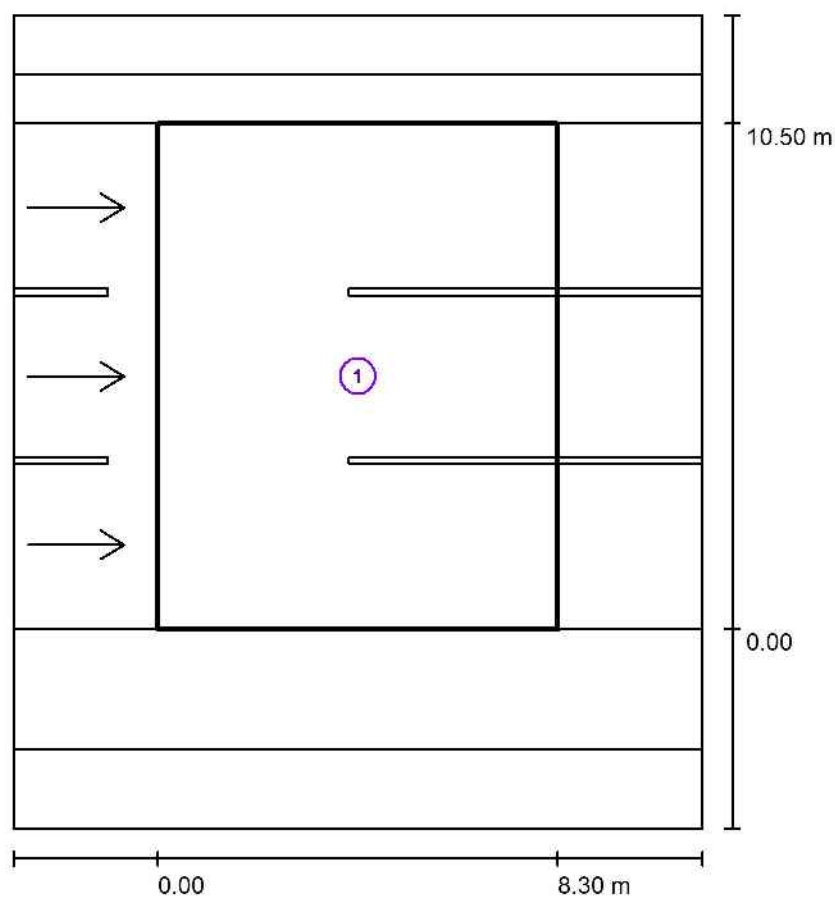
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR3 Soleado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:157

Lista del recuadro de evaluación

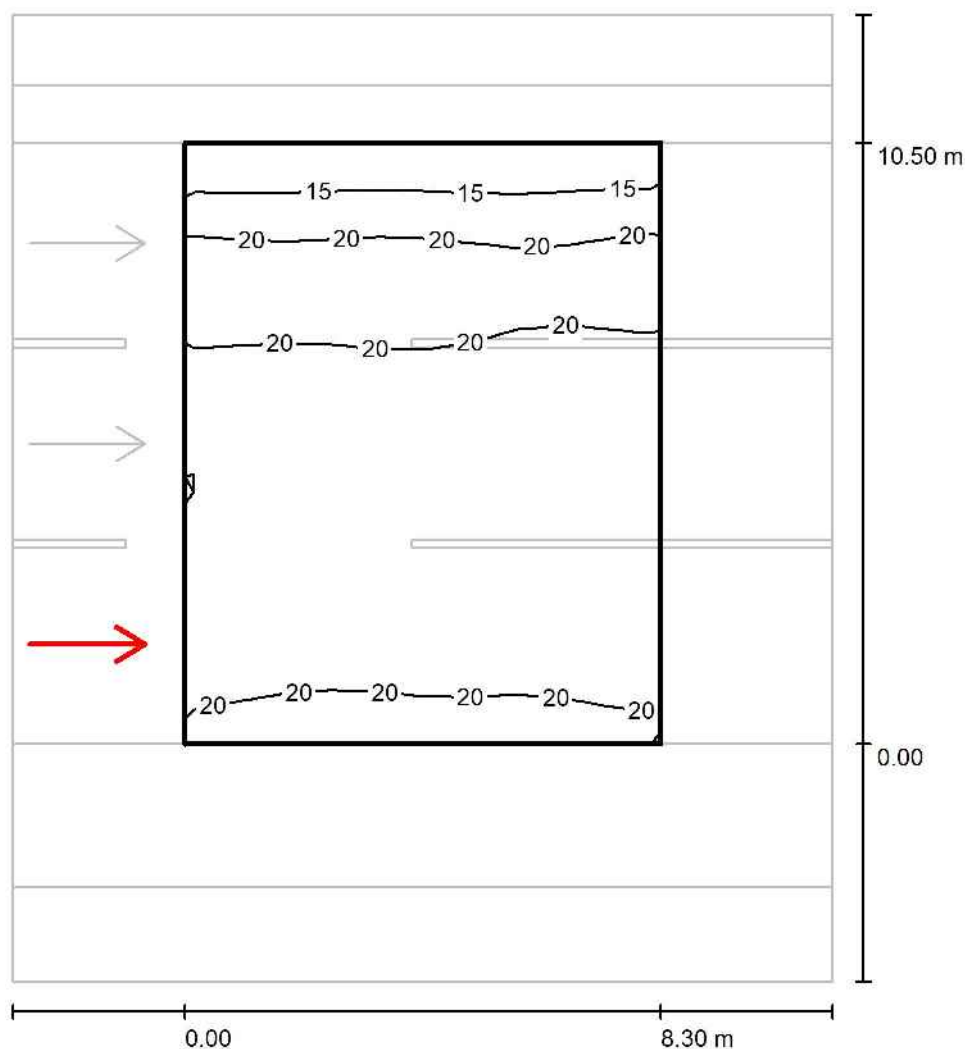
- Recuadro de evaluación Calzada 1
Longitud: 8.300 m, Anchura: 10.500 m
Trama: 10 x 9 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
17.78	0.68	0.92	/	0.23



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR3 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

Trama: 10 x 9 Puntos

Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)

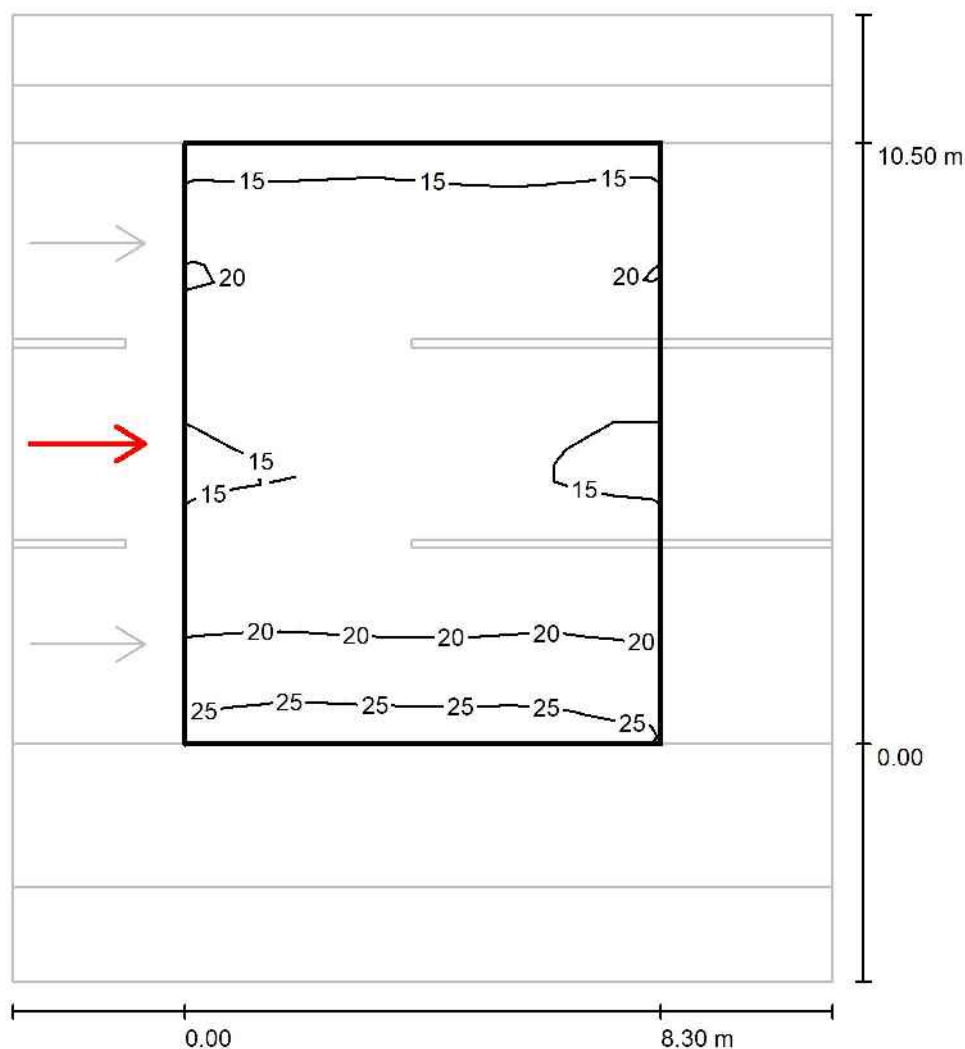
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]
17.78	0.68	0.96	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR3 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

Trama: 10 x 9 Puntos

Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)

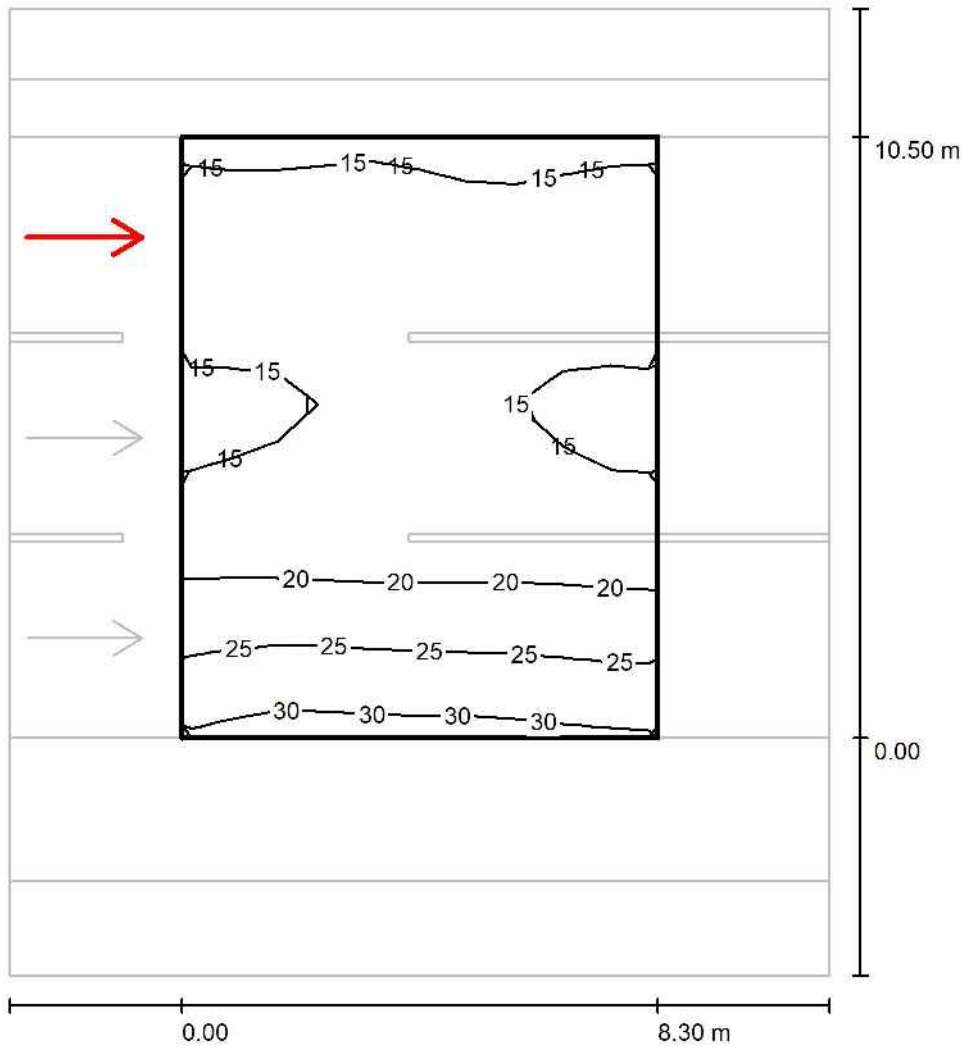
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U_0	U_1	TI [%]
18.03	0.77	0.92	/



Proyecto elaborado por Rocio Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR3 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 8.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
18.42	0.78	0.94	/

Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

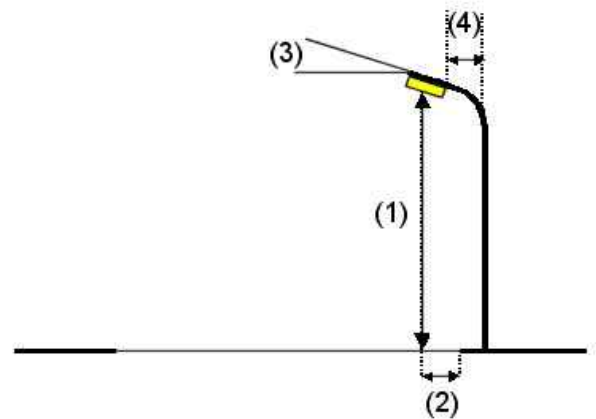
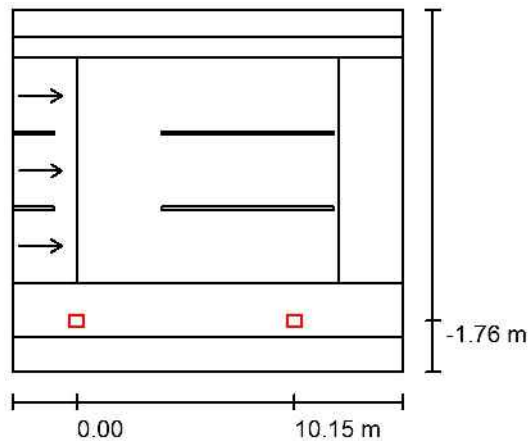
LTR4 Soleado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1 (Anchura: 1.240 m)
Arcén (Anchura: 1.000 m)
Calzada 1 (Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén (Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2 (Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-135W
Flujo luminoso (Luminaria): 16952 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16952 lm
Potencia de las luminarias: 135.0 W
Organización: unilateral abajo
Distancia entre mástiles: 10.150 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): -1.750 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

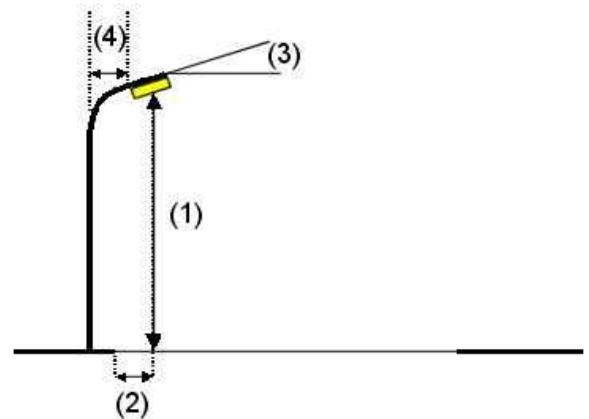
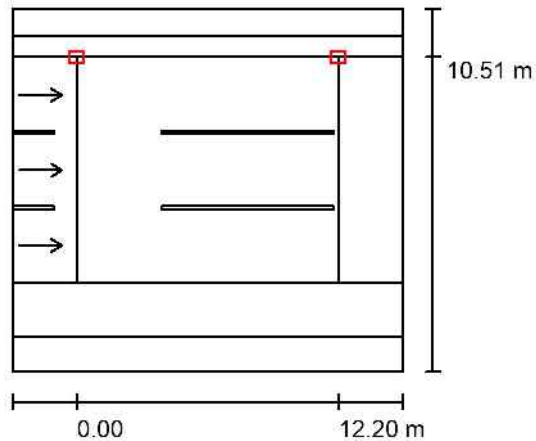
La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.1.

Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR4 Soleado / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-135W
Flujo luminoso (Luminaria): 16952 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16952 lm
Potencia de las luminarias: 135.0 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 12.200 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.1.

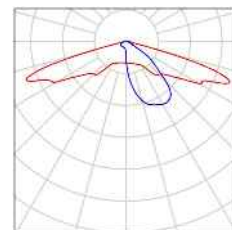


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR4 Soleado / Lista de luminarias

SETGA S.L.U BRG-0039-135W
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 16952 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16952 lm
Potencia de las luminarias: 135.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 25 59 93 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección 1.000).

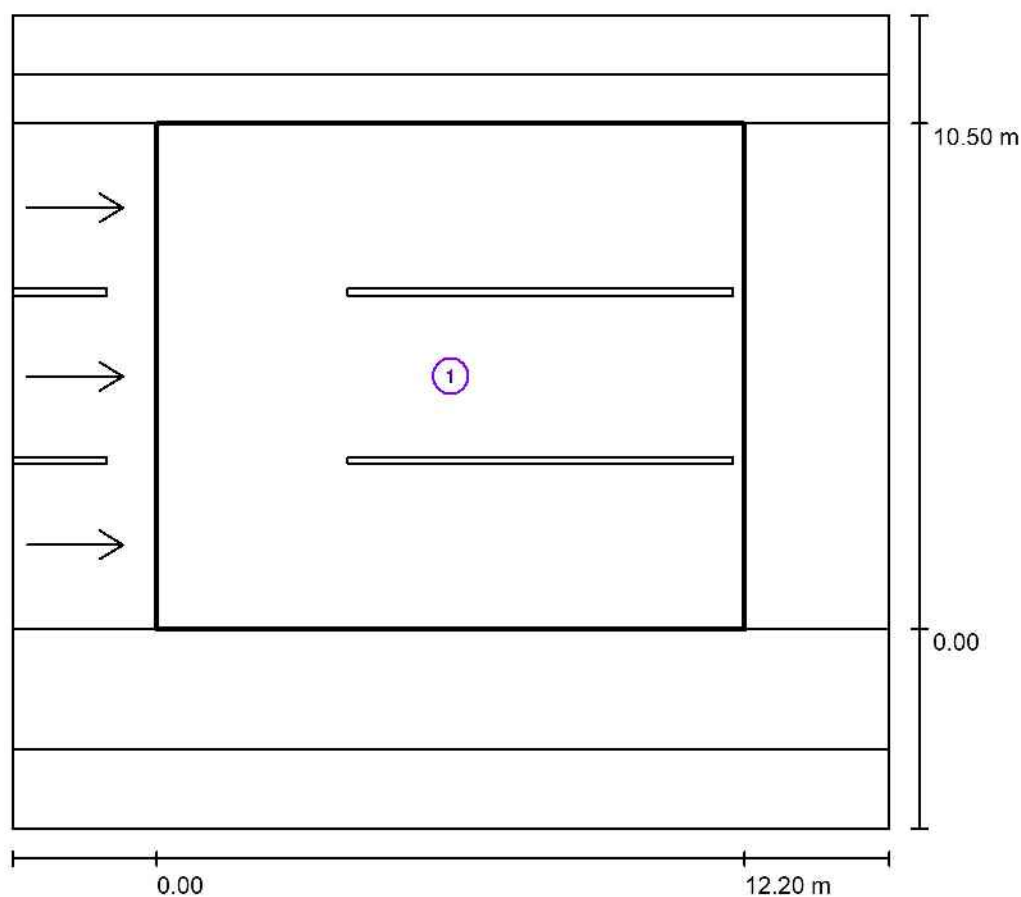
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR4 Soleado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:157

Lista del recuadro de evaluación

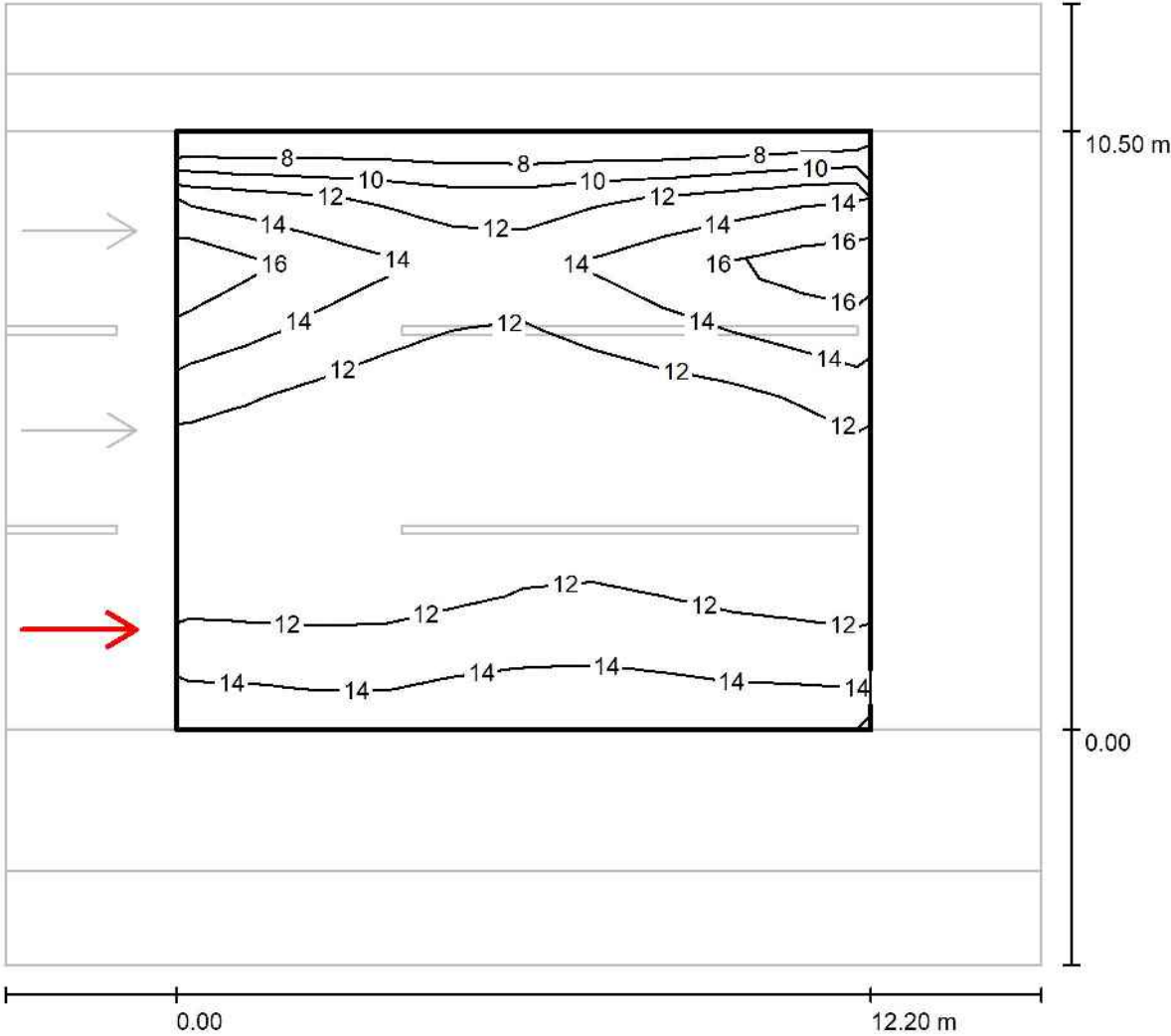
- Recuadro de evaluación Calzada 1
Longitud: 12.200 m, Anchura: 10.500 m
Trama: 10 x 9 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
12.23	0.65	0.80	/	0.23



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR4 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

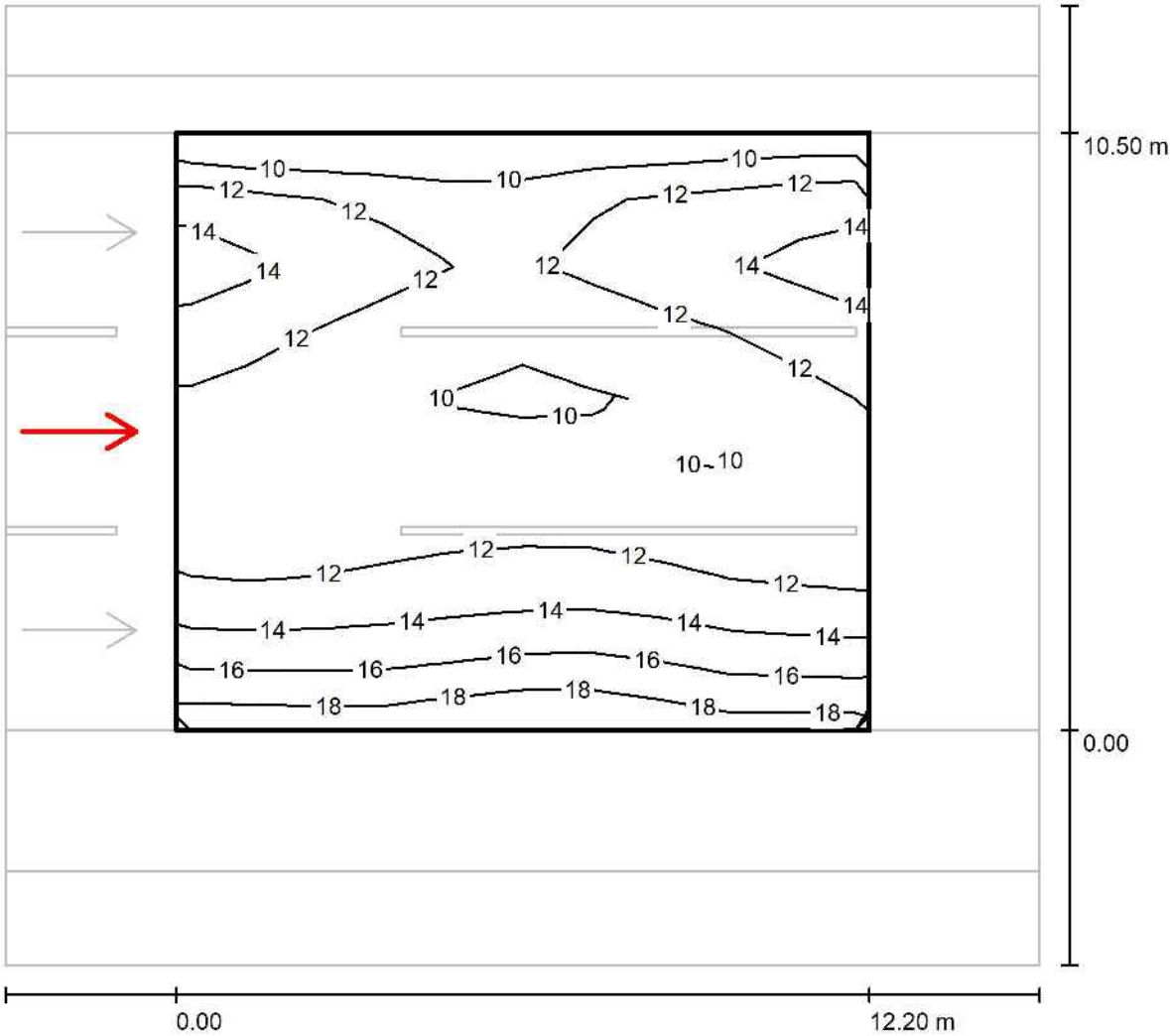
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
12.23	0.65	0.90	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR4 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

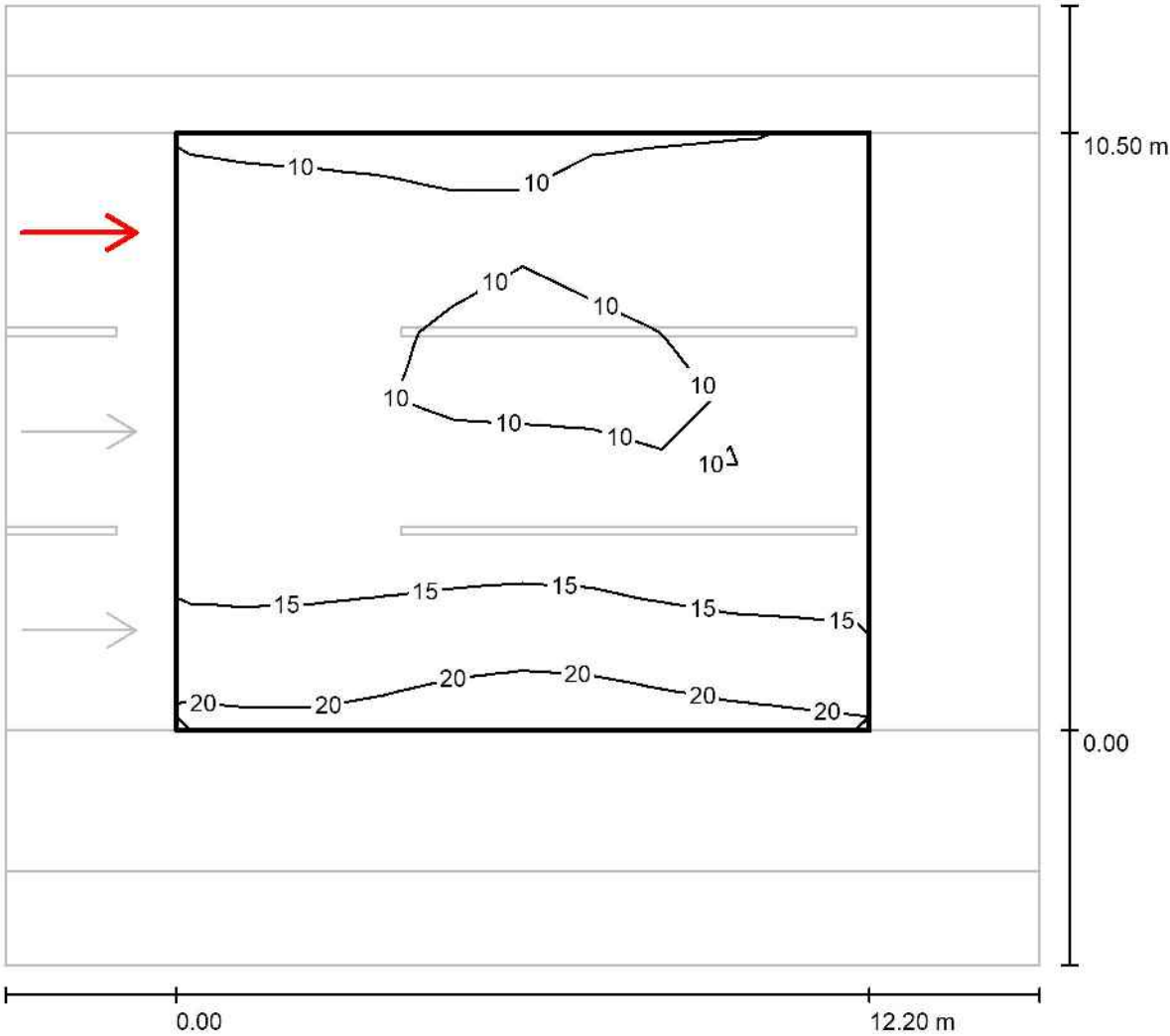
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
12.39	0.73	0.88	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR4 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 8.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
12.68	0.72	0.80	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

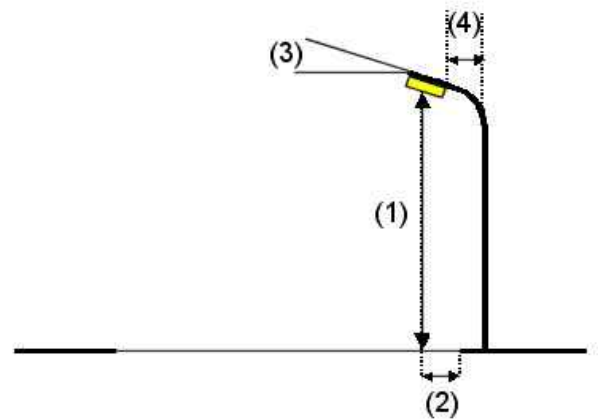
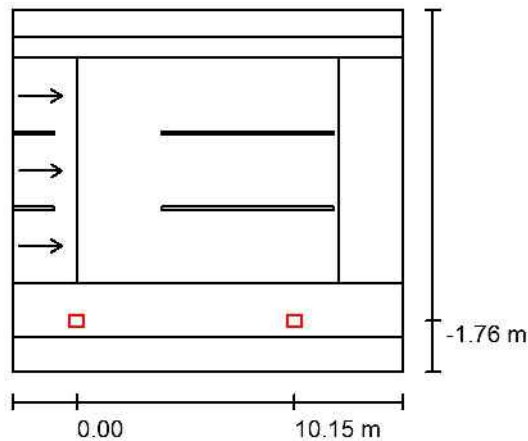
LTR5 Soleado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1 (Anchura: 1.240 m)
Arcén (Anchura: 1.000 m)
Calzada 1 (Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén (Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2 (Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-88W
Flujo luminoso (Luminaria): 11893 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 11893 lm
Potencia de las luminarias: 88.0 W
Organización: unilateral abajo
Distancia entre mástiles: 10.150 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): -1.750 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

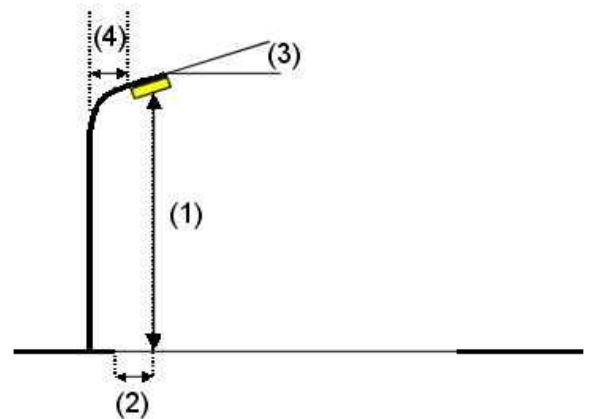
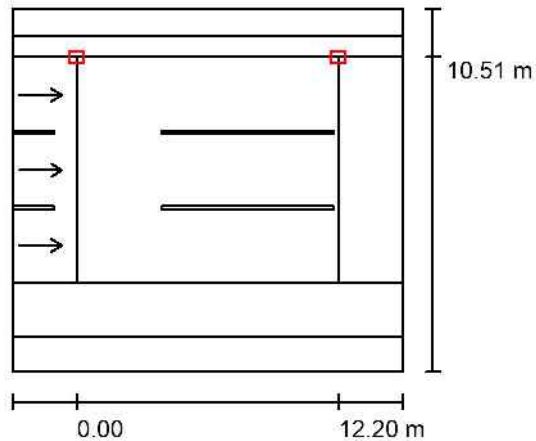
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.2.



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR5 Soleado / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-88W
Flujo luminoso (Luminaria): 11893 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 11893 lm
Potencia de las luminarias: 88.0 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 12.200 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.2.

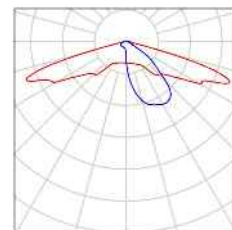


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR5 Soleado / Lista de luminarias

SETGA S.L.U BRG-0039-88W
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 11893 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 11893 lm
Potencia de las luminarias: 88.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 25 59 93 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección 1.000).

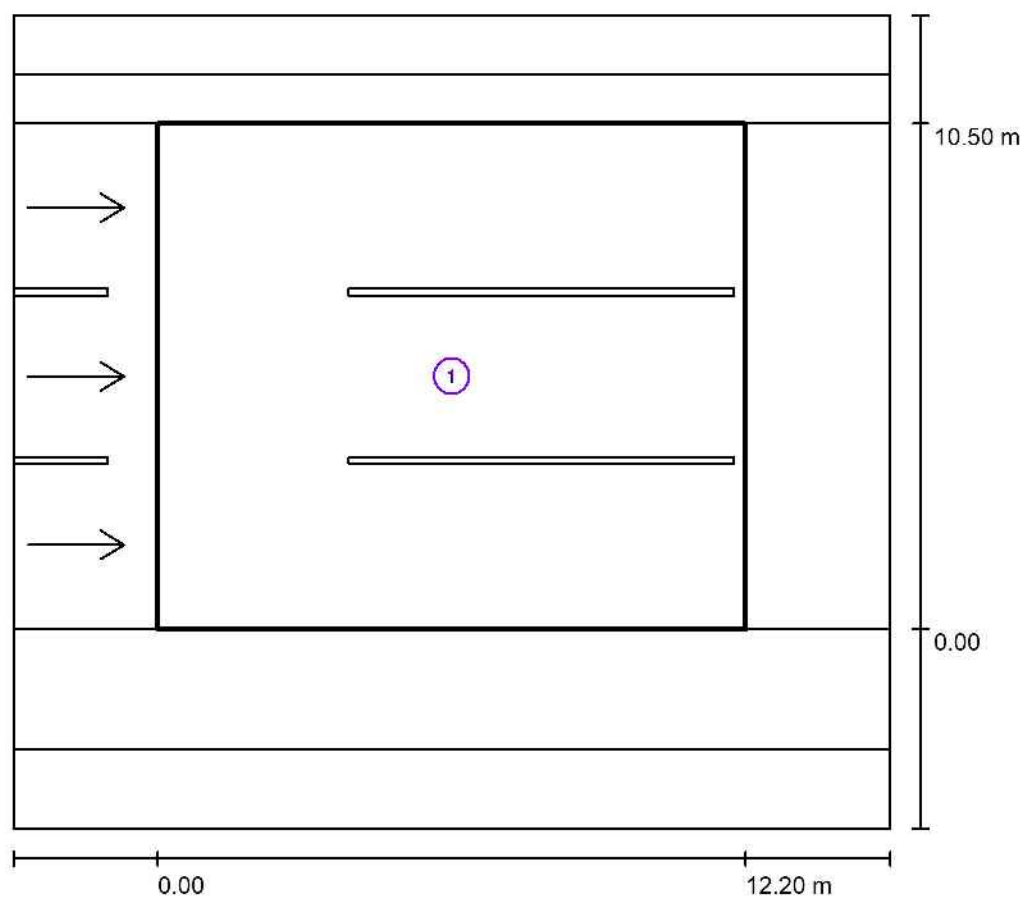
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR5 Soleado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:157

Lista del recuadro de evaluación

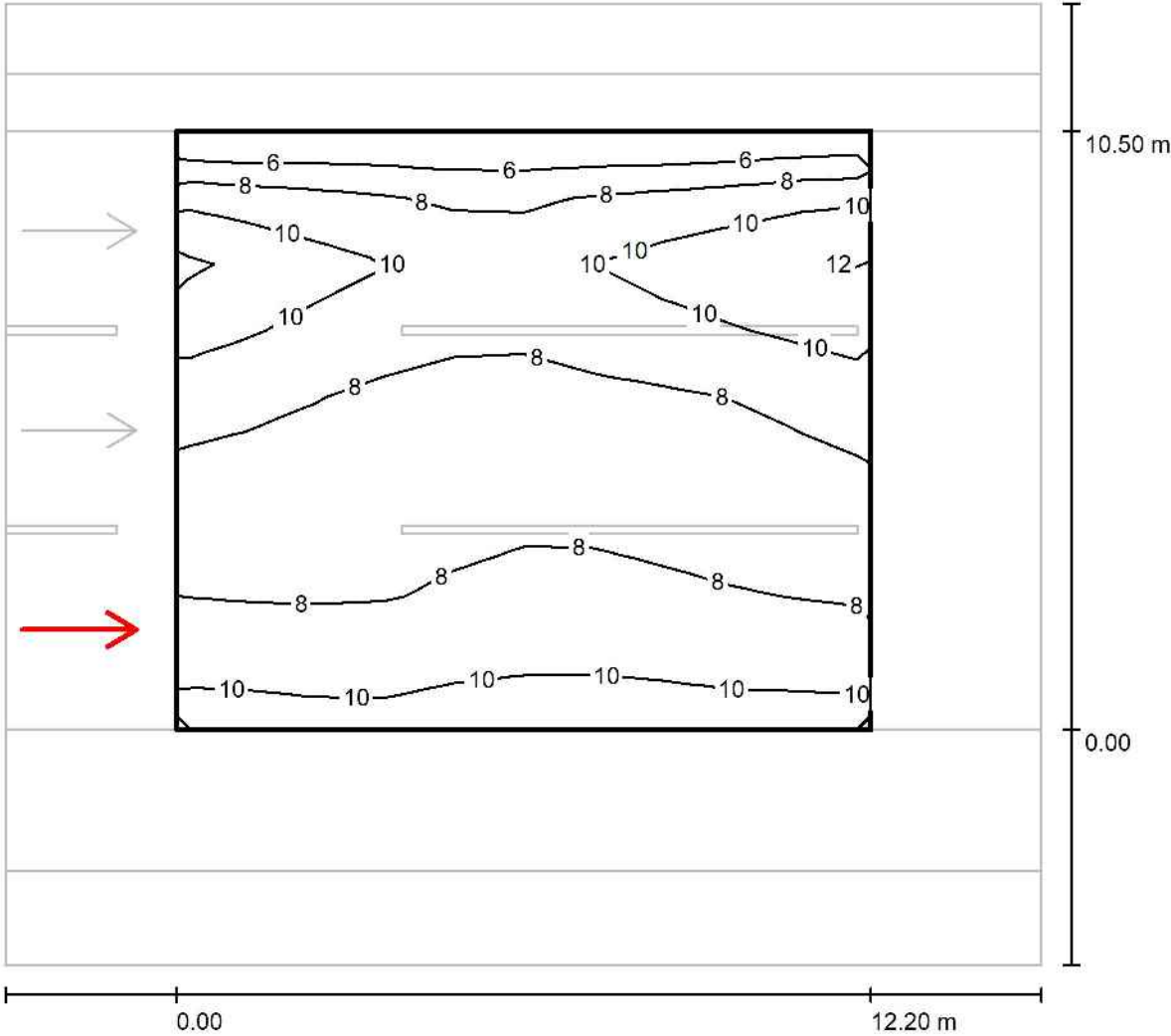
- Recuadro de evaluación Calzada 1
Longitud: 12.200 m, Anchura: 10.500 m
Trama: 10 x 9 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
8.58	0.65	0.80	/	0.23



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR5 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

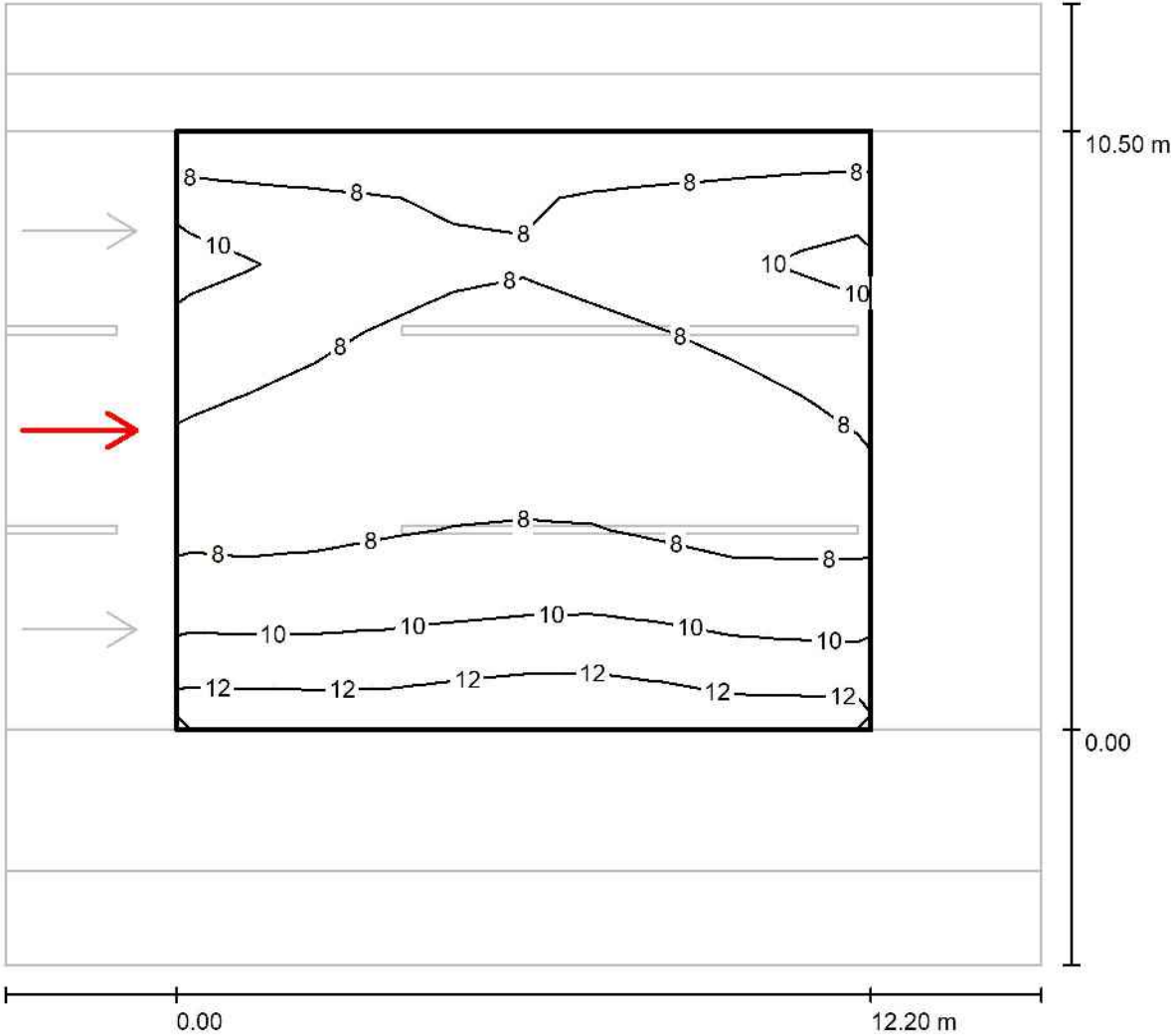
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
8.58	0.65	0.90	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR5 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

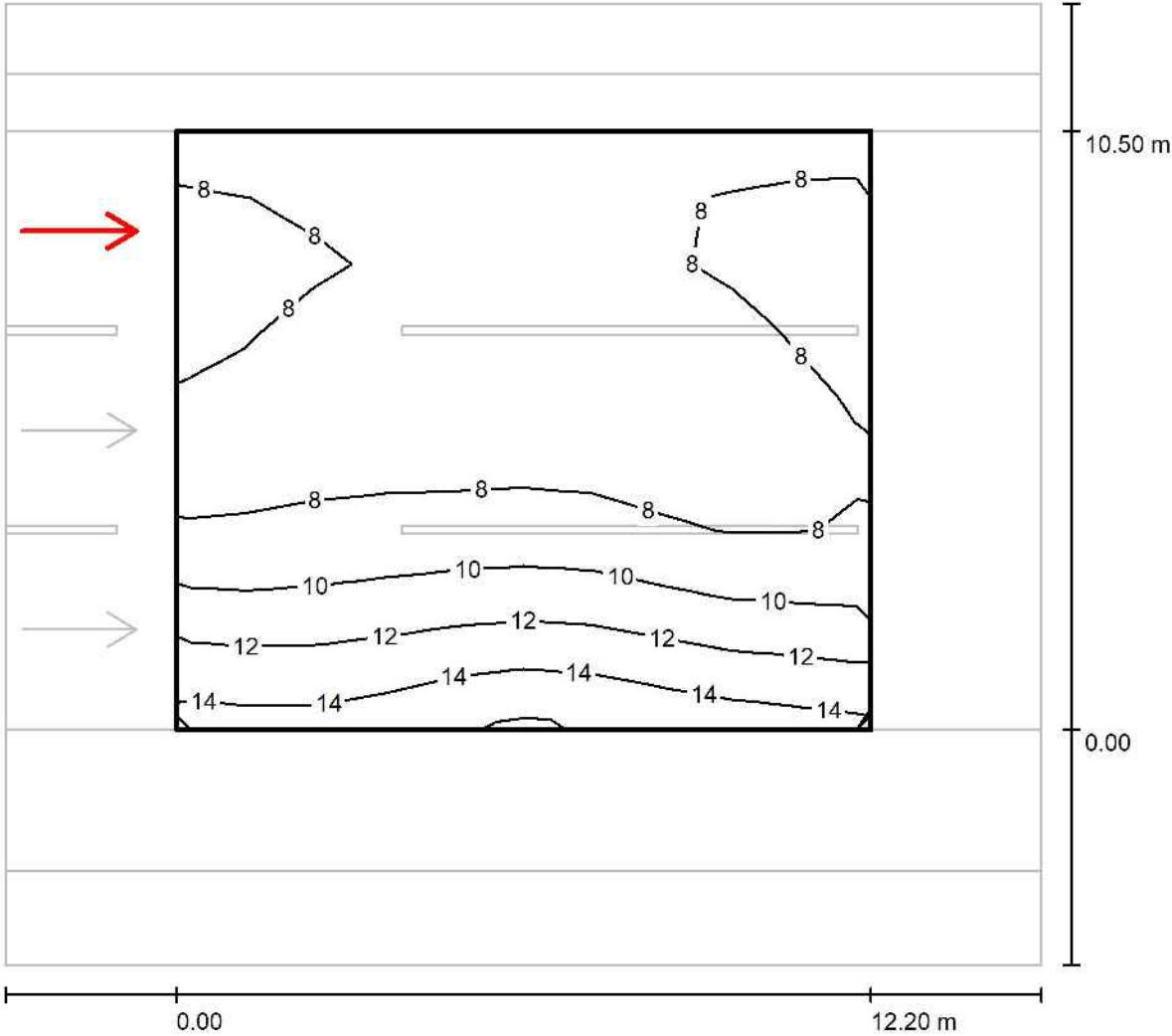
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
8.69	0.73	0.88	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR5 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 8.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
8.89	0.72	0.80	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

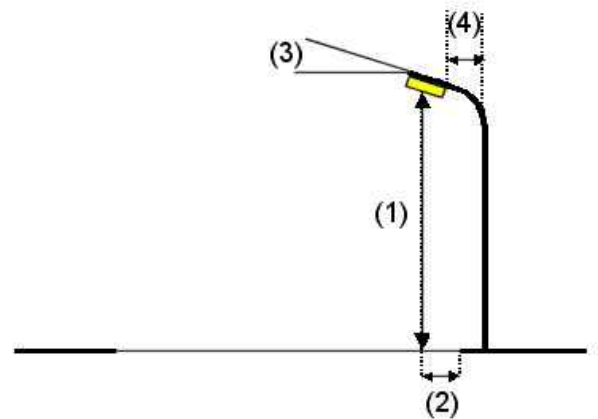
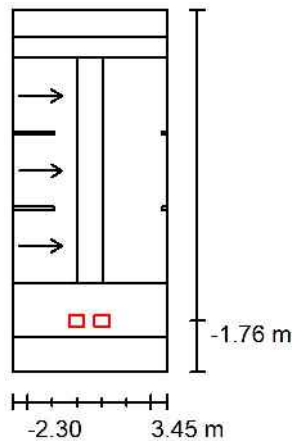
LTH1 Nublado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1 (Anchura: 1.240 m)
Arcén (Anchura: 1.000 m)
Calzada 1 (Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén (Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2 (Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-175W
Flujo luminoso (Luminaria): 22070 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 22070 lm
Potencia de las luminarias: 175.6 W
Organización: unilateral abajo
Distancia entre mástiles: 1.150 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): -1.750 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

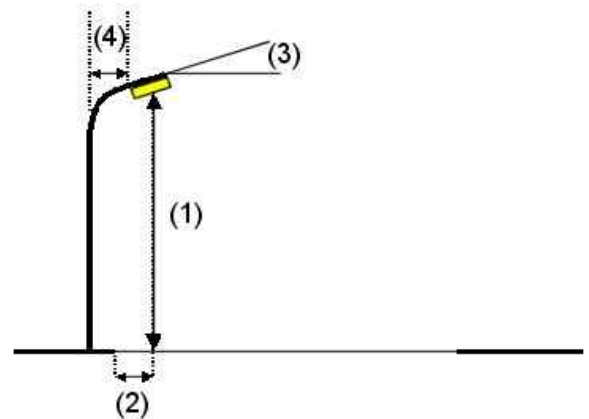
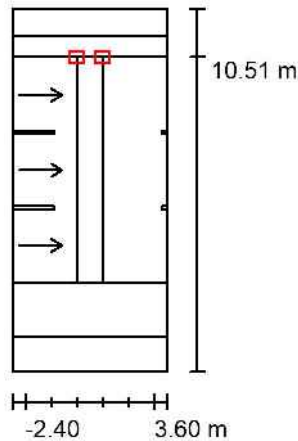
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.2.



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH1 Nublado / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-175W
Flujo luminoso (Luminaria): 22070 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 22070 lm
Potencia de las luminarias: 175.6 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 1.200 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.2.

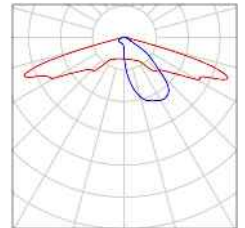


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH1 Nublado / Lista de luminarias

SETGA S.L.U BRG-0039-175W
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 22070 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 22070 lm
Potencia de las luminarias: 175.6 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 25 59 93 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección 0.500).

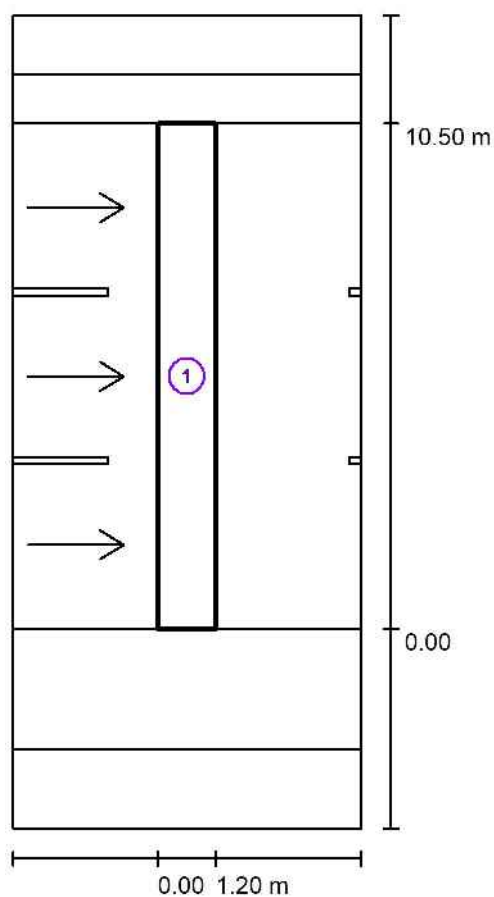
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH1 Nublado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:157

Lista del recuadro de evaluación

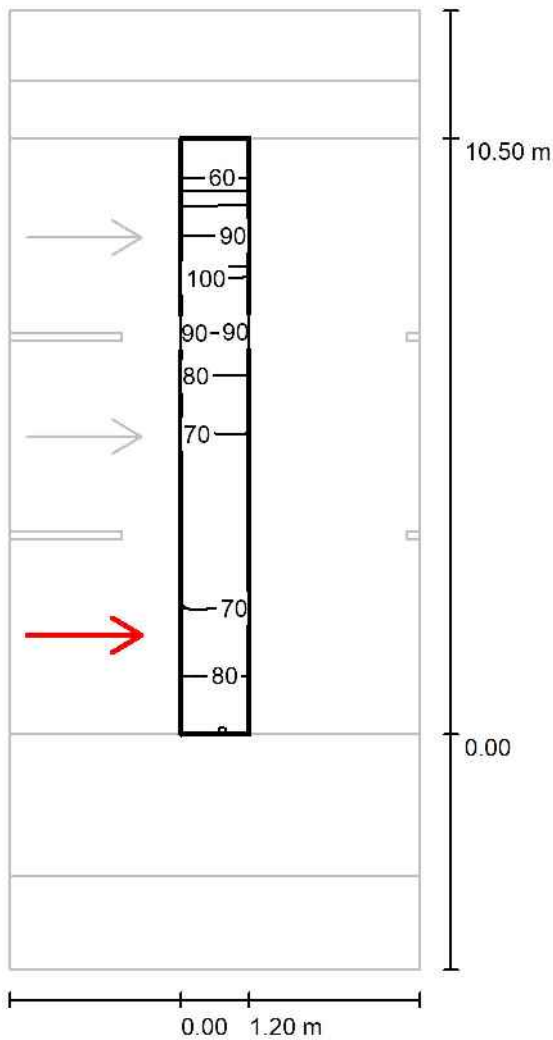
- Recuadro de evaluación Calzada 1
Longitud: 1.200 m, Anchura: 10.500 m
Trama: 10 x 9 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
76.89	0.71	1.00	14	0.22



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH1 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 133

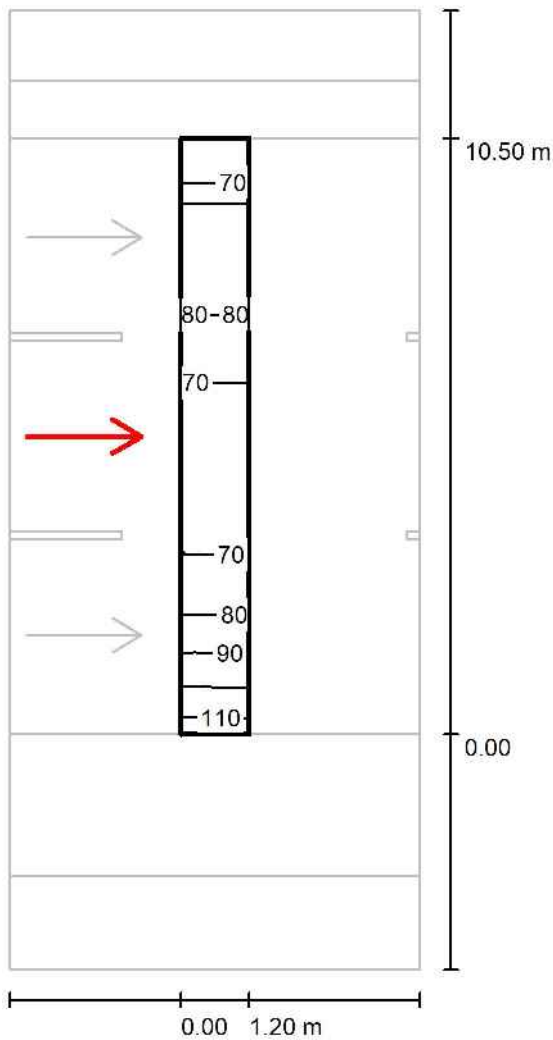
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
76.89	0.71	1.00	14



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH1 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 133

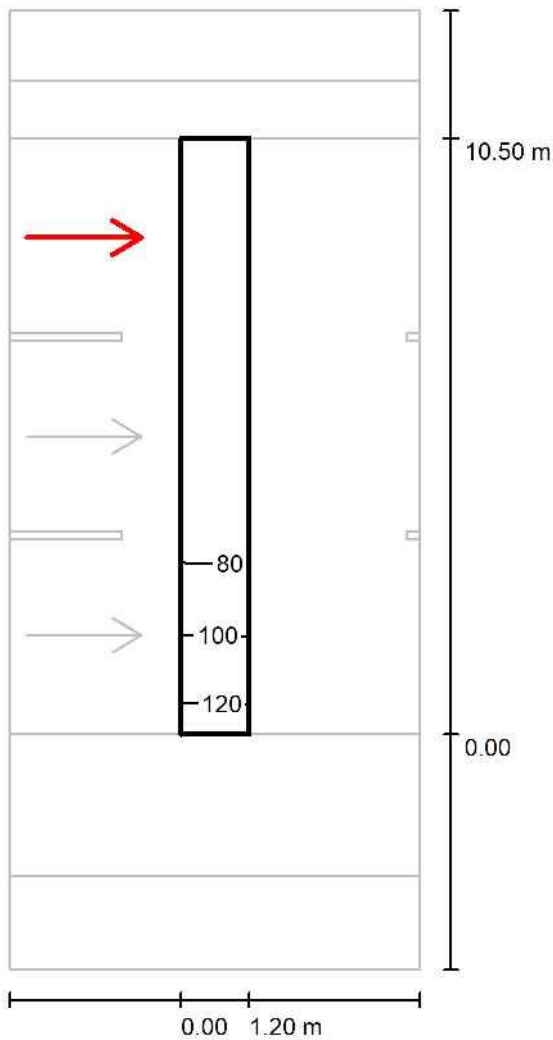
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
77.62	0.83	1.00	14



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH1 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 133

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 8.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
78.93	0.81	1.00	14



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

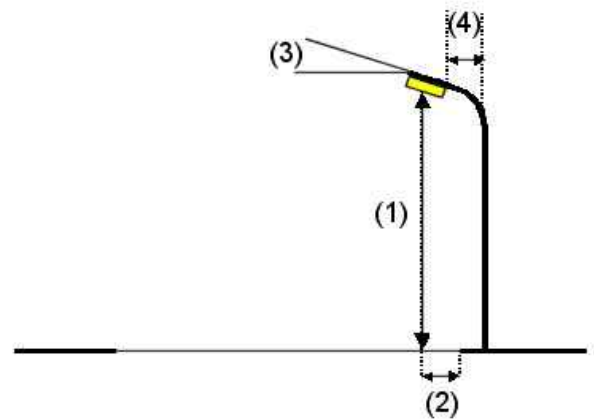
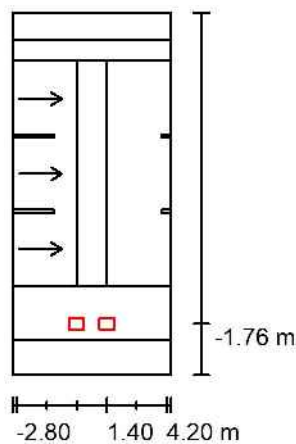
LTH2 Nublado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1 (Anchura: 1.240 m)
Arcén (Anchura: 1.000 m)
Calzada 1 (Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén (Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2 (Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-169W
Flujo luminoso (Luminaria): 21324 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 21324 lm
Potencia de las luminarias: 169.7 W
Organización: unilateral abajo
Distancia entre mástiles: 1.400 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): -1.750 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

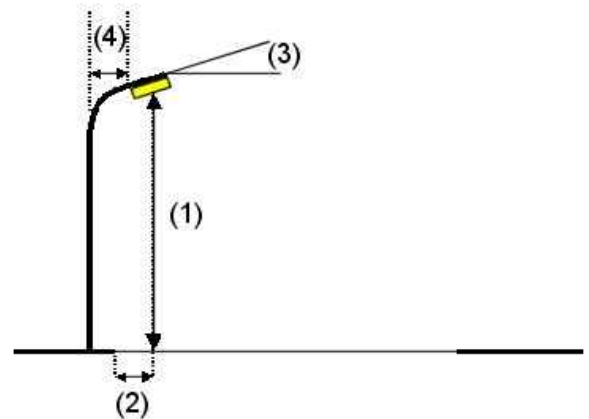
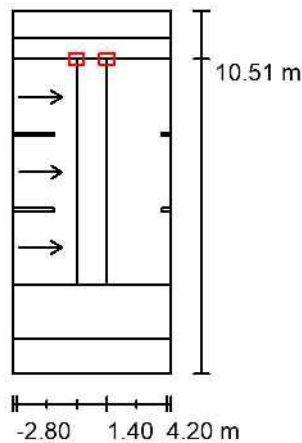
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.2.



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH2 Nublado / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-169W
Flujo luminoso (Luminaria): 21324 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 21324 lm
Potencia de las luminarias: 169.7 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 1.400 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.2.

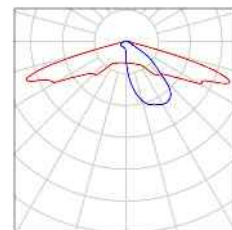


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH2 Nublado / Lista de luminarias

SETGA S.L.U BRG-0039-169W
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 21324 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 21324 lm
Potencia de las luminarias: 169.7 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 25 59 93 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección 0.500).

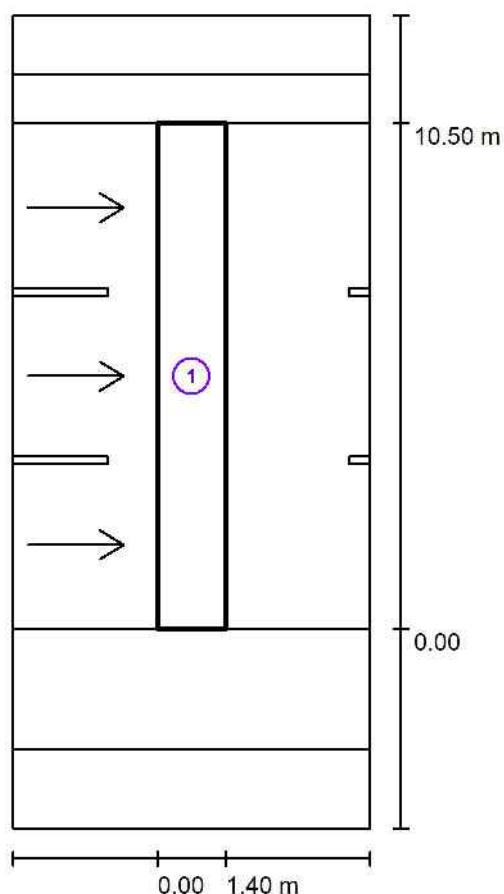
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

LTH2 Nublado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:157

Lista del recuadro de evaluación

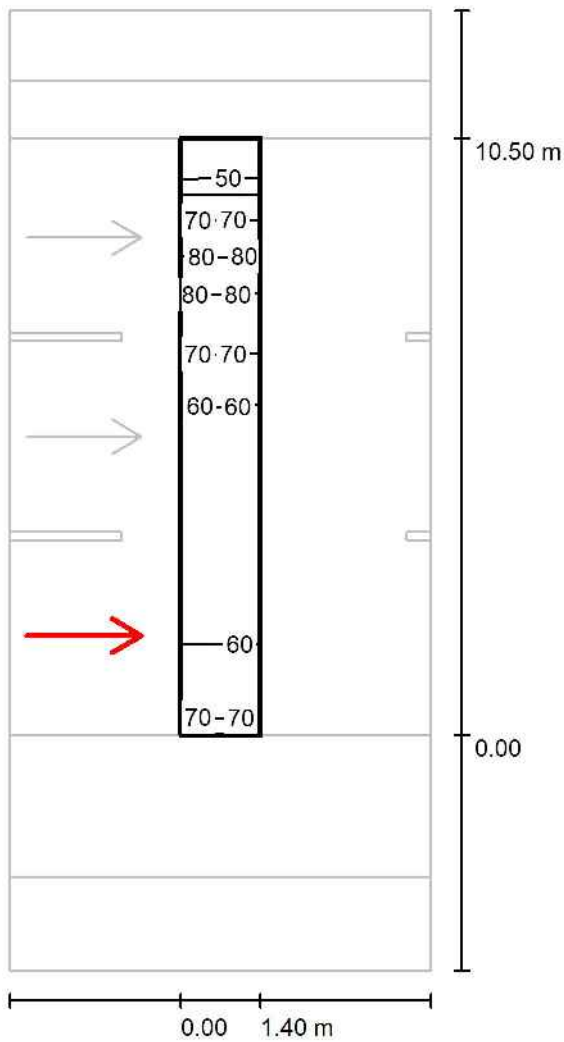
- Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 1.400 m, Anchura: 10.500 m
 Trama: 10 x 9 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
 Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
62.62	0.72	1.00	14	0.22



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH2 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



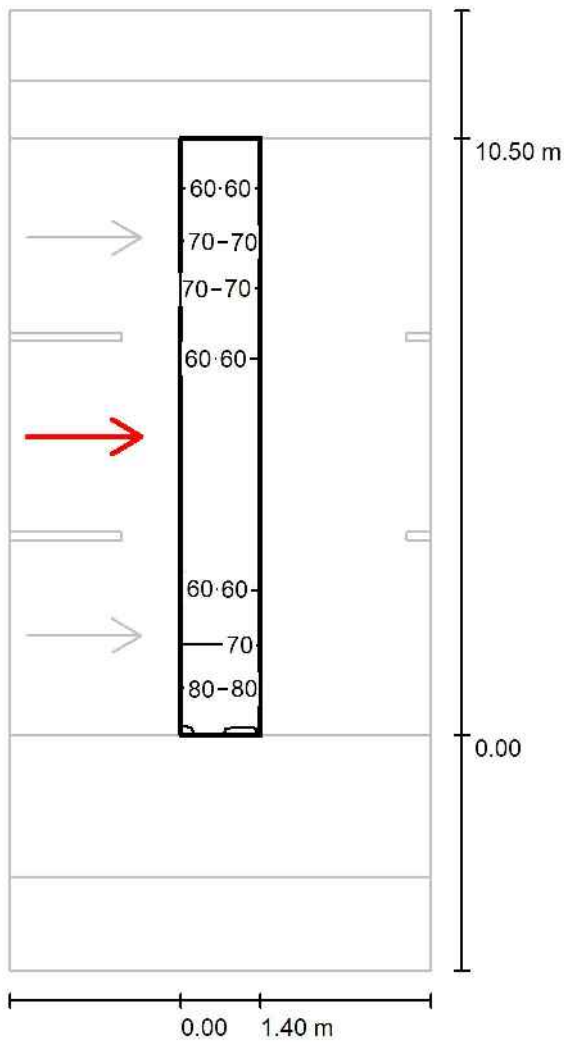
Valores en Candela/m², Escala 1 : 133

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
62.62	0.72	1.00	14

Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH2 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



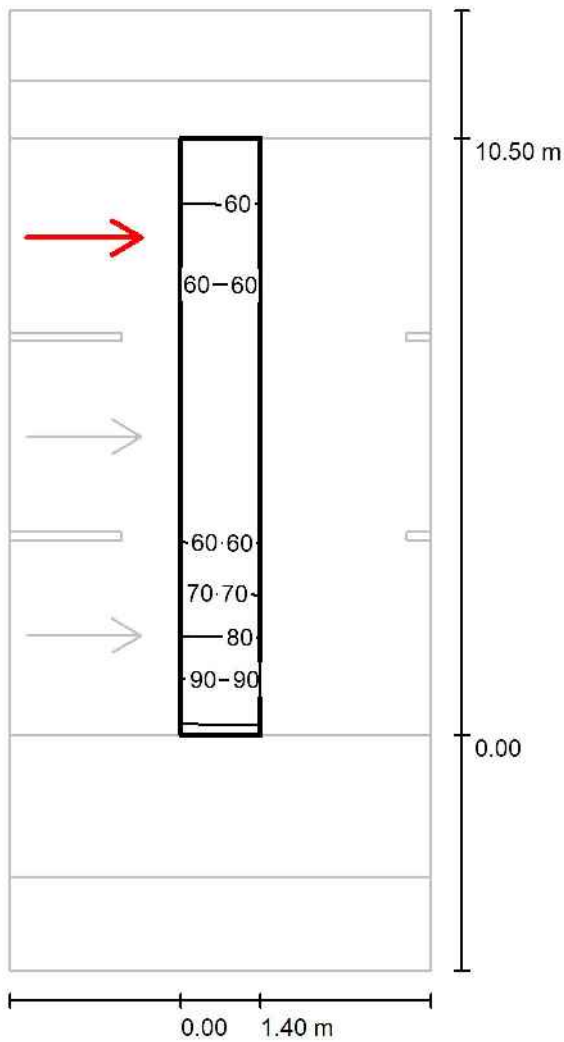
Valores en Candela/m², Escala 1 : 133

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
63.06	0.82	1.00	14

Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH2 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 133

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 8.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
63.96	0.81	1.00	14



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

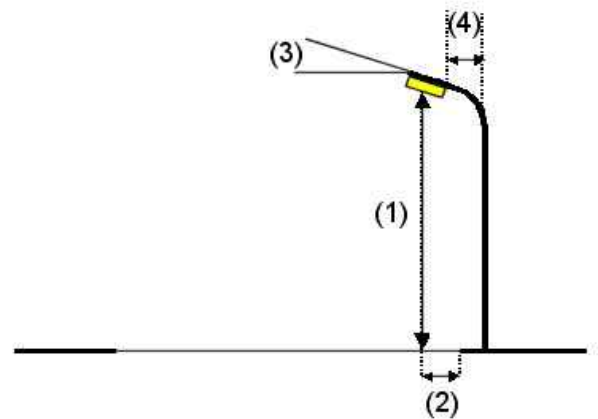
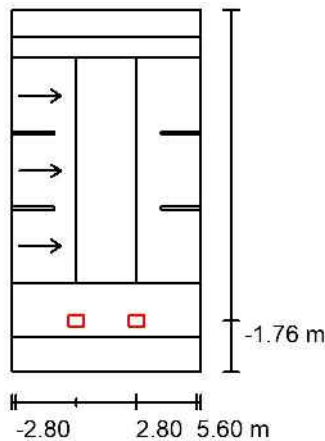
LTR1 Nublado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1 (Anchura: 1.240 m)
Arcén (Anchura: 1.000 m)
Calzada 1 (Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén (Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2 (Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-169W
Flujo luminoso (Luminaria): 21324 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 21324 lm
Potencia de las luminarias: 169.7 W
Organización: unilateral abajo
Distancia entre mástiles: 2.800 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): -1.750 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

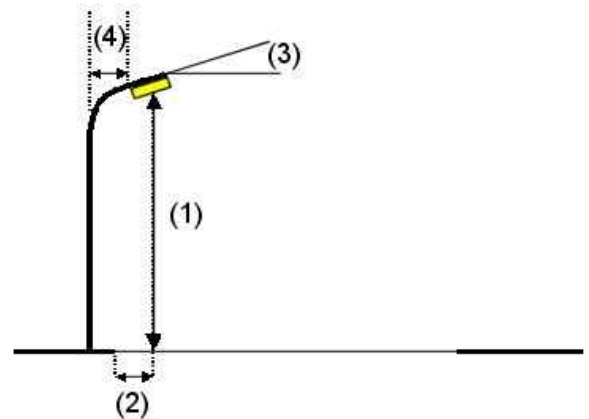
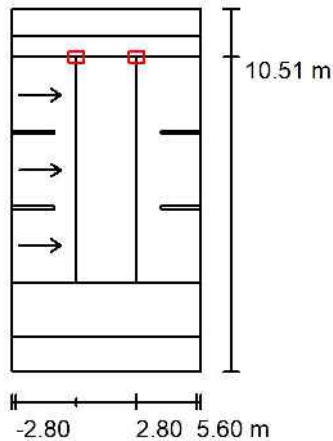
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.2.



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR1 Nublado / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-169W
Flujo luminoso (Luminaria): 21324 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 21324 lm
Potencia de las luminarias: 169.7 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 2.800 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.2.

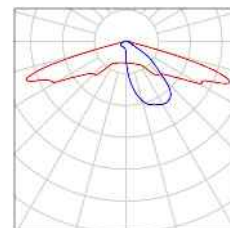


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR1 Nublado / Lista de luminarias

SETGA S.L.U BRG-0039-169W
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 21324 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 21324 lm
Potencia de las luminarias: 169.7 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 25 59 93 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección 0.500).

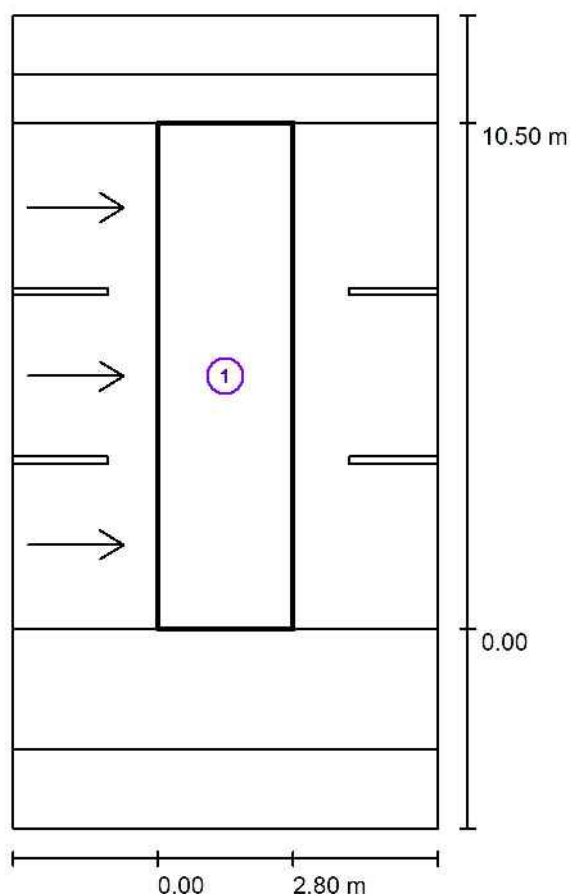
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

LTR1 Nublado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:157

Lista del recuadro de evaluación

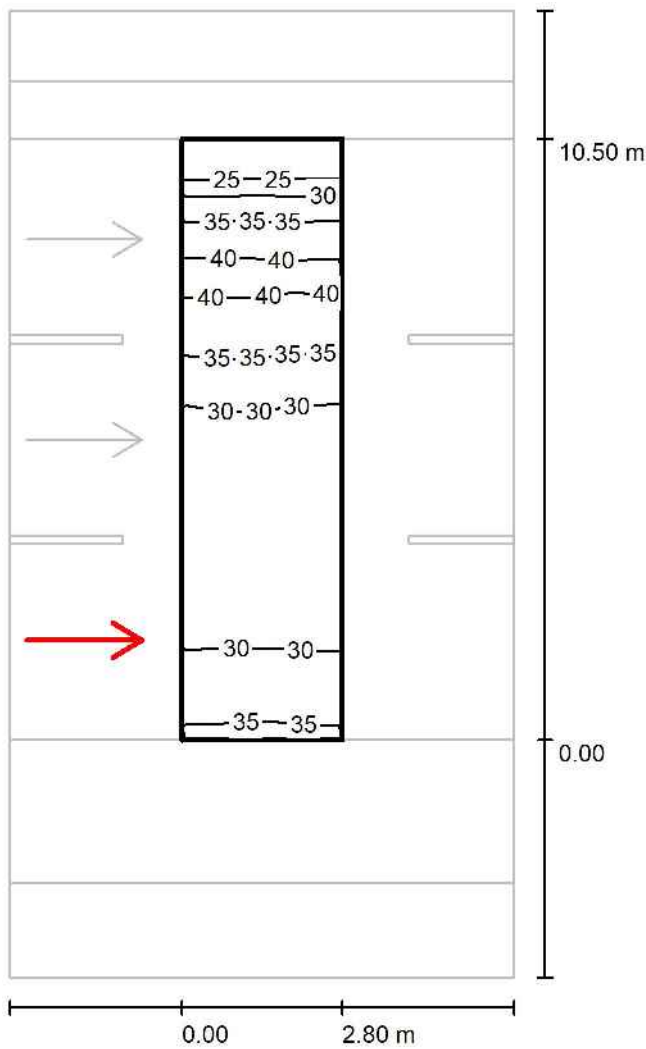
- Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 2.800 m, Anchura: 10.500 m
 Trama: 10 x 9 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
 Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
31.29	0.72	0.99	/	0.22



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR1 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

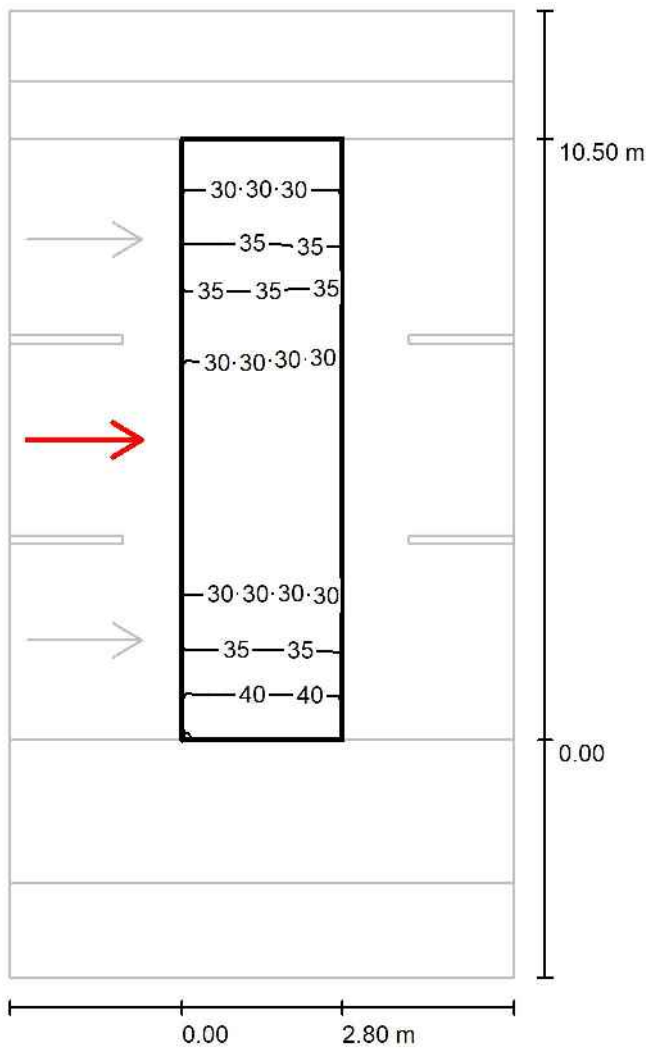
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
31.29	0.72	0.99	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR1 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

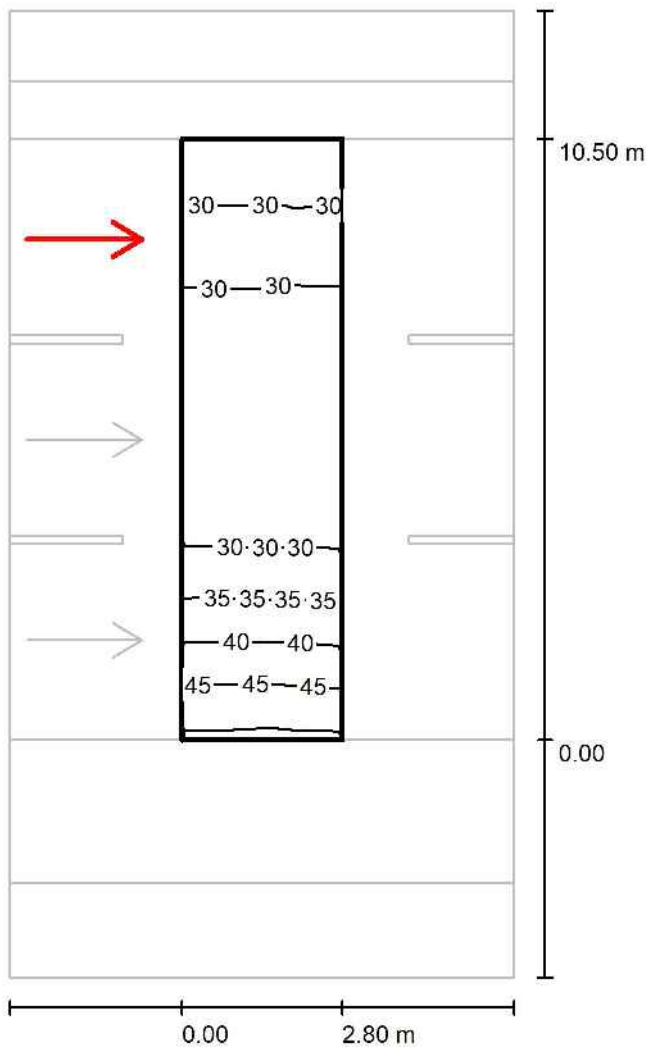
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
31.49	0.82	0.99	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR1 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 8.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
31.94	0.81	0.99	/

Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

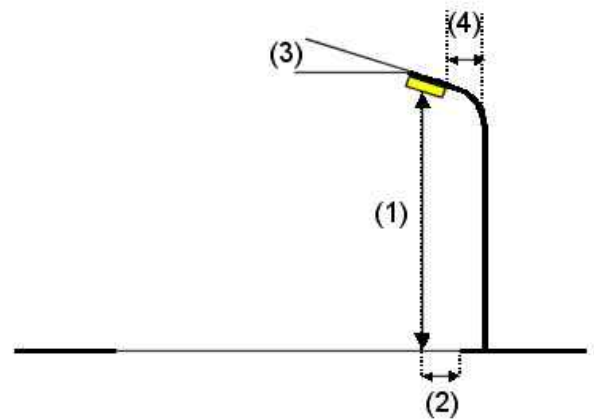
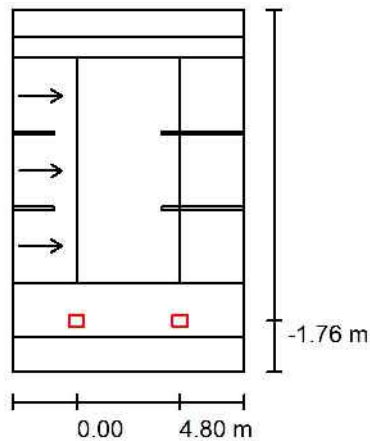
LTR2 Nublado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1 (Anchura: 1.240 m)
Arcén (Anchura: 1.000 m)
Calzada 1 (Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén (Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2 (Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria:
Flujo luminoso (Luminaria): 16952 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16952 lm
Potencia de las luminarias: 135.0 W
Organización: unilateral abajo
Distancia entre mástiles: 4.800 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): -1.750 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

SETGA S.L.U BRG-0039-135W

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

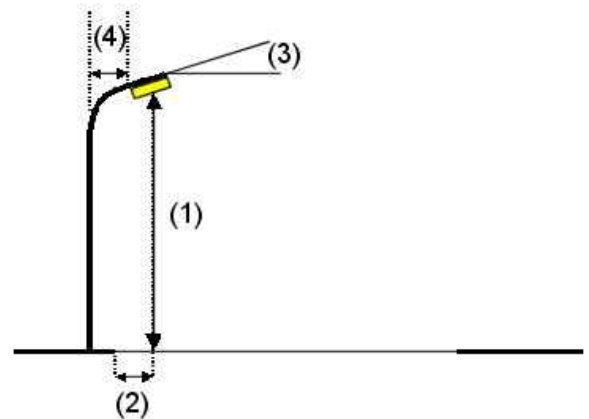
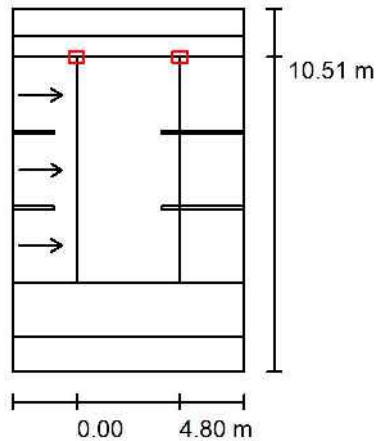
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.3.



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR2 Nublado / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-135W
Flujo luminoso (Luminaria): 16952 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16952 lm
Potencia de las luminarias: 135.0 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 4.800 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.3.

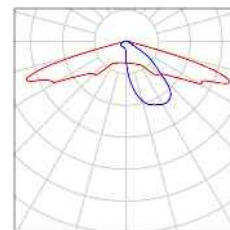


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR2 Nublado / Lista de luminarias

SETGA S.L.U BRG-0039-135W
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 16952 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16952 lm
Potencia de las luminarias: 135.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 25 59 93 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección 0.500).

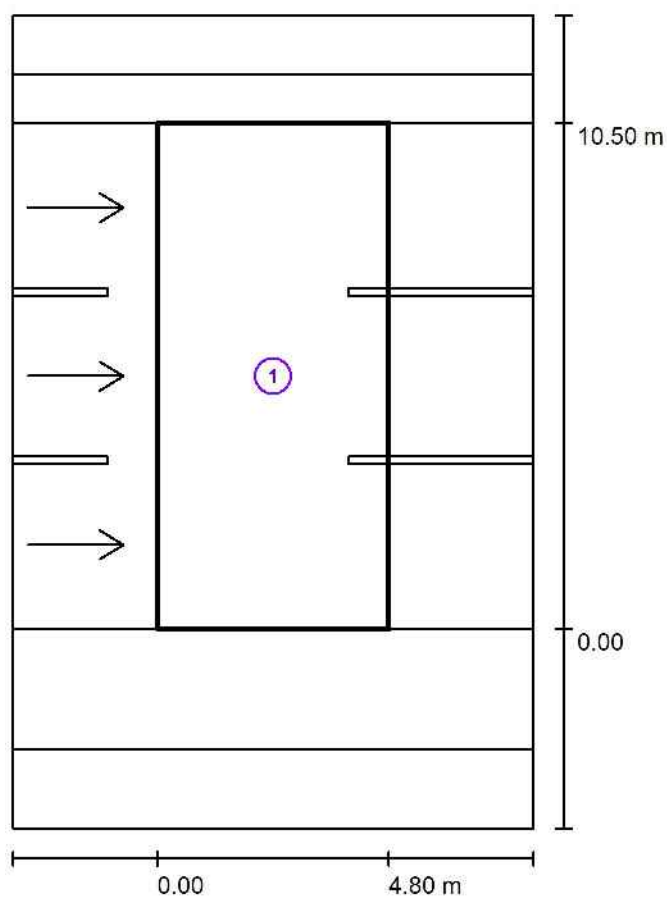
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR2 Nublado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:157

Lista del recuadro de evaluación

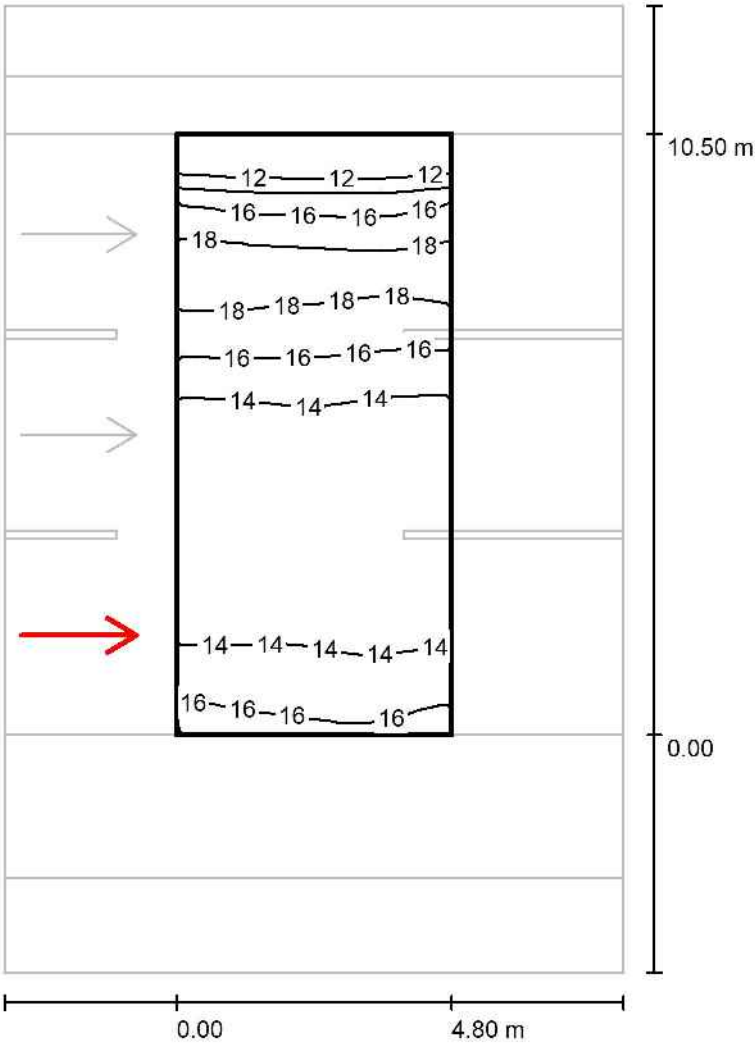
- Recuadro de evaluación Calzada 1
Longitud: 4.800 m, Anchura: 10.500 m
Trama: 10 x 9 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
14.50	0.72	0.93	/	0.22



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR2 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

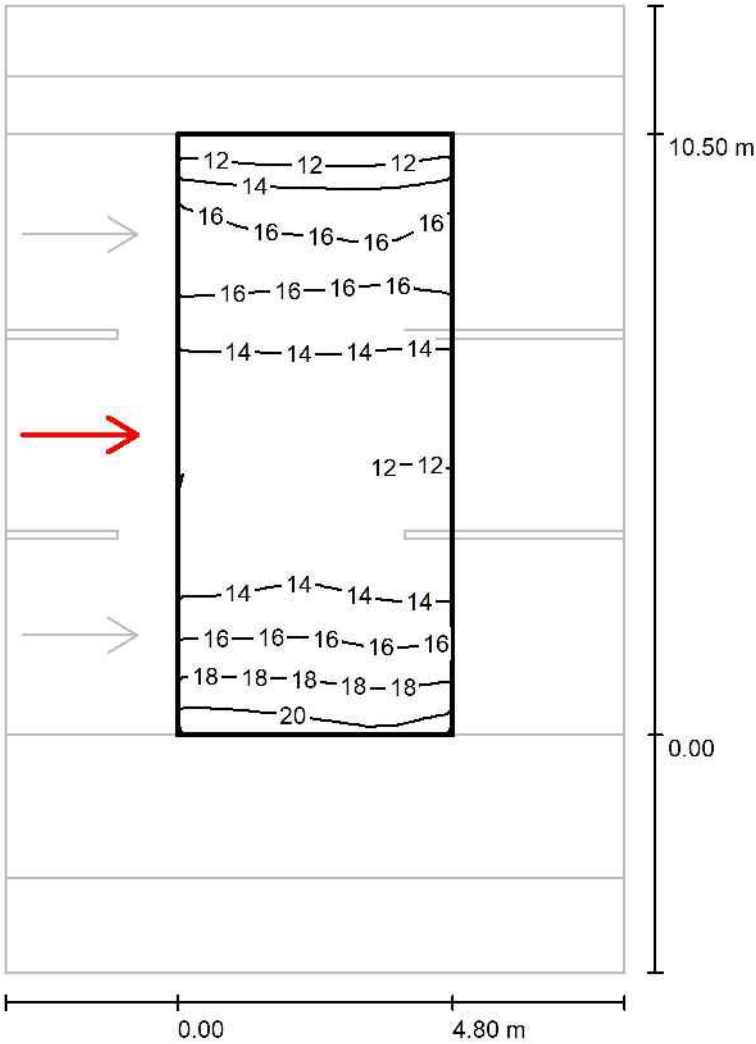
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
14.50	0.72	0.98	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR2 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

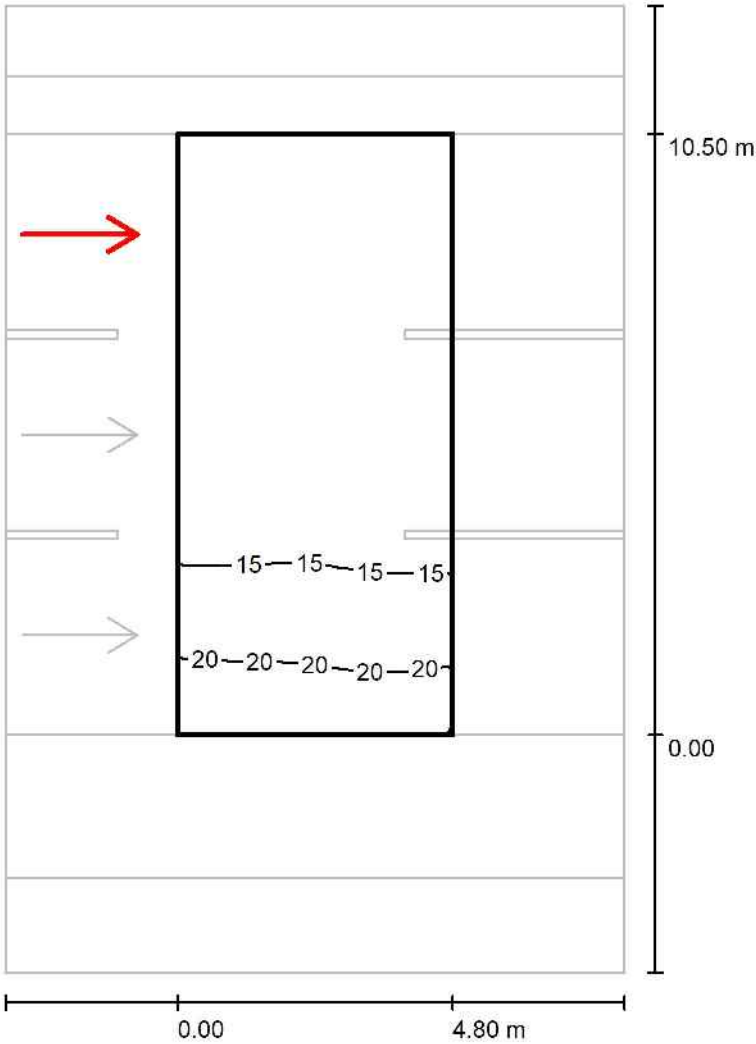
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
14.58	0.81	0.97	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR2 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 8.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
14.79	0.80	0.93	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

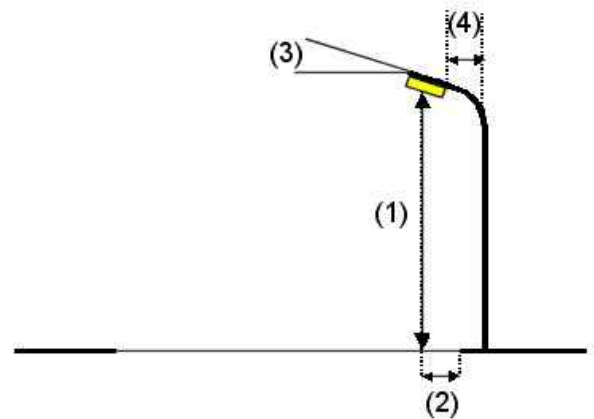
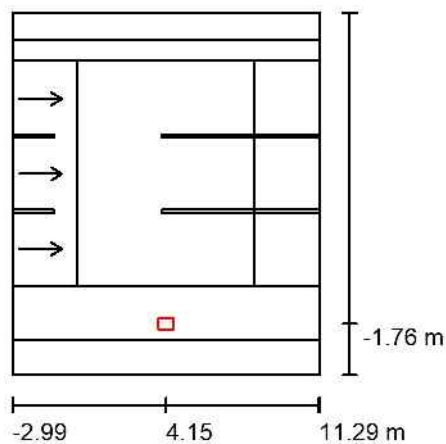
LTR3 Nublado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1 (Anchura: 1.240 m)
Arcén (Anchura: 1.000 m)
Calzada 1 (Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén (Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2 (Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-135W
Flujo luminoso (Luminaria): 16952 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16952 lm
Potencia de las luminarias: 135.0 W
Organización: unilateral abajo
Distancia entre mástiles: 7.140 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): -1.750 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

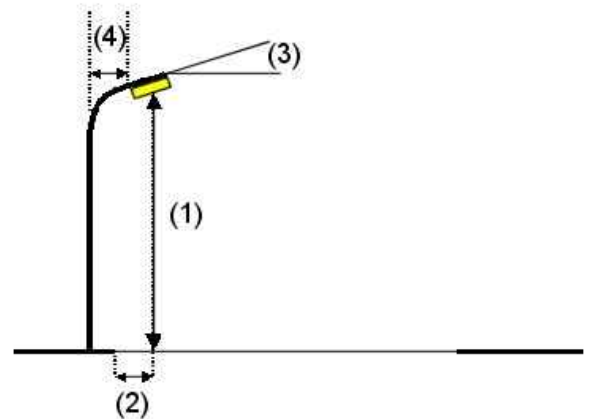
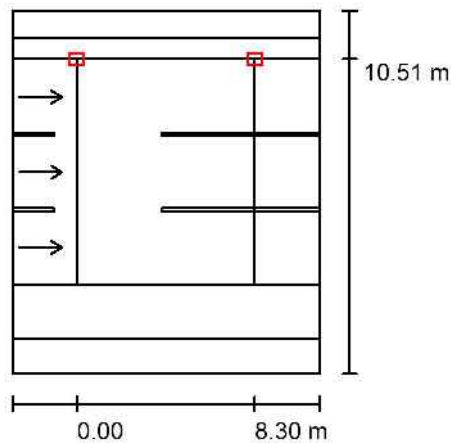
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.3.



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR3 Nublado / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-135W
Flujo luminoso (Luminaria): 16952 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16952 lm
Potencia de las luminarias: 135.0 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 8.300 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.3.

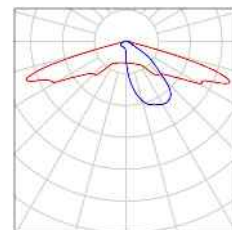


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR3 Nublado / Lista de luminarias

SETGA S.L.U BRG-0039-135W
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 16952 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16952 lm
Potencia de las luminarias: 135.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 25 59 93 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección 0.500).

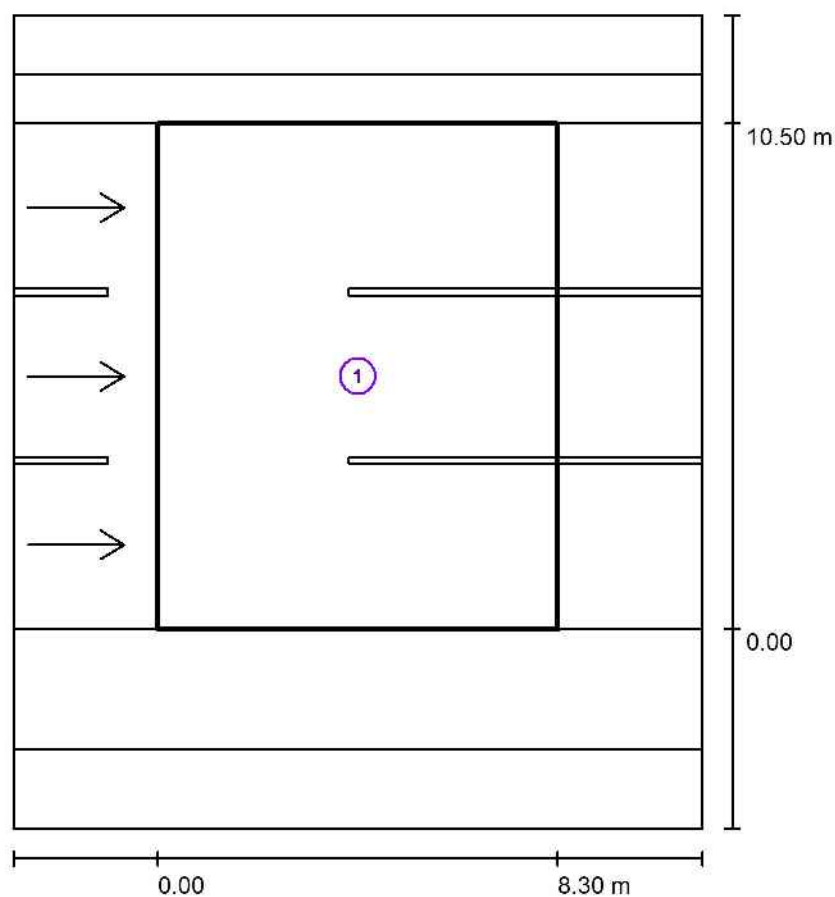
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR3 Nublado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:157

Lista del recuadro de evaluación

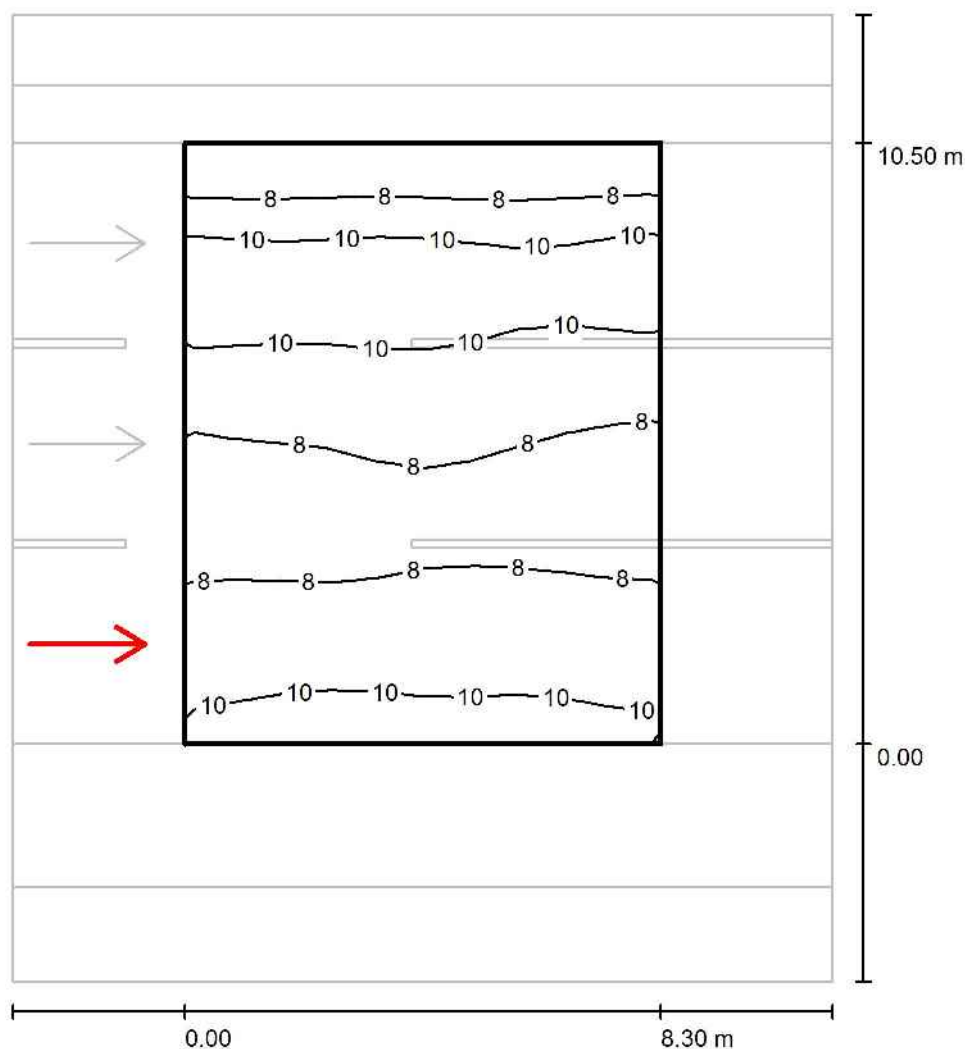
- Recuadro de evaluación Calzada 1
Longitud: 8.300 m, Anchura: 10.500 m
Trama: 10 x 9 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
8.89	0.68	0.92	/	0.23



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR3 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

Trama: 10 x 9 Puntos

Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)

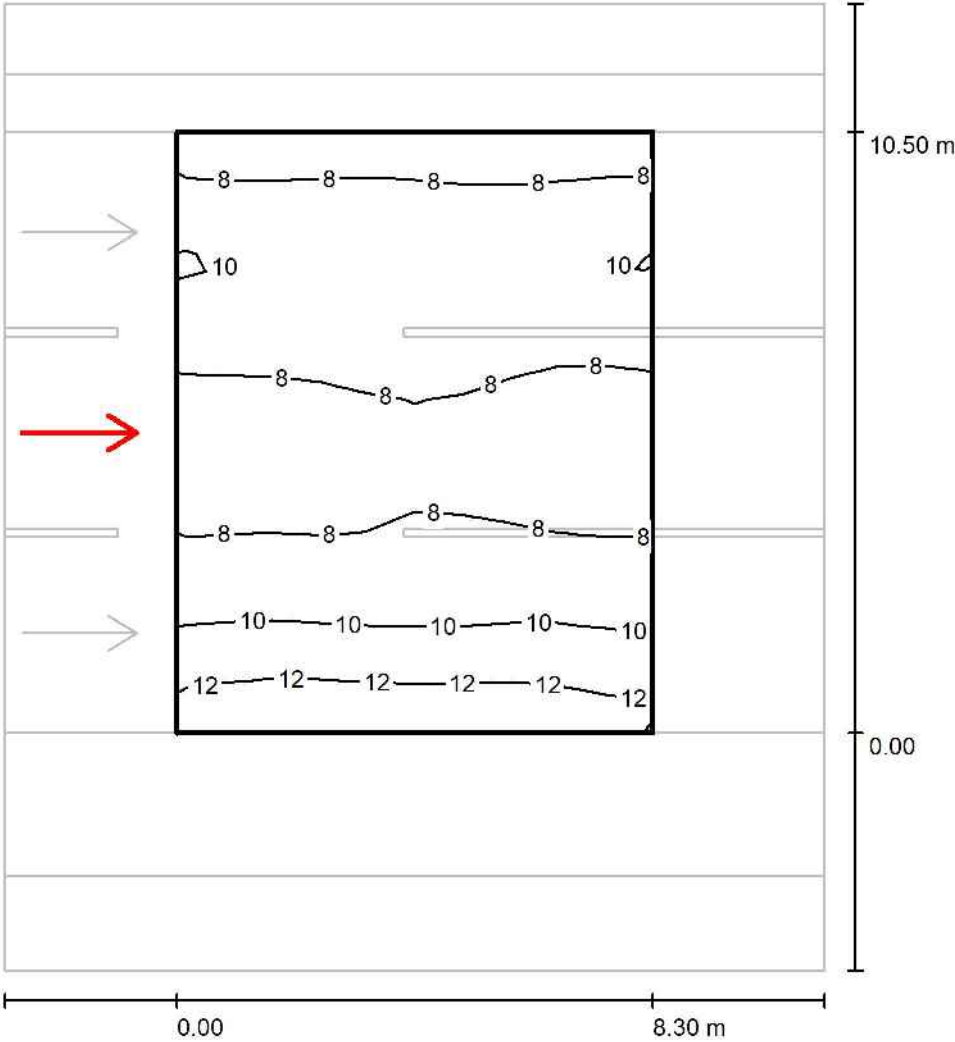
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
8.89	0.68	0.96	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR3 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

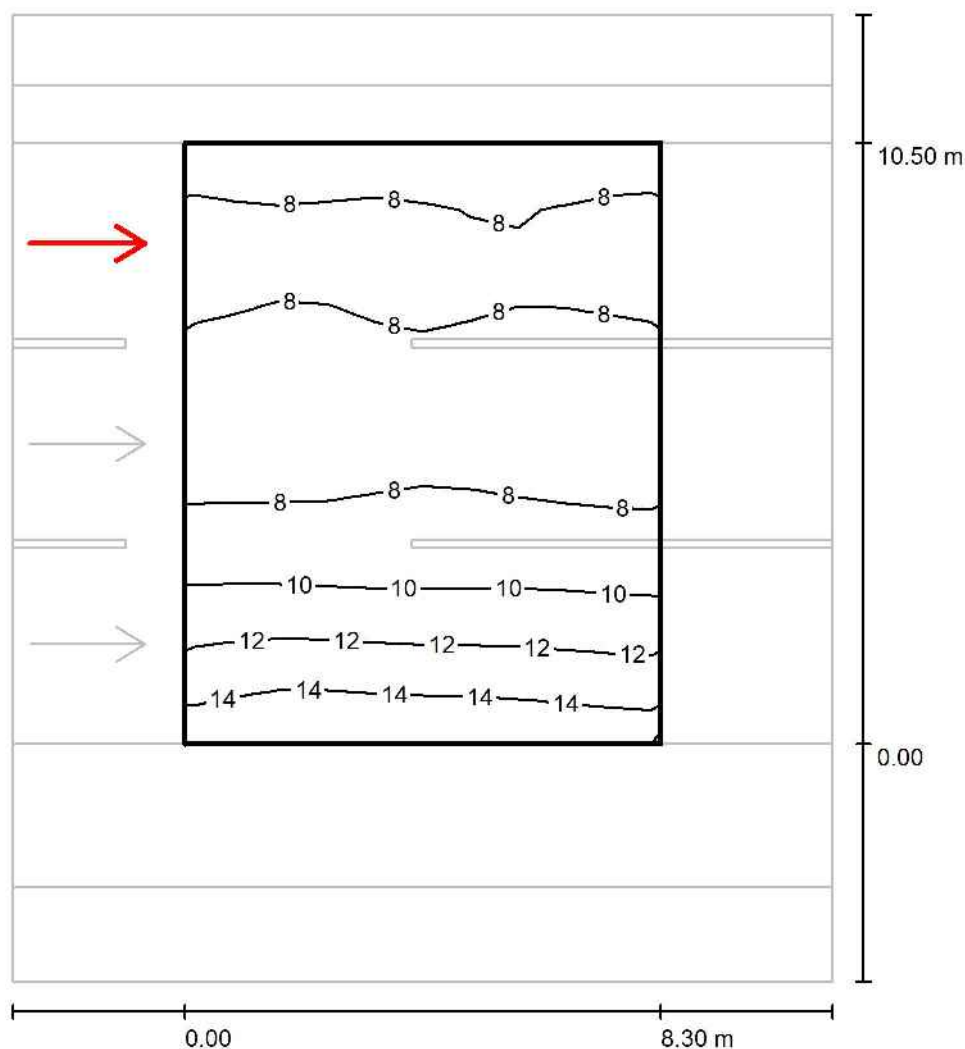
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
9.01	0.77	0.92	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR3 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

Trama: 10 x 9 Puntos

Posición del observador: (-60.000 m, 8.750 m, 1.500 m)

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]
9.21

U0
0.78

UI
0.94

TI [%]
/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

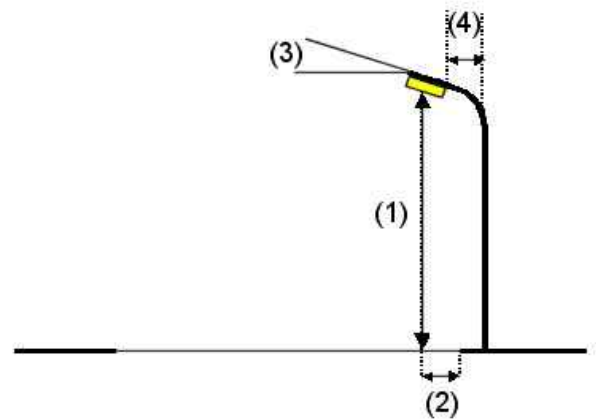
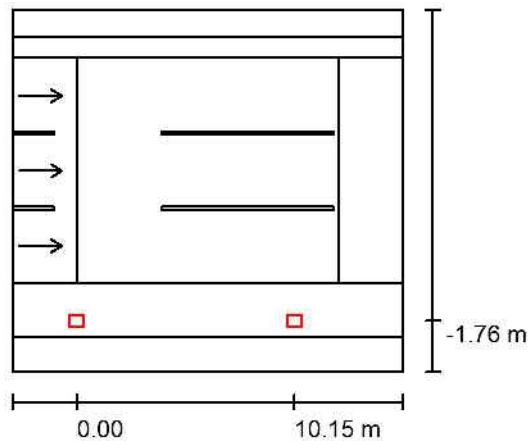
LTR4 Nublado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1 (Anchura: 1.240 m)
Arcén (Anchura: 1.000 m)
Calzada 1 (Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén (Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2 (Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-135W
Flujo luminoso (Luminaria): 16952 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16952 lm
Potencia de las luminarias: 135.0 W
Organización: unilateral abajo
Distancia entre mástiles: 10.150 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): -1.750 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

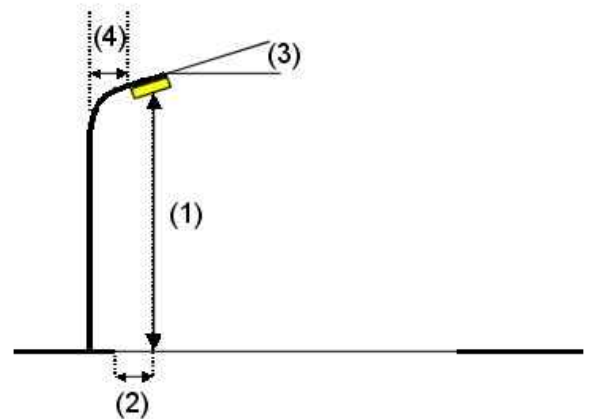
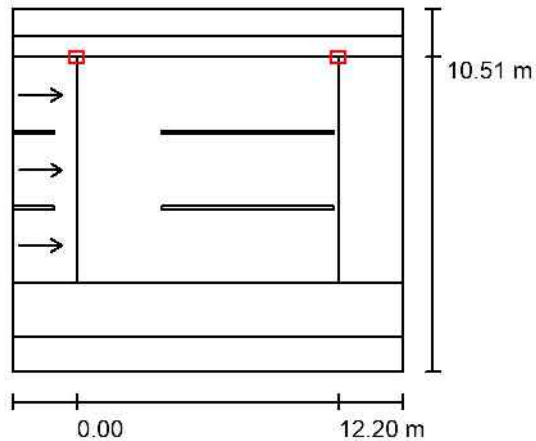
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.3.



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR4 Nublado / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-135W
Flujo luminoso (Luminaria): 16952 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16952 lm
Potencia de las luminarias: 135.0 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 12.200 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.3.

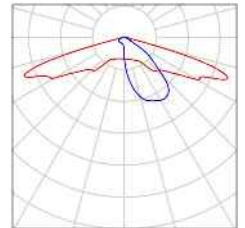


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR4 Nublado / Lista de luminarias

SETGA S.L.U BRG-0039-135W
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 16952 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16952 lm
Potencia de las luminarias: 135.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 25 59 93 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección 0.500).

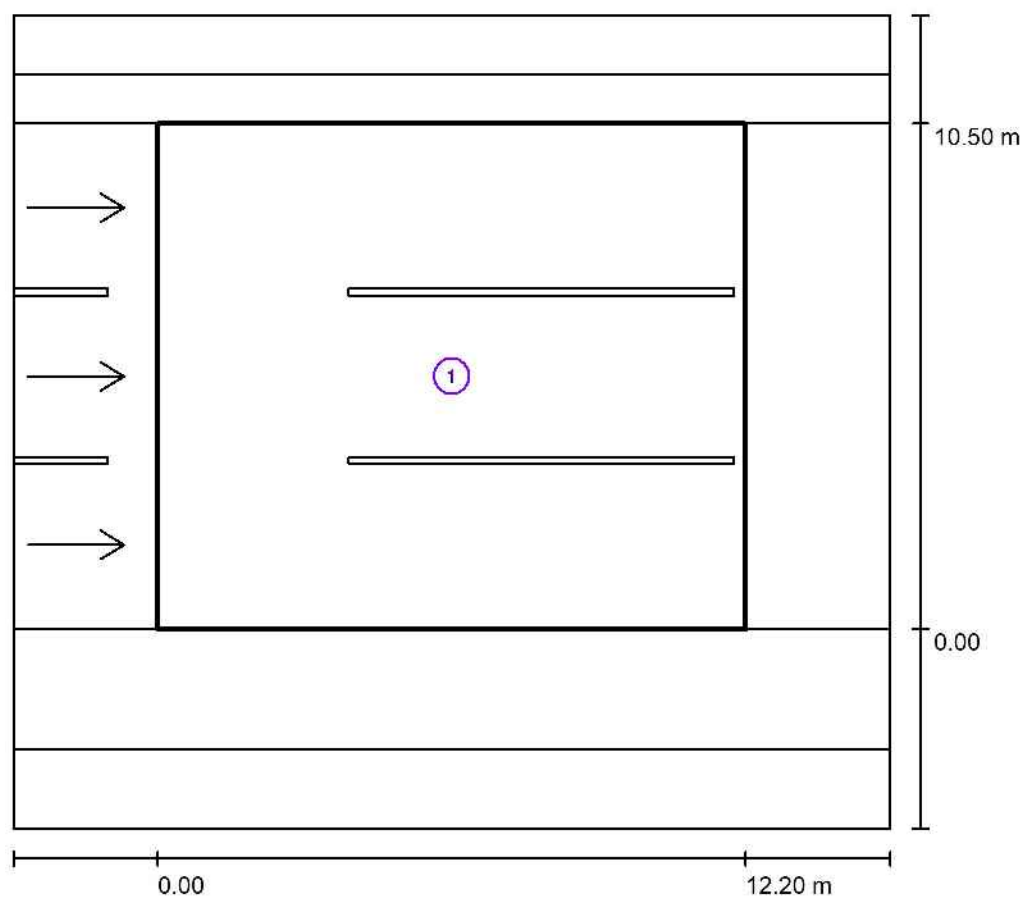
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR4 Nublado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:157

Lista del recuadro de evaluación

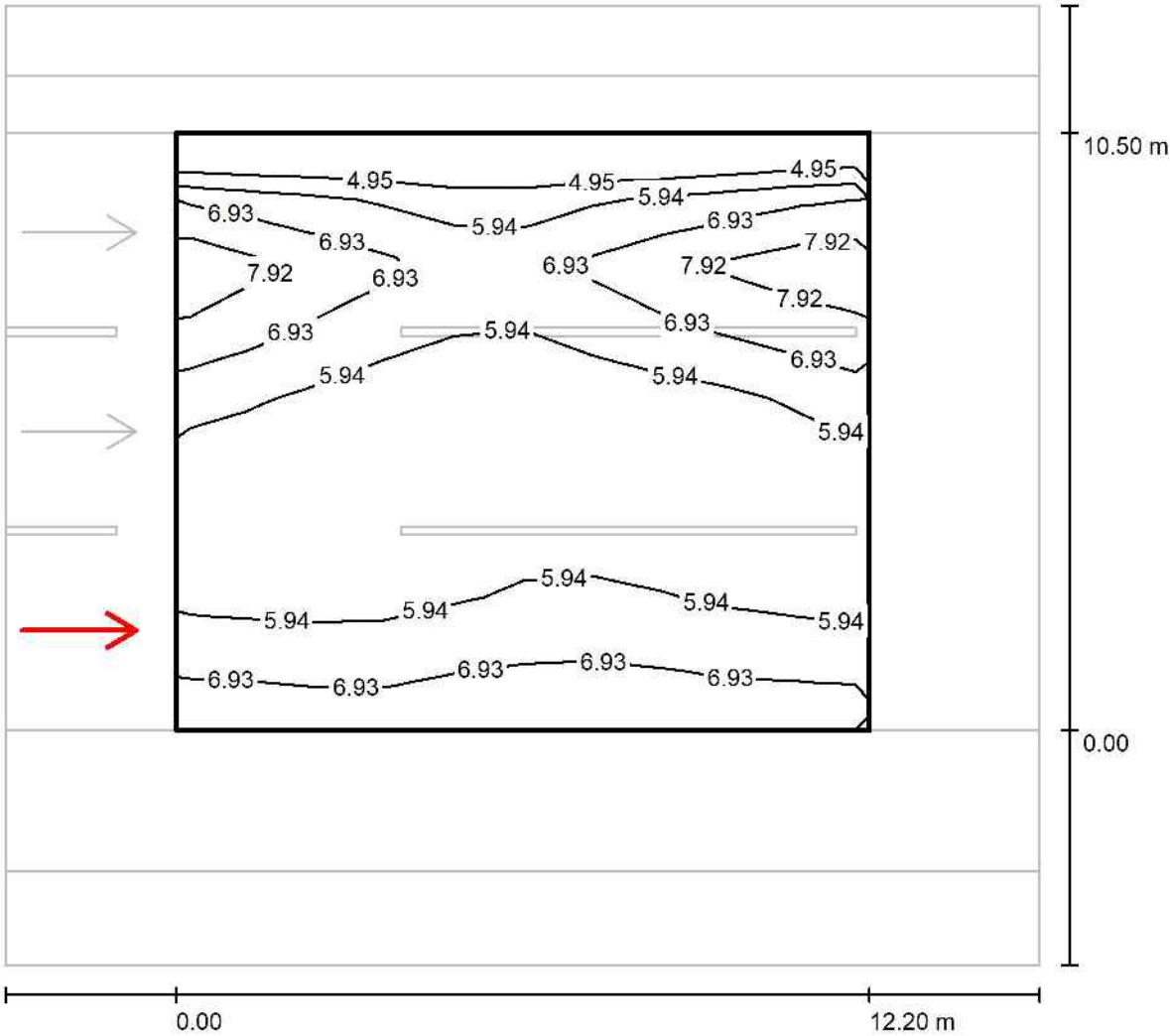
- Recuadro de evaluación Calzada 1
Longitud: 12.200 m, Anchura: 10.500 m
Trama: 10 x 9 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
6.11	0.65	0.80	/	0.23



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR4 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

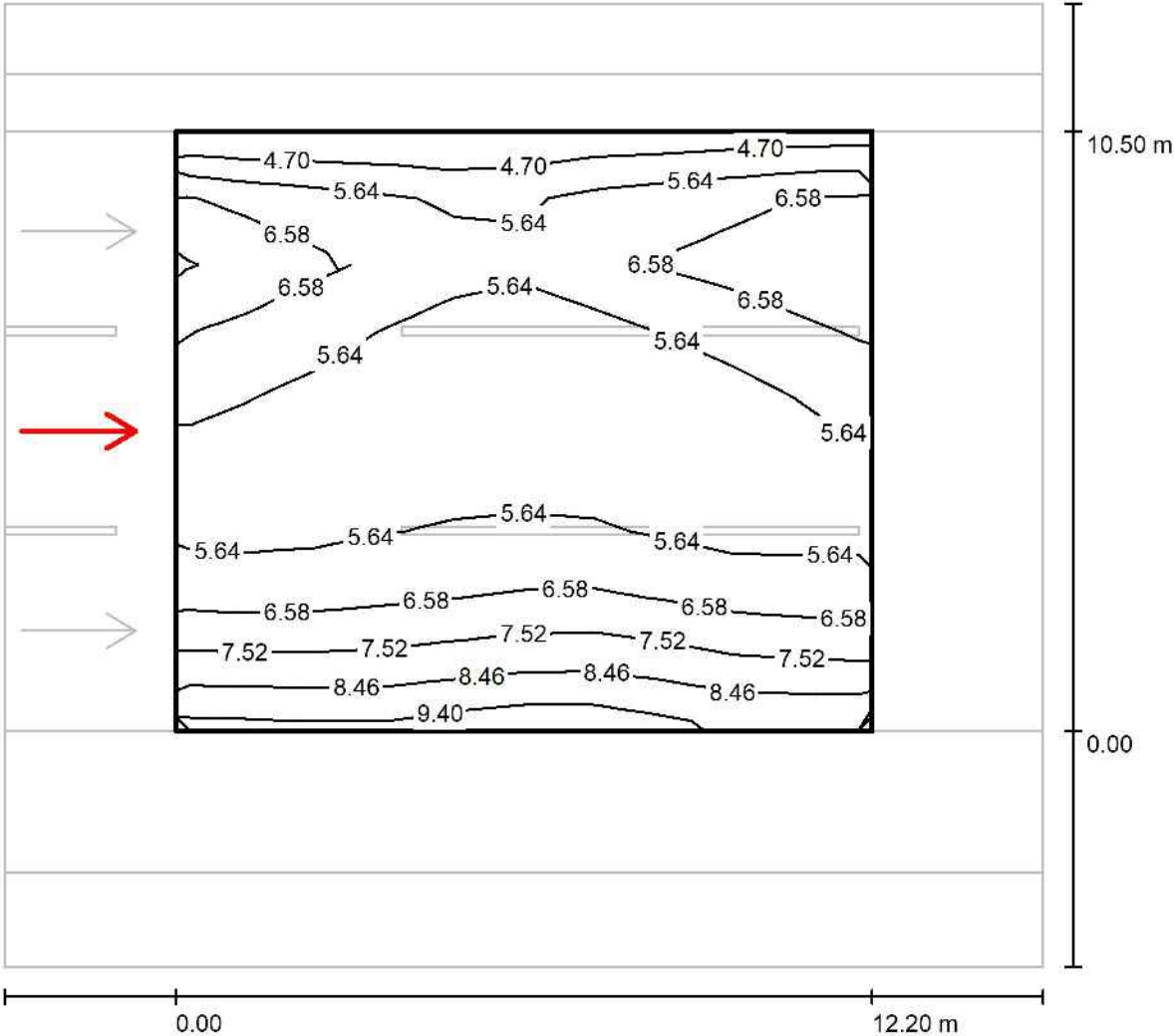
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
6.11	0.65	0.90	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR4 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

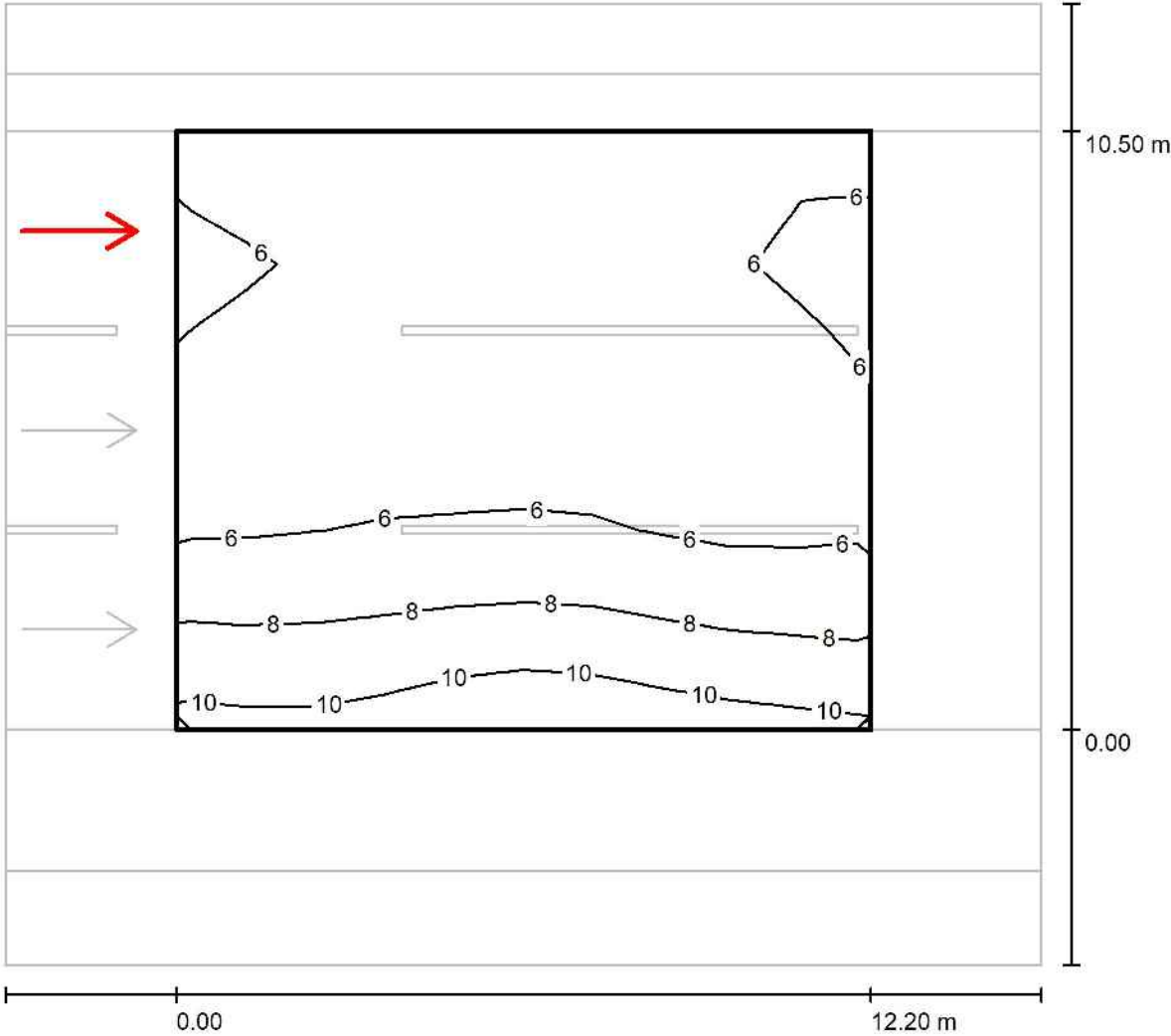
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
6.19	0.73	0.88	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR4 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 8.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
6.34	0.72	0.80	/

Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

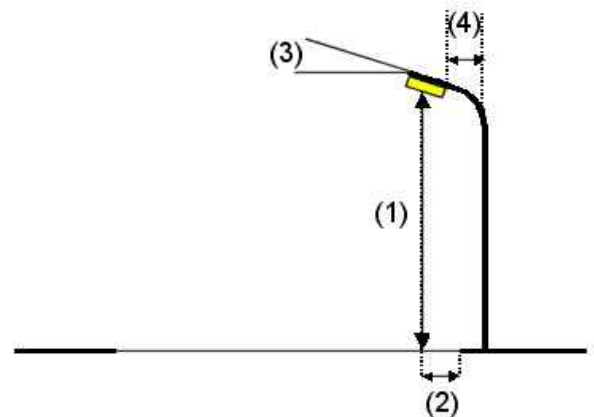
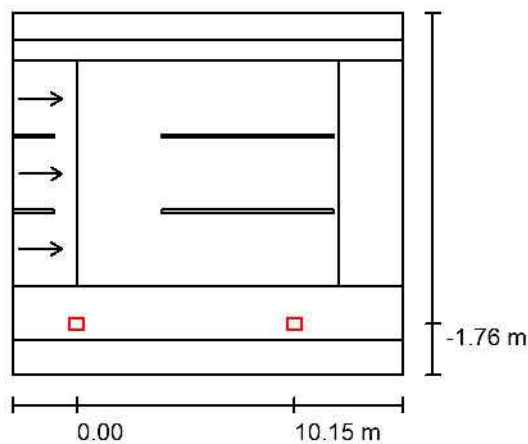
LTR5 Nublado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1 (Anchura: 1.240 m)
Arcén (Anchura: 1.000 m)
Calzada 1 (Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén (Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2 (Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-88W
Flujo luminoso (Luminaria): 11893 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 11893 lm
Potencia de las luminarias: 88.0 W
Organización: unilateral abajo
Distancia entre mástiles: 10.150 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): -1.750 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

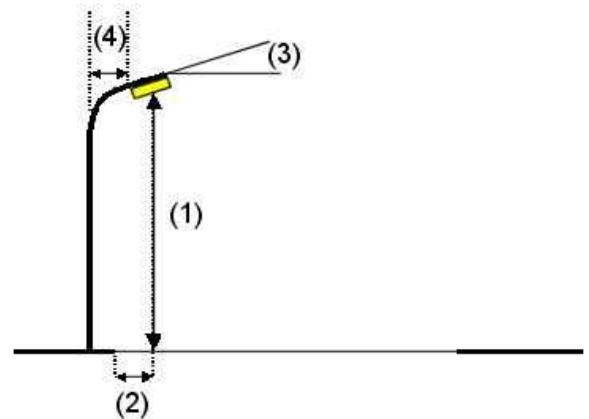
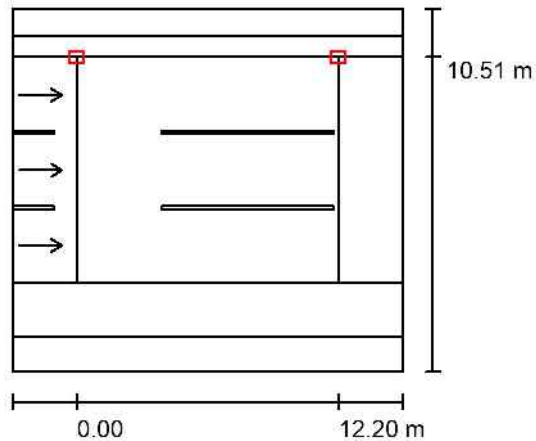
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.3.



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR5 Nublado / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-88W
Flujo luminoso (Luminaria): 11893 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 11893 lm
Potencia de las luminarias: 88.0 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 12.200 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.3.

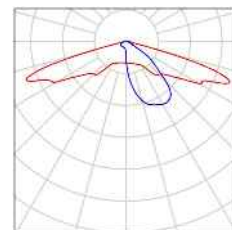


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR5 Nublado / Lista de luminarias

SETGA S.L.U BRG-0039-88W
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 11893 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 11893 lm
Potencia de las luminarias: 88.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 25 59 93 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección 0.500).

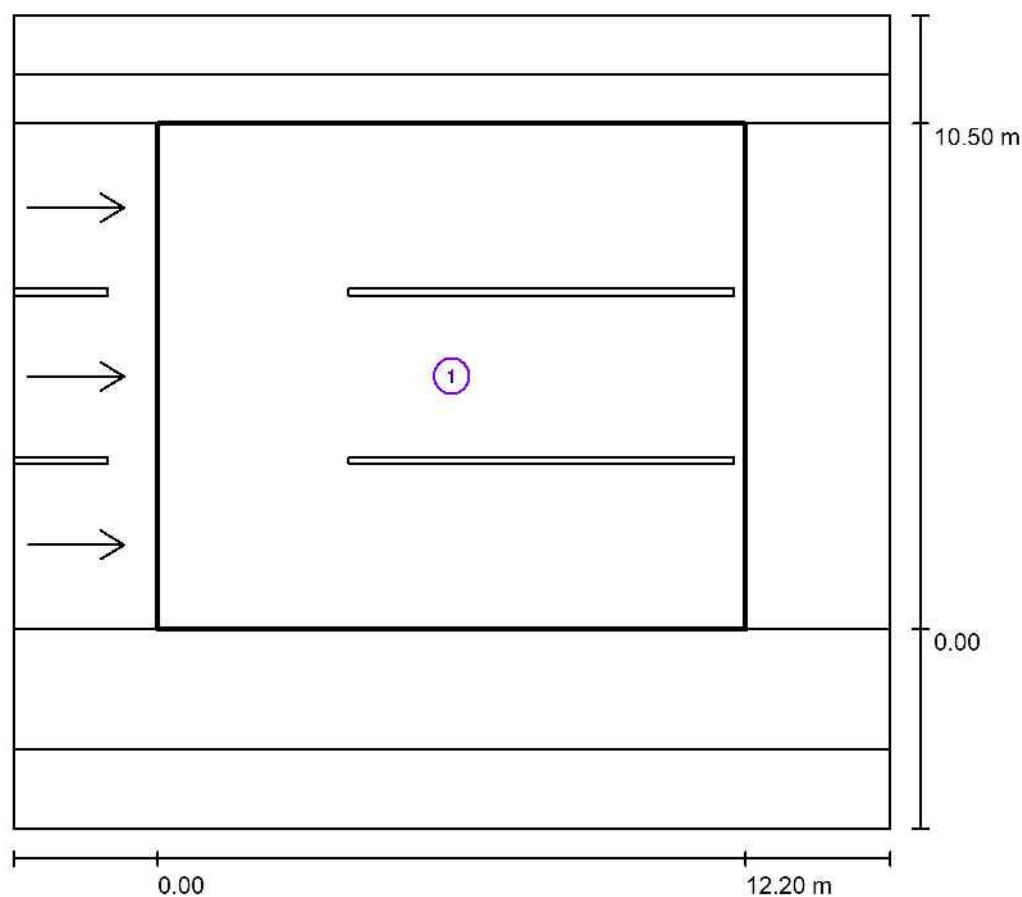
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR5 Nublado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:157

Lista del recuadro de evaluación

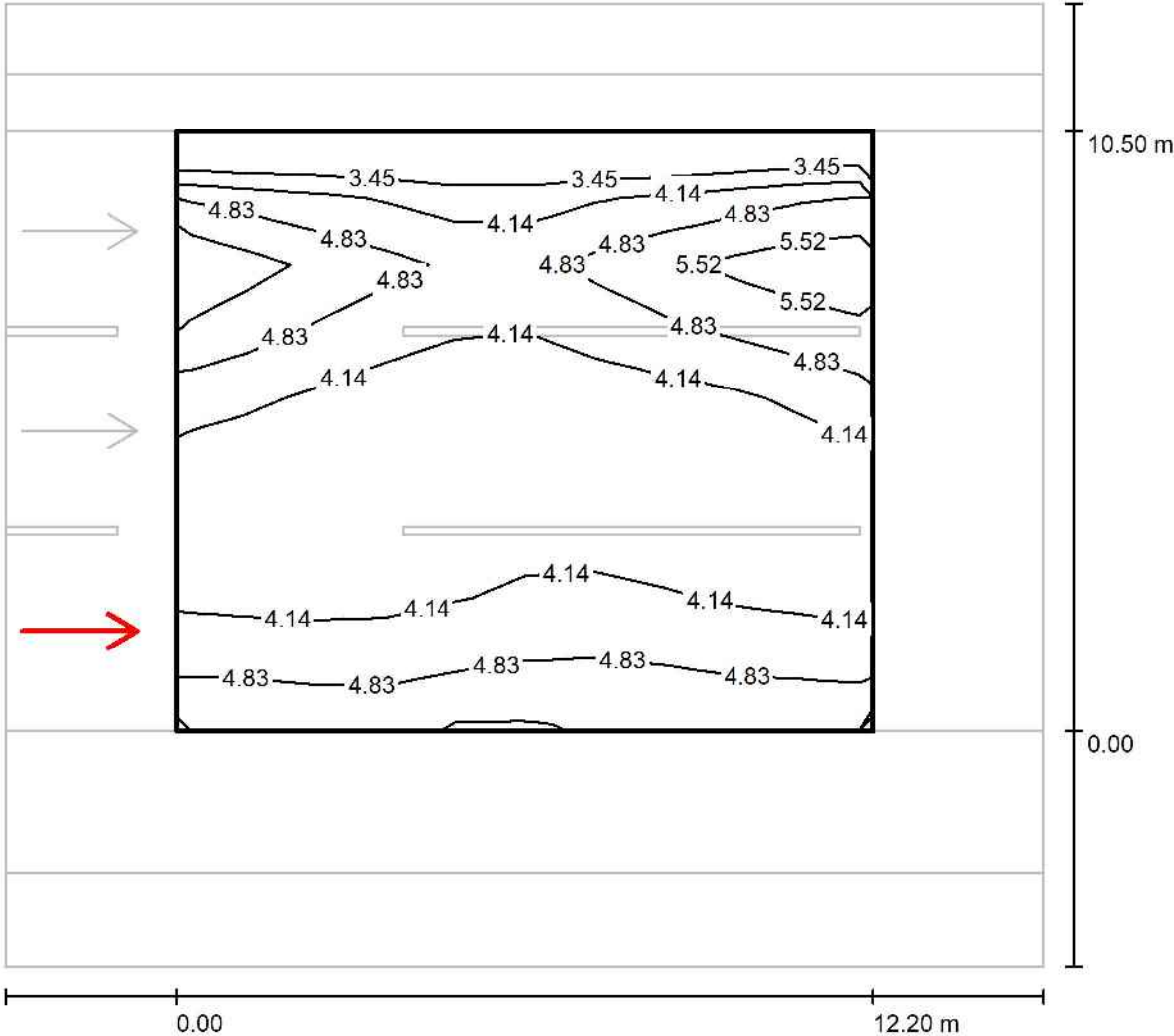
- Recuadro de evaluación Calzada 1
Longitud: 12.200 m, Anchura: 10.500 m
Trama: 10 x 9 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
4.29	0.65	0.80	15	0.23



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR5 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

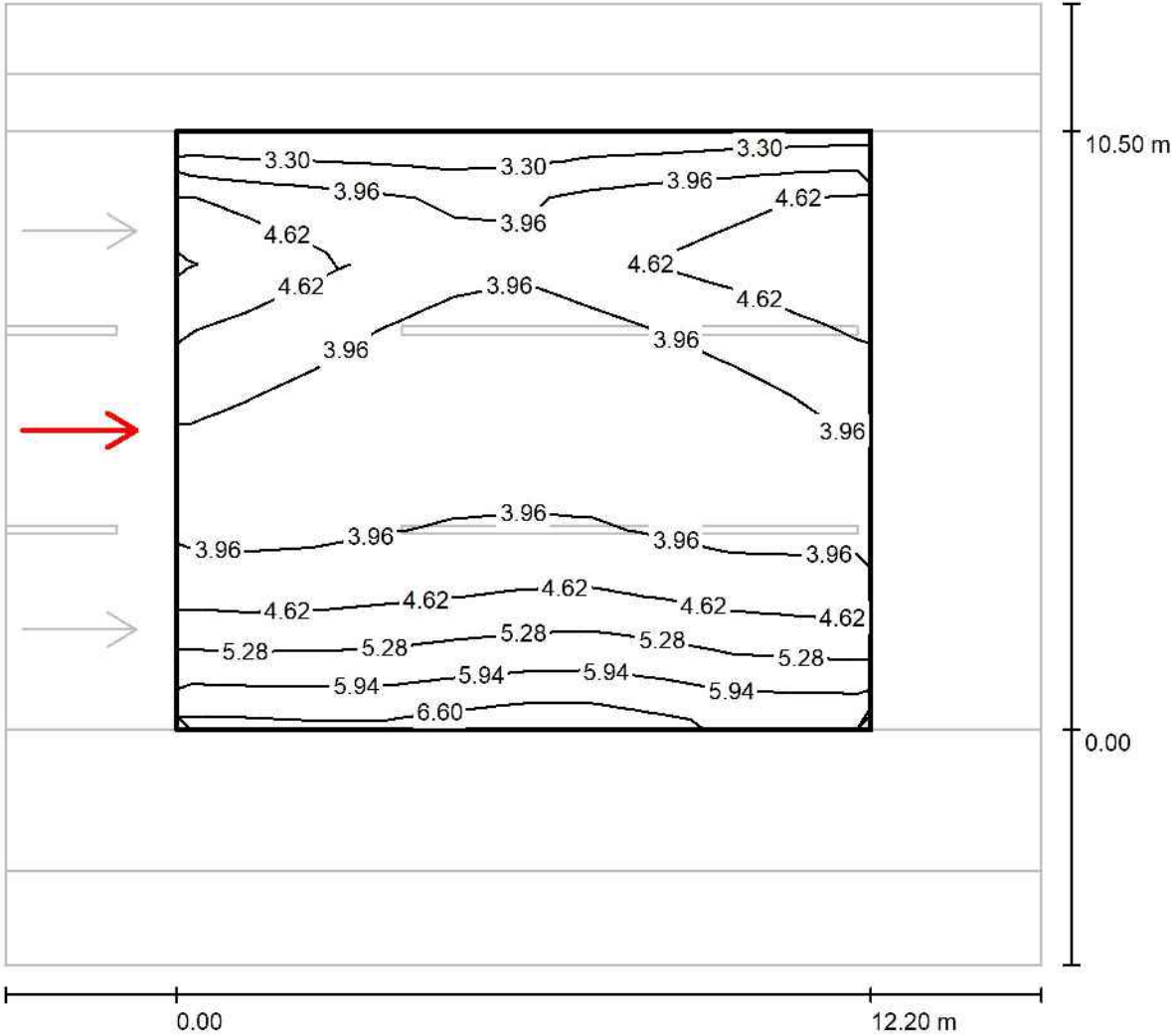
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
4.29	0.65	0.90	15



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR5 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

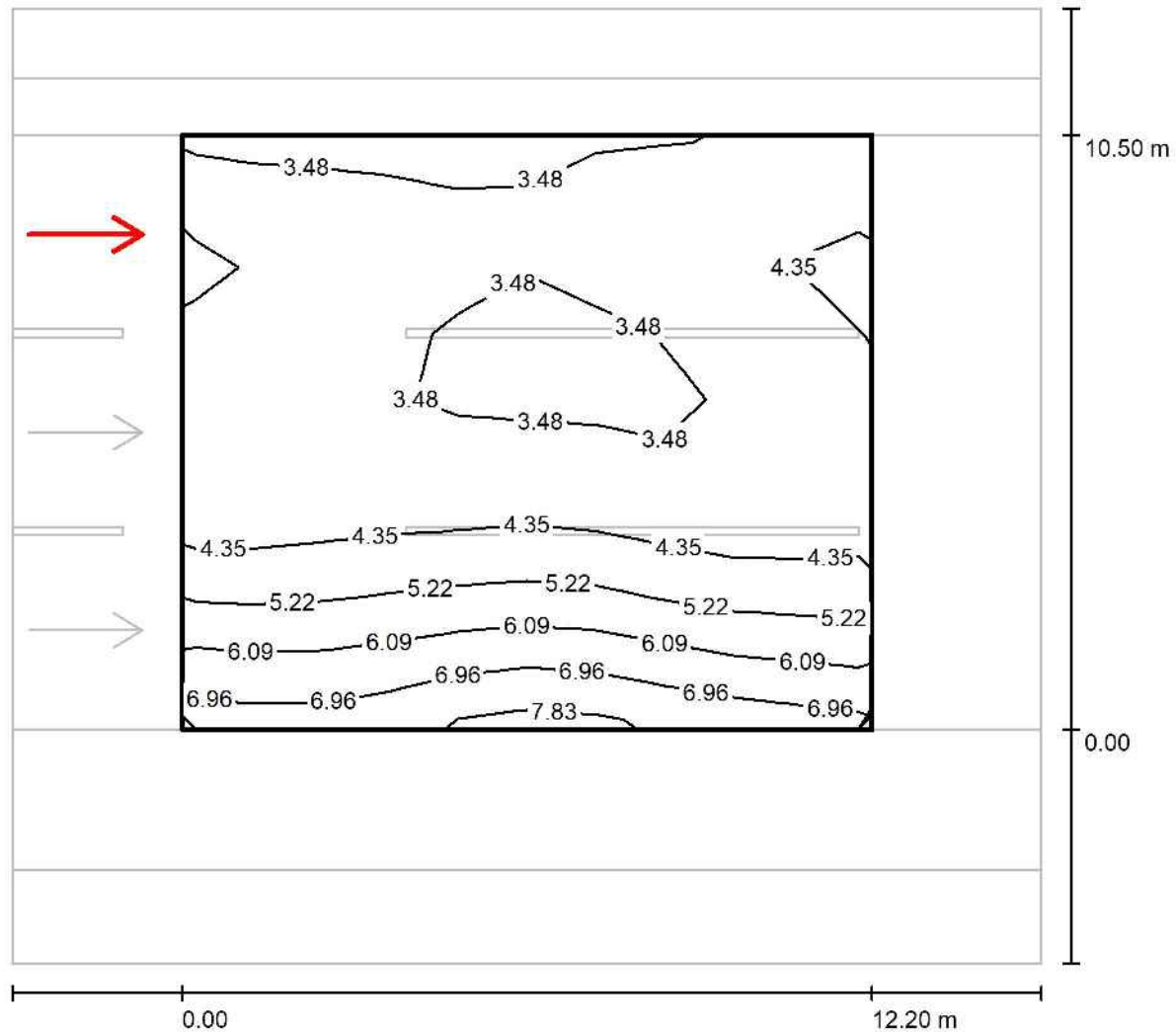
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
4.35	0.73	0.88	10



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR5 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

Trama: 10 x 9 Puntos

Posición del observador: (-60.000 m, 8.750 m, 1.500 m)

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
4.45	0.72	0.80	15

Cálculos lumínicos - Sentido Este

Proyecto de ejecución de una planta solar fotovoltaica e
instalación de iluminación LED en un túnel de carretera



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

Índice

Cálculos lumínicos - Sentido Este

Portada del proyecto	1
Índice	2

Nocturno-Permanente

Datos de planificación	7
Lista de luminarias	9
Resultados luminotécnicos	10

Recuadros de evaluación**Recuadro de evaluación Calzada 1**

Isolíneas (E)	11
Gama de grises (E)	12

Observador**Observador 1**

Isolíneas (L)	13
---------------	----

Observador 2

Isolíneas (L)	14
---------------	----

Observador 3

Isolíneas (L)	15
---------------	----

LTH1 Soleado

Datos de planificación	16
Lista de luminarias	18
Resultados luminotécnicos	19

Recuadros de evaluación**Recuadro de evaluación Calzada 1****Observador****Observador 1**

Isolíneas (L)	20
---------------	----

Observador 2

Isolíneas (L)	21
---------------	----

Observador 3

Isolíneas (L)	22
---------------	----

LTH2 Soleado

Datos de planificación	23
Lista de luminarias	25
Resultados luminotécnicos	26

Recuadros de evaluación**Recuadro de evaluación Calzada 1****Observador****Observador 1**

Isolíneas (L)	27
---------------	----

Observador 2

Isolíneas (L)	28
---------------	----

Observador 3

Isolíneas (L)	29
---------------	----

LTR1 Soleado

Datos de planificación	30
Lista de luminarias	32
Resultados luminotécnicos	33

Recuadros de evaluación**Recuadro de evaluación Calzada 1****Observador****Observador 1**

Isolíneas (L)	34
---------------	----

Observador 2



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

Índice

Isolíneas (L)	35
Observador 3	
Isolíneas (L)	36
LTR2 Soleado	
Datos de planificación	37
Lista de luminarias	39
Resultados luminotécnicos	40
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Observador	
Observador 1	
Isolíneas (L)	41
Observador 2	
Isolíneas (L)	42
Observador 3	
Isolíneas (L)	43
LTR3 Soleado	
Datos de planificación	44
Lista de luminarias	46
Resultados luminotécnicos	47
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Observador	
Observador 1	
Isolíneas (L)	48
Observador 2	
Isolíneas (L)	49
Observador 3	
Isolíneas (L)	50
LTR4 Soleado	
Datos de planificación	51
Lista de luminarias	53
Resultados luminotécnicos	54
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Observador	
Observador 1	
Isolíneas (L)	55
Observador 2	
Isolíneas (L)	56
Observador 3	
Isolíneas (L)	57
LTR5 Soleado	
Datos de planificación	58
Lista de luminarias	60
Resultados luminotécnicos	61
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Observador	
Observador 1	
Isolíneas (L)	62
Observador 2	
Isolíneas (L)	63
Observador 3	



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

Índice

	Isolíneas (L)	64
LTH1 Nublado		
Datos de planificación		65
Lista de luminarias		67
Resultados luminotécnicos		68
Recuadros de evaluación		
Recuadro de evaluación Calzada 1		
Observador		
Observador 1		
Isolíneas (L)		69
Observador 2		
Isolíneas (L)		70
Observador 3		
Isolíneas (L)		71
LTH2 Nublado		
Datos de planificación		72
Lista de luminarias		74
Resultados luminotécnicos		75
Recuadros de evaluación		
Recuadro de evaluación Calzada 1		
Observador		
Observador 1		
Isolíneas (L)		76
Observador 2		
Isolíneas (L)		77
Observador 3		
Isolíneas (L)		78
LTR1 Nublado		
Datos de planificación		79
Lista de luminarias		81
Resultados luminotécnicos		82
Recuadros de evaluación		
Recuadro de evaluación Calzada 1		
Observador		
Observador 1		
Isolíneas (L)		83
Observador 2		
Isolíneas (L)		84
Observador 3		
Isolíneas (L)		85
LTR2 Nublado		
Datos de planificación		86
Lista de luminarias		88
Resultados luminotécnicos		89
Recuadros de evaluación		
Recuadro de evaluación Calzada 1		
Observador		
Observador 1		
Isolíneas (L)		90
Observador 2		
Isolíneas (L)		91
Observador 3		
Isolíneas (L)		92
LTR3 Nublado		



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

Índice

Datos de planificación	93
Lista de luminarias	95
Resultados luminotécnicos	96
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Observador	
Observador 1	
Isolíneas (L)	97
Observador 2	
Isolíneas (L)	98
Observador 3	
Isolíneas (L)	99
LTR4 Nublado	
Datos de planificación	100
Lista de luminarias	102
Resultados luminotécnicos	103
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Observador	
Observador 1	
Isolíneas (L)	104
Observador 2	
Isolíneas (L)	105
Observador 3	
Isolíneas (L)	106
LTR5 Nublado	
Datos de planificación	107
Lista de luminarias	109
Resultados luminotécnicos	110
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Observador	
Observador 1	
Isolíneas (L)	111
Observador 2	
Isolíneas (L)	112
Observador 3	
Isolíneas (L)	113



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

Índice

Resultados luminotécnicos

124



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

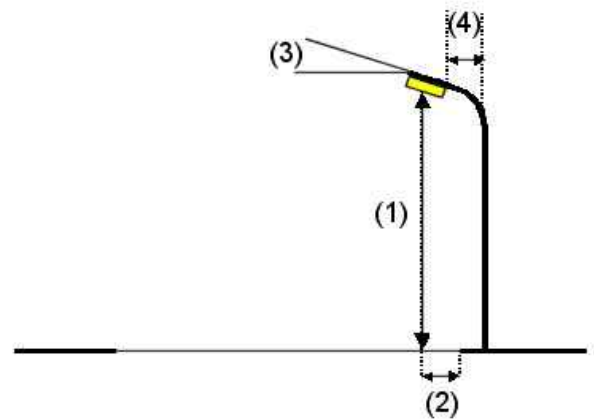
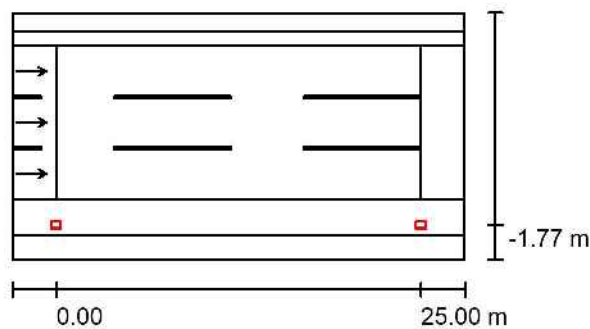
Nocturno-Permanente / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1 (Anchura: 1.240 m)
Arcén (Anchura: 1.000 m)
Calzada 1 (Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén (Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2 (Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U. BRG-0003-74W
Flujo luminoso (Luminaria): 9989 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 9989 lm
Potencia de las luminarias: 74.0 W
Organización: unilateral abajo
Distancia entre mástiles: 25.000 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.408 m
Saliente sobre la calzada (2): -1.750 m
Inclinación del brazo (3): 10.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 711 cd/klm
con 80°: 259 cd/klm
con 90°: 30 cd/klm

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

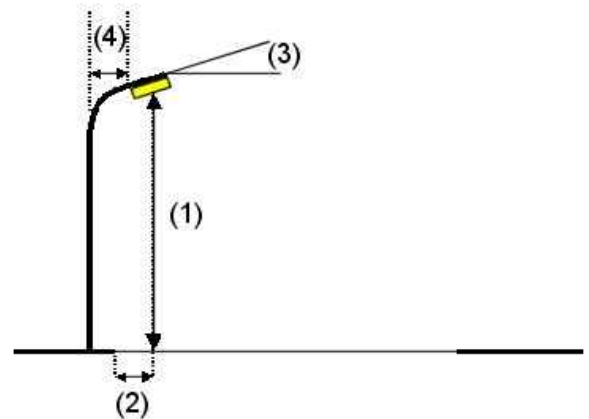
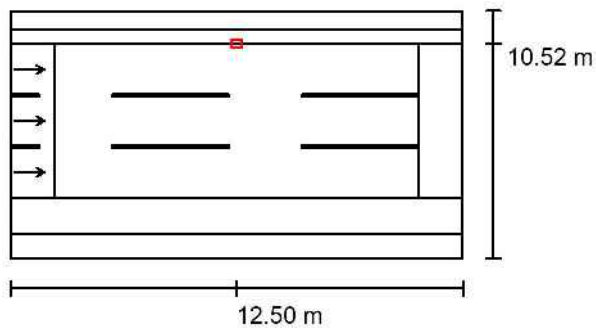
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.2.



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

Nocturno-Permanente / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U. BRG-0003-74W
Flujo luminoso (Luminaria): 9989 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 9989 lm
Potencia de las luminarias: 74.0 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 25.000 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.408 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 10.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 711 cd/klm
con 80°: 259 cd/klm
con 90°: 30 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.2.

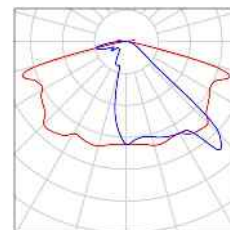


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

Nocturno-Permanente / Lista de luminarias

SETGA S.L.U. BRG-0003-74W
Nº de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 9989 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 9989 lm
Potencia de las luminarias: 74.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 38 71 94 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección
1.000).

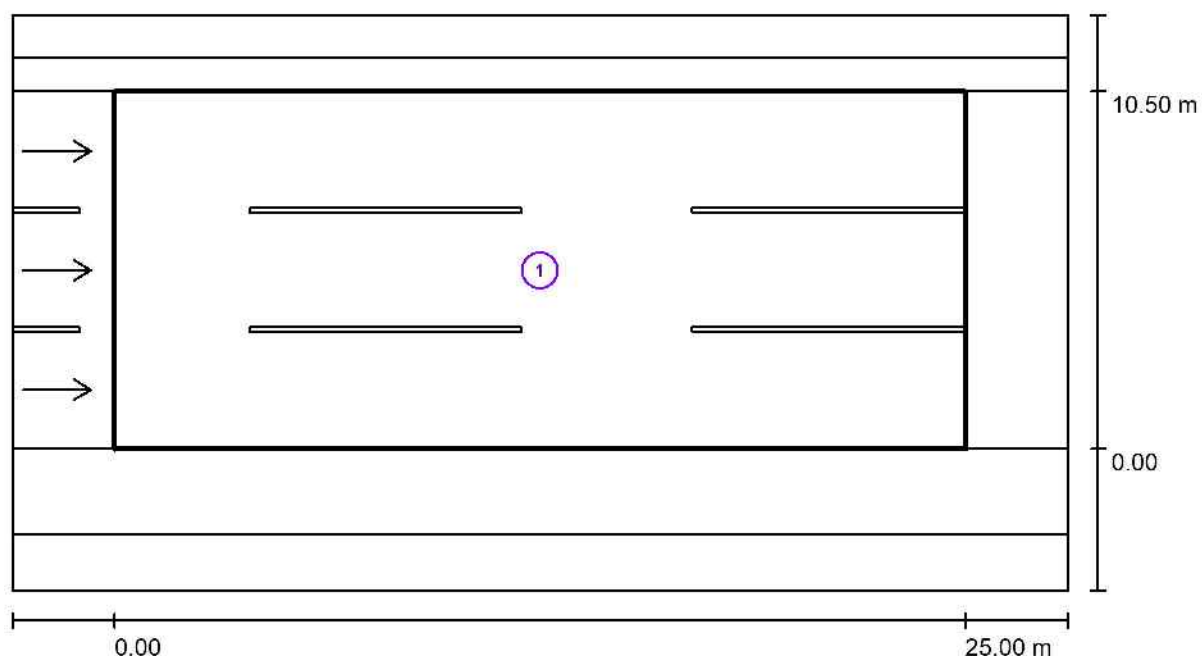
Dispone de una imagen
de la luminaria en
nuestro catálogo de
luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

Nocturno-Permanente / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:222

Lista del recuadro de evaluación

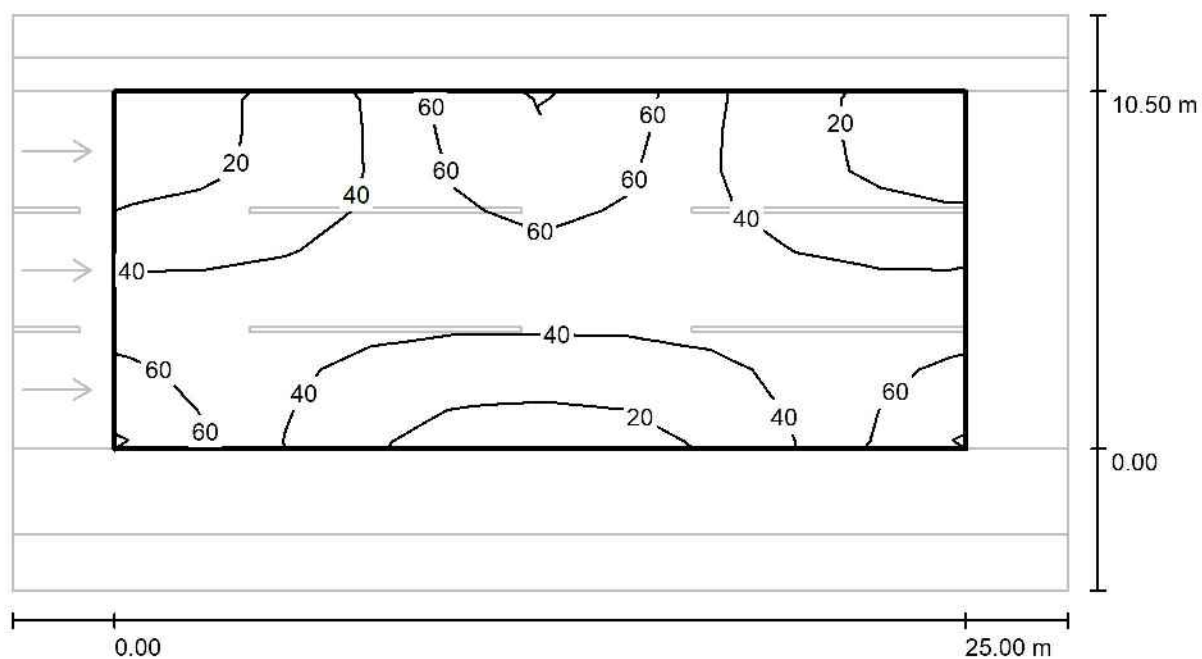
- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
Longitud: 25.000 m, Anchura: 10.500 m
Trama: 10 x 9 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
2.40	0.56	0.56	14	0.37



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

Nocturno-Permanente / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 222

Trama: 10 x 9 Puntos

E_m [lx]
41

E_{min} [lx]
14

E_{max} [lx]
81

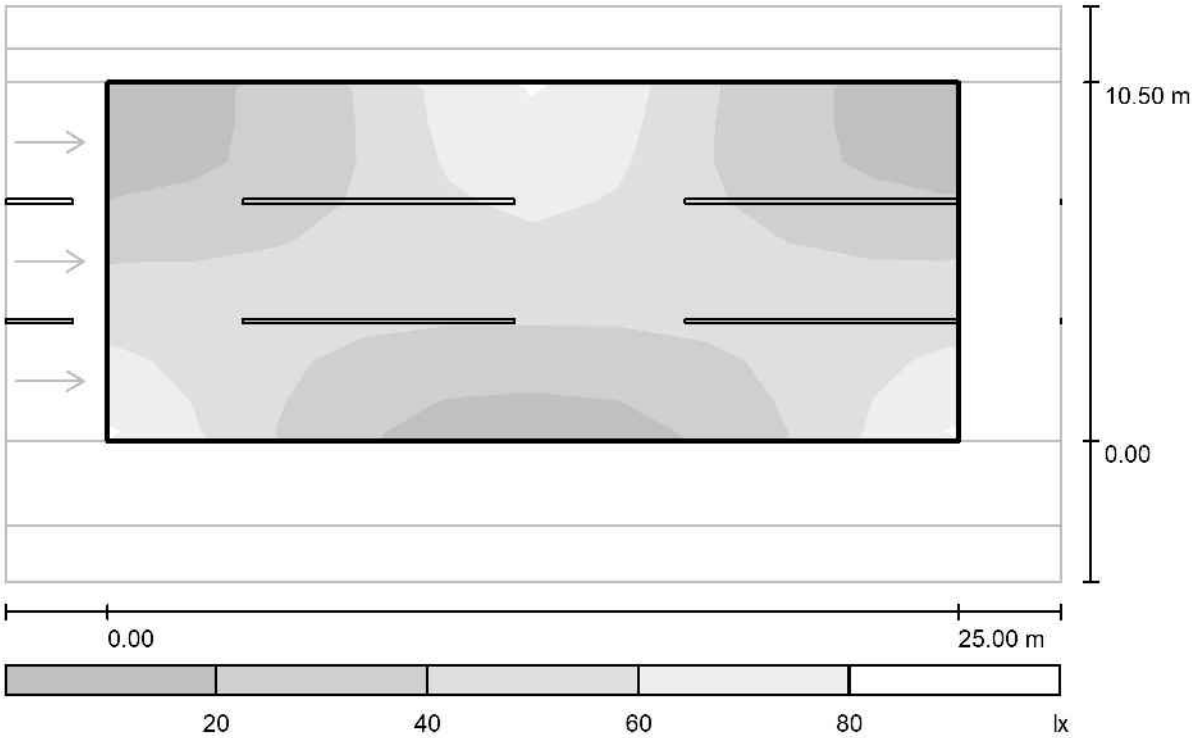
E_{min} / E_m
0.331

E_{min} / E_{max}
0.168



Proyecto elaborado por Rocio Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

Nocturno-Permanente / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Gama de grises (E)



Escala 1 : 222

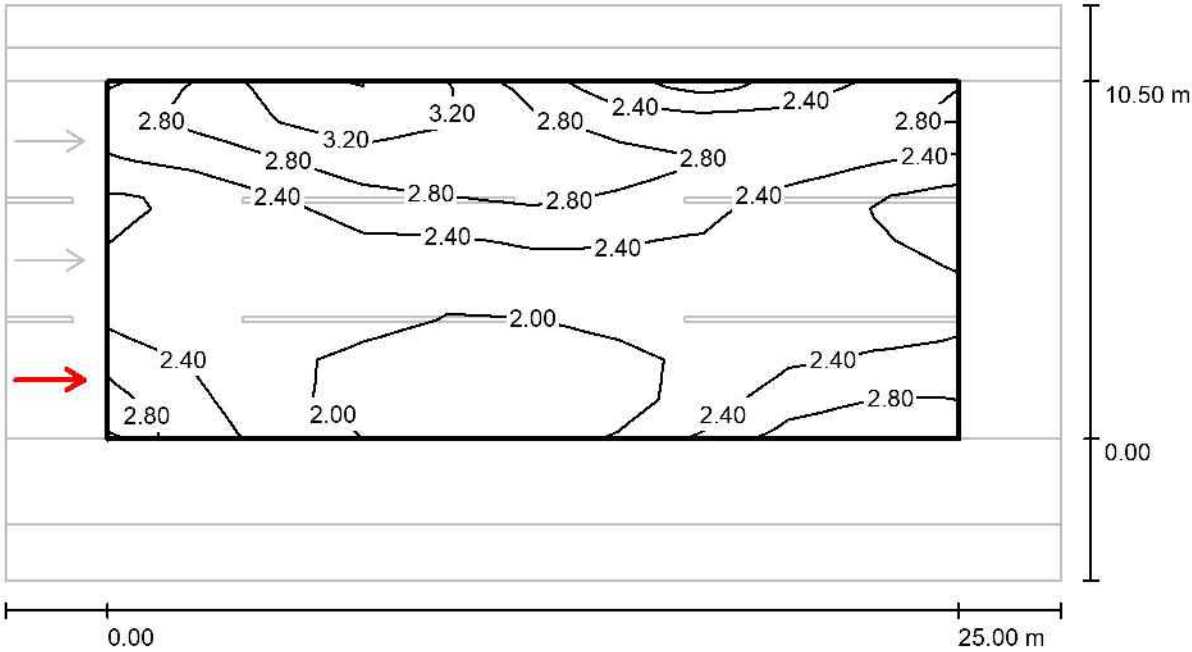
Trama: 10 x 9 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
41	14	81	0.331	0.168



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

Nocturno-Permanente / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 222

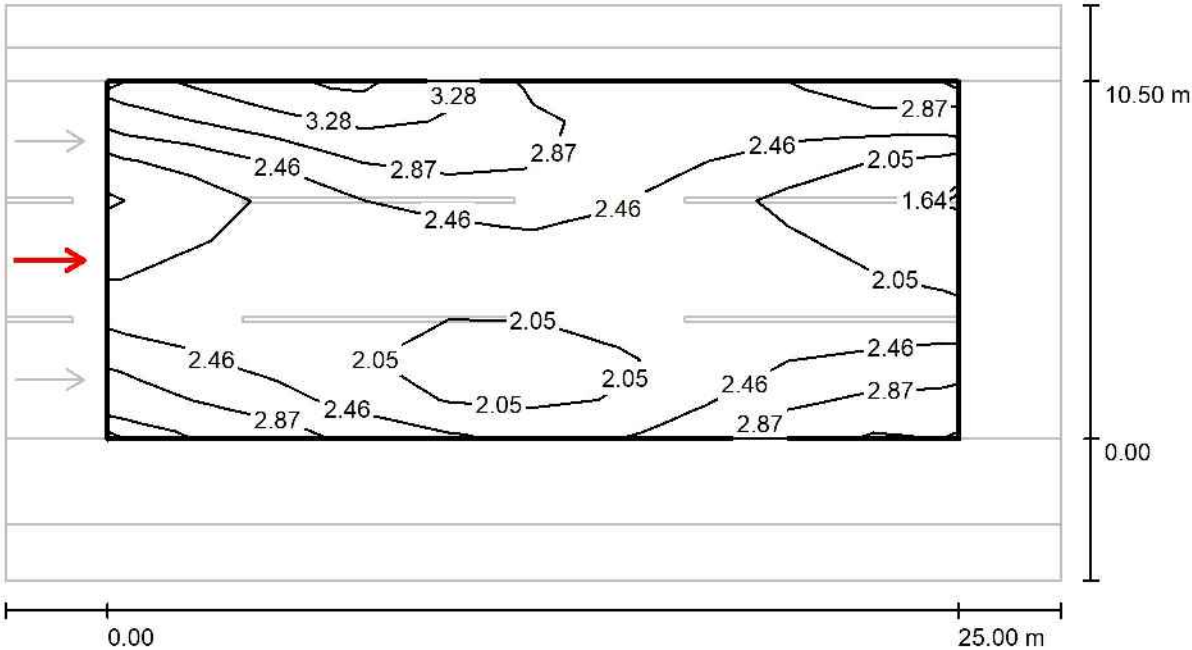
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
2.40	0.62	0.56	14



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

Nocturno-Permanente / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 222

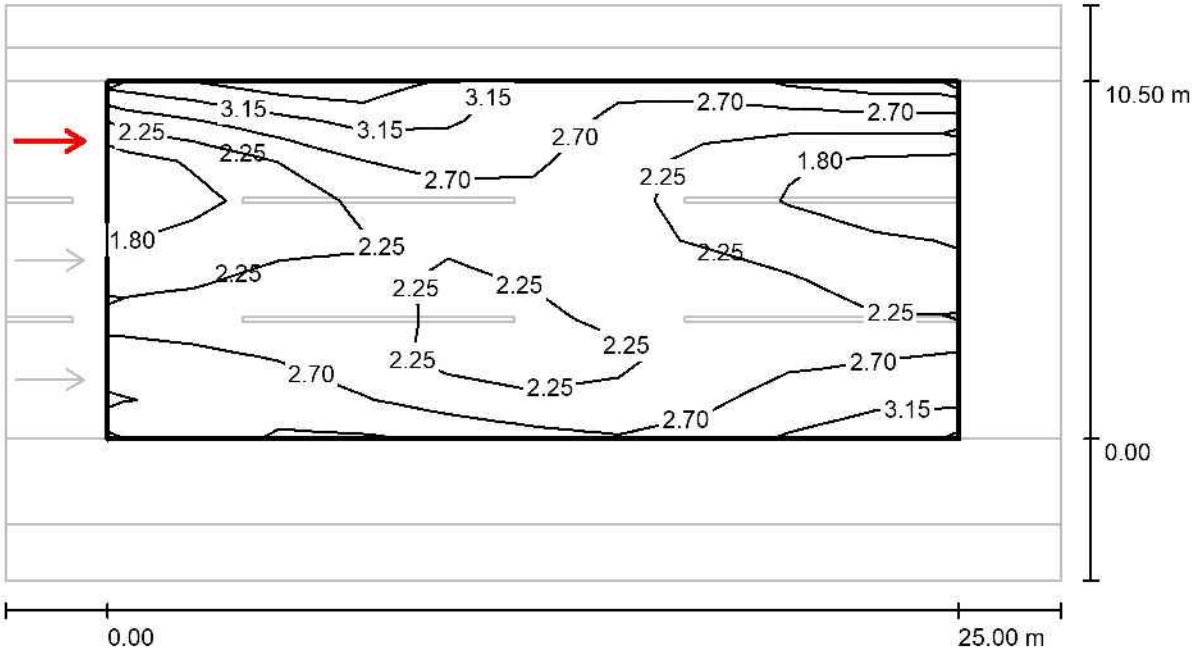
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
2.42	0.64	0.86	13



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

Nocturno-Permanente / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 222

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 8.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
2.45	0.56	0.62	14



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

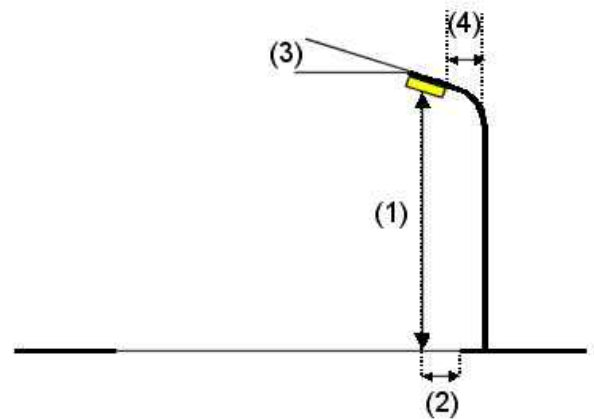
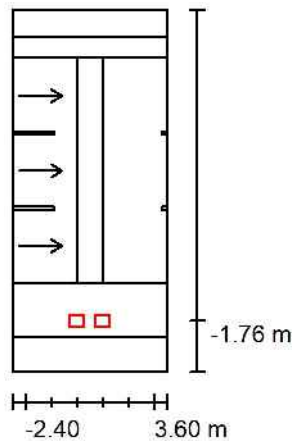
LTH1 Soleado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1 (Anchura: 1.240 m)
Arcén (Anchura: 1.000 m)
Calzada 1 (Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén (Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2 (Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-207W
Flujo luminoso (Luminaria): 26054 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 26054 lm
Potencia de las luminarias: 207.0 W
Organización: unilateral abajo
Distancia entre mástiles: 1.200 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): -1.750 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

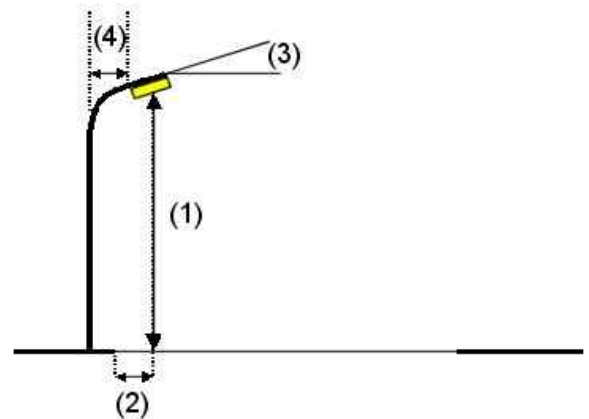
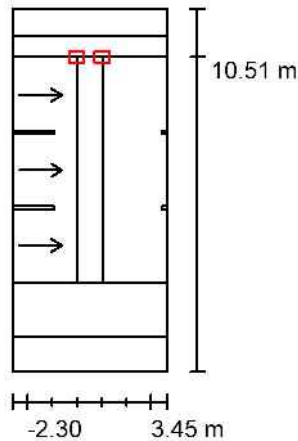
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.0.



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH1 Soleado / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-207W
Flujo luminoso (Luminaria): 26054 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 26054 lm
Potencia de las luminarias: 207.0 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 1.150 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.0.

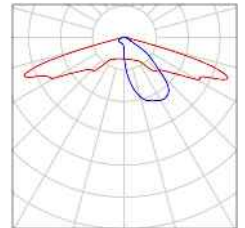


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH1 Soleado / Lista de luminarias

SETGA S.L.U BRG-0039-207W
Nº de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 26054 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 26054 lm
Potencia de las luminarias: 207.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 25 59 93 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección
1.000).

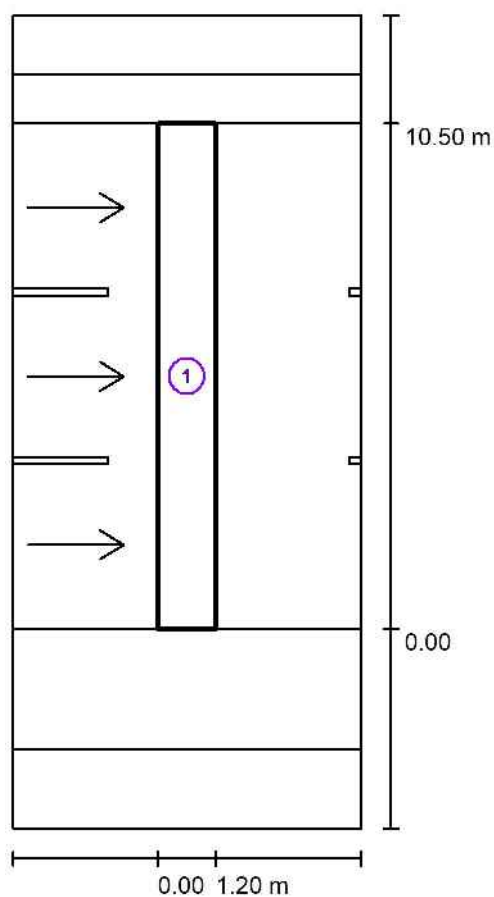
Dispone de una imagen
de la luminaria en
nuestro catálogo de
luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH1 Soleado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:157

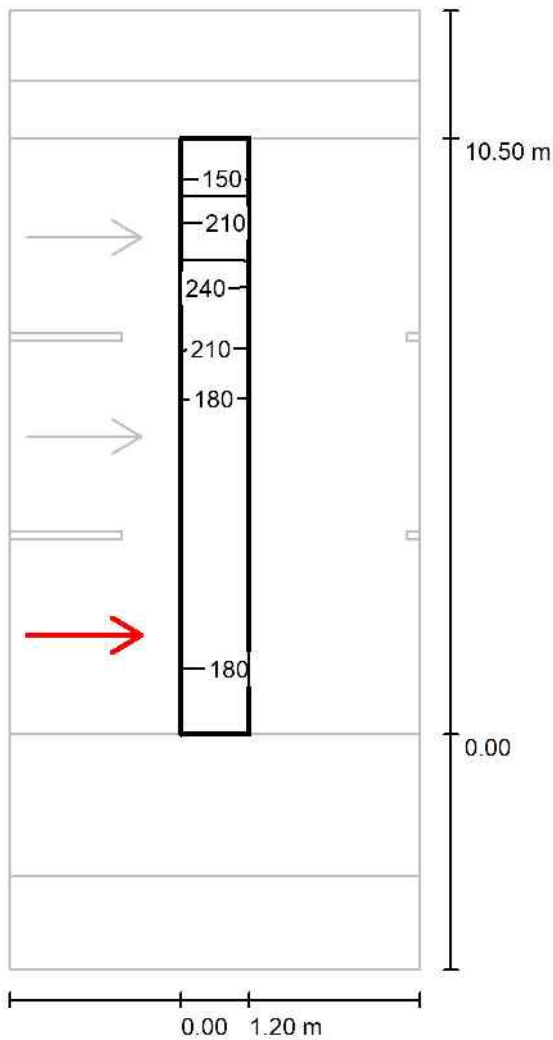
Lista del recuadro de evaluación

- Recuadro de evaluación Calzada 1
Longitud: 1.200 m, Anchura: 10.500 m
Trama: 10 x 9 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
183.32	0.73	1.00	14	0.22

Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH1 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



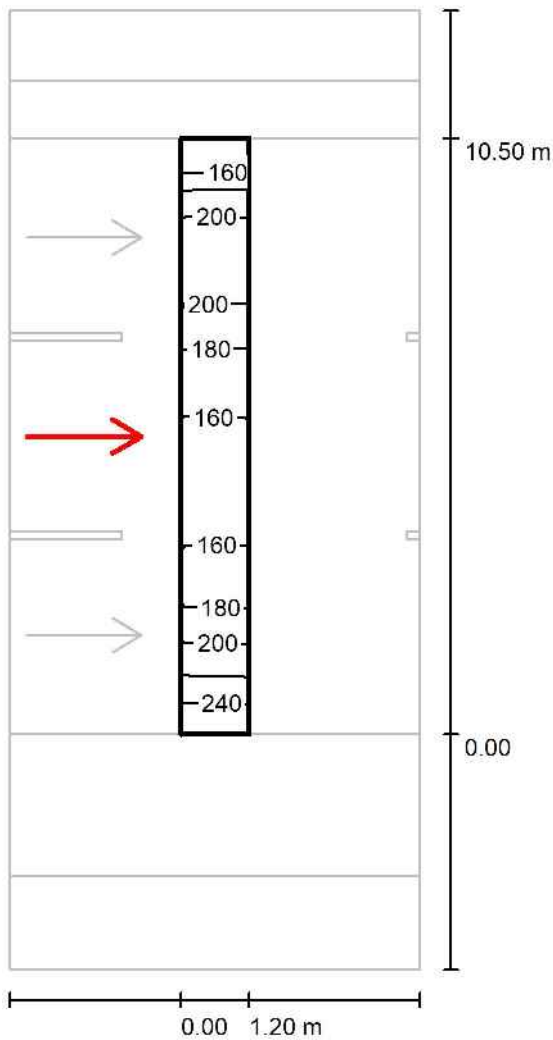
Valores en Candela/m², Escala 1 : 133

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
183.32	0.73	1.00	14

Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH1 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 133

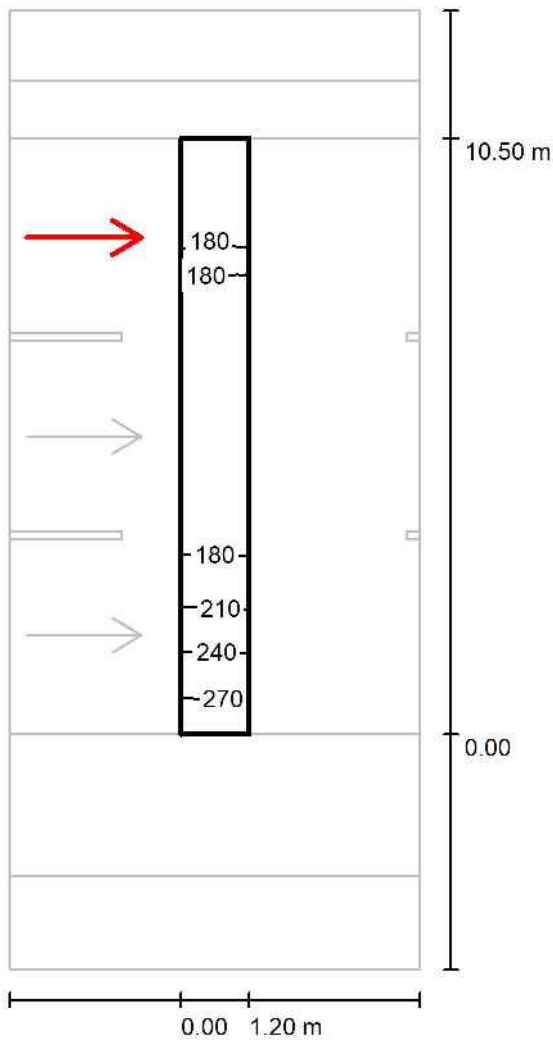
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
184.14	0.82	1.00	14



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH1 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 133

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 8.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
186.28	0.81	1.00	14



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

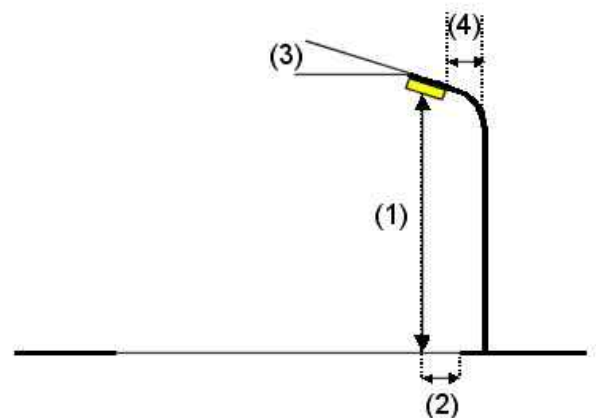
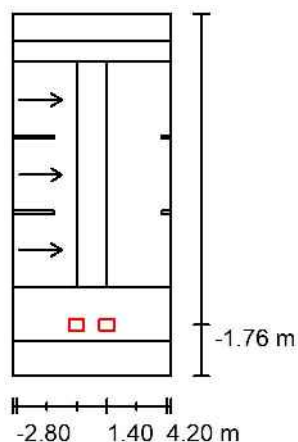
LTH2 Soleado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1	(Anchura: 1.240 m)
Arcén	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén	(Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2	(Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	SETGA S.L.U BRG-0039-199W
Flujo luminoso (Luminaria):	25046 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	25046 lm
Potencia de las luminarias:	199.0 W
Organización:	unilateral abajo
Distancia entre mástiles:	1.400 m
Altura de montaje (1):	5.500 m
Altura del punto de luz:	5.407 m
Saliente sobre la calzada (2):	-1.750 m
Inclinación del brazo (3):	5.0 °
Longitud del brazo (4):	0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica	
con 70°:	1561 cd/klm
con 80°:	142 cd/klm
con 90°:	28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

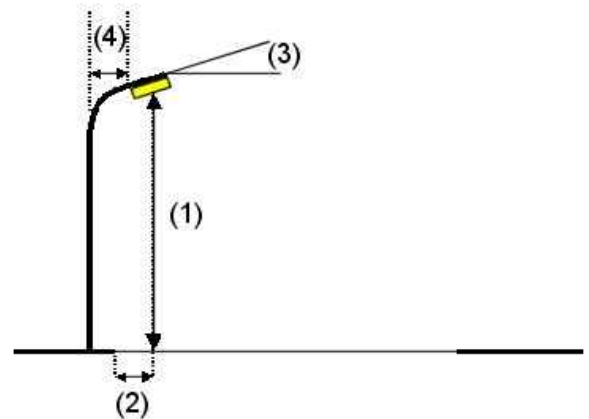
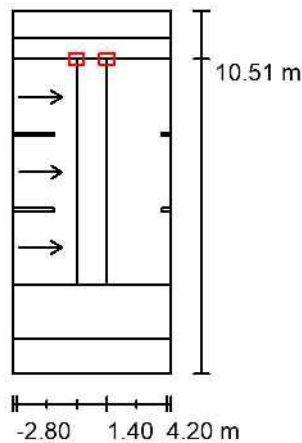
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.0.



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH2 Soleado / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-199W
Flujo luminoso (Luminaria): 25046 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 25046 lm
Potencia de las luminarias: 199.0 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 1.400 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.0.

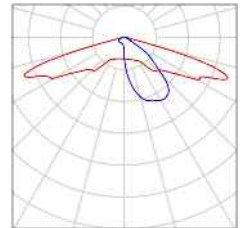


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH2 Soleado / Lista de luminarias

SETGA S.L.U BRG-0039-199W
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 25046 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 25046 lm
Potencia de las luminarias: 199.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 25 59 93 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección
1.000).

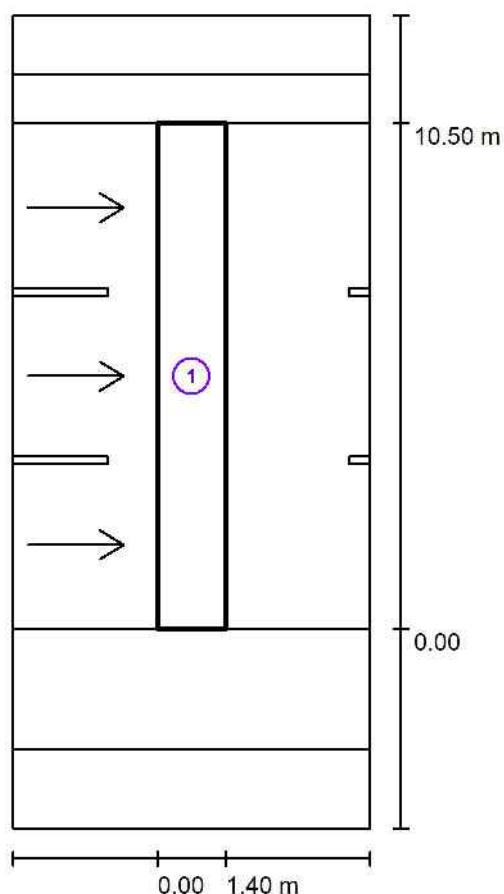
Dispone de una imagen
de la luminaria en
nuestro catálogo de
luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

LTH2 Soleado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:157

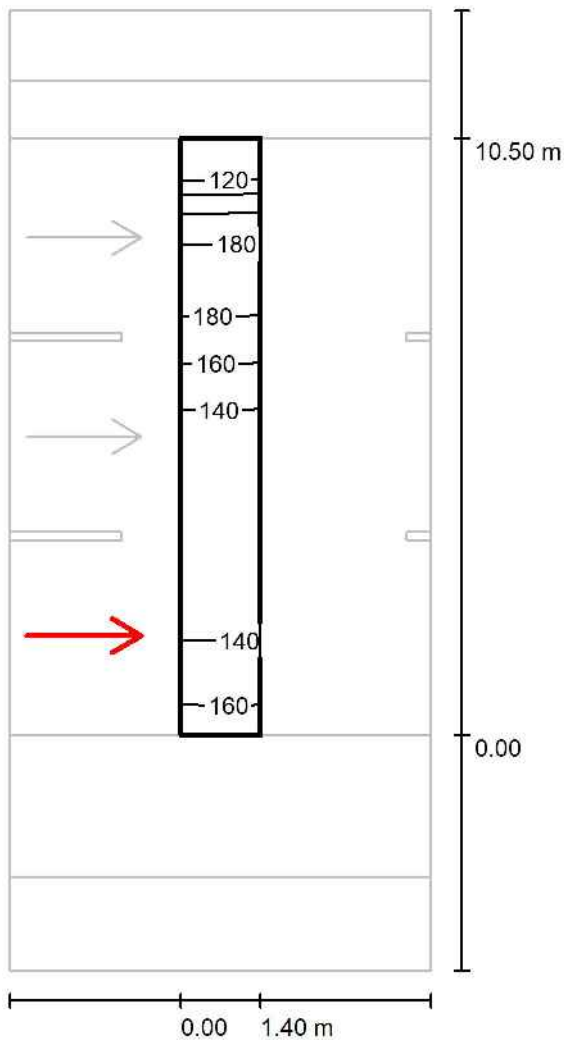
Lista del recuadro de evaluación

- Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 1.400 m, Anchura: 10.500 m
 Trama: 10 x 9 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
 Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
147.11	0.72	1.00	14	0.22

Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH2 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 133

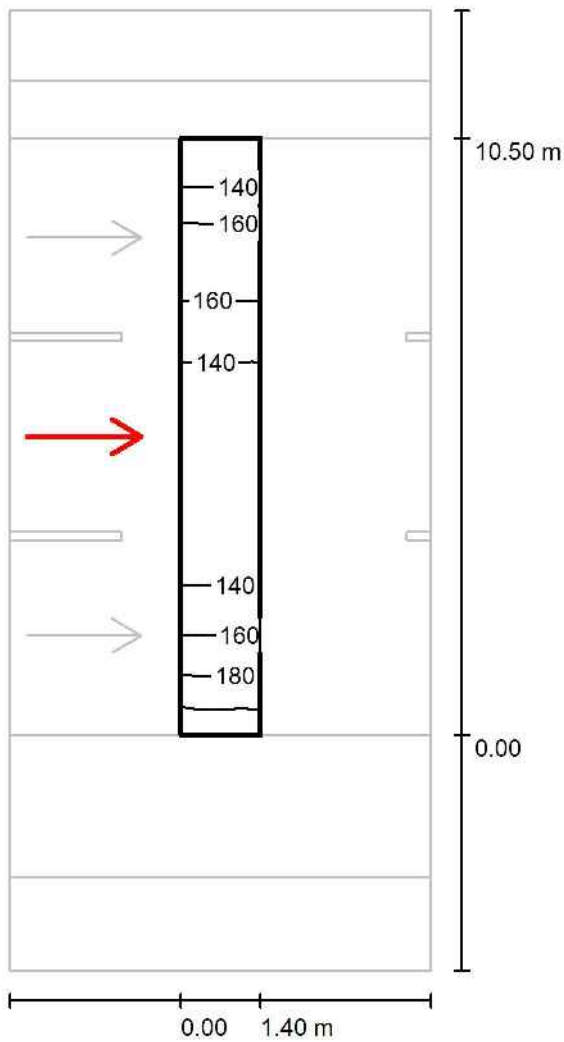
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
147.11	0.72	1.00	14



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH2 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 133

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
148.13	0.82	1.00	14

LTH2 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]
150.24	0.81	1.00	14



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

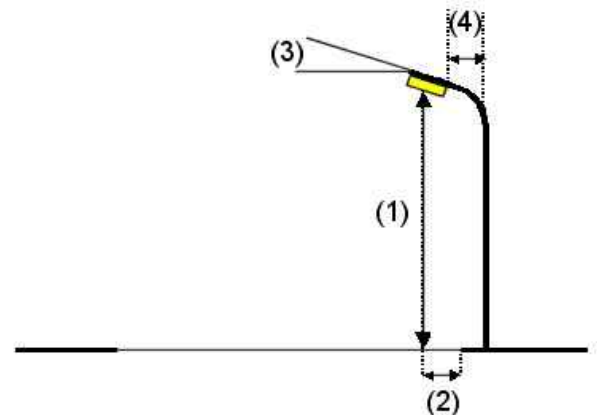
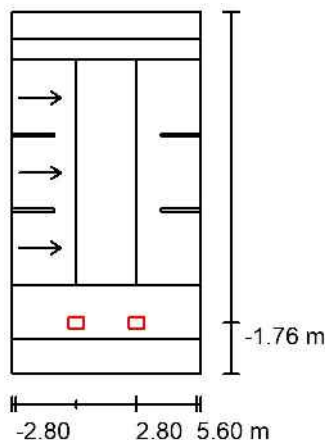
LTR1 Soleado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1	(Anchura: 1.240 m)
Arcén	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén	(Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2	(Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	SETGA S.L.U BRG-0039-199W
Flujo luminoso (Luminaria):	25046 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	25046 lm
Potencia de las luminarias:	199.0 W
Organización:	unilateral abajo
Distancia entre mástiles:	2.800 m
Altura de montaje (1):	5.500 m
Altura del punto de luz:	5.407 m
Saliente sobre la calzada (2):	-1.750 m
Inclinación del brazo (3):	5.0 °
Longitud del brazo (4):	0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica	
con 70°:	1561 cd/klm
con 80°:	142 cd/klm
con 90°:	28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

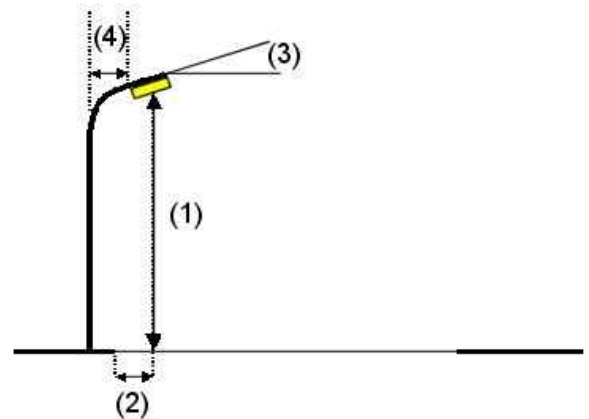
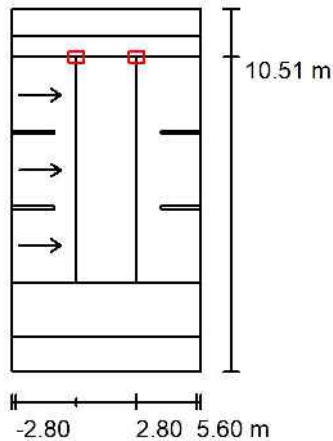
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.0.



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR1 Soleado / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-199W
Flujo luminoso (Luminaria): 25046 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 25046 lm
Potencia de las luminarias: 199.0 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 2.800 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.0.

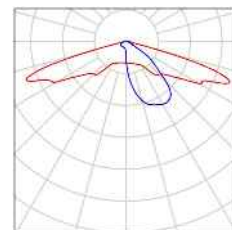


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR1 Soleado / Lista de luminarias

SETGA S.L.U BRG-0039-199W
Nº de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 25046 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 25046 lm
Potencia de las luminarias: 199.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 25 59 93 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección 1.000).

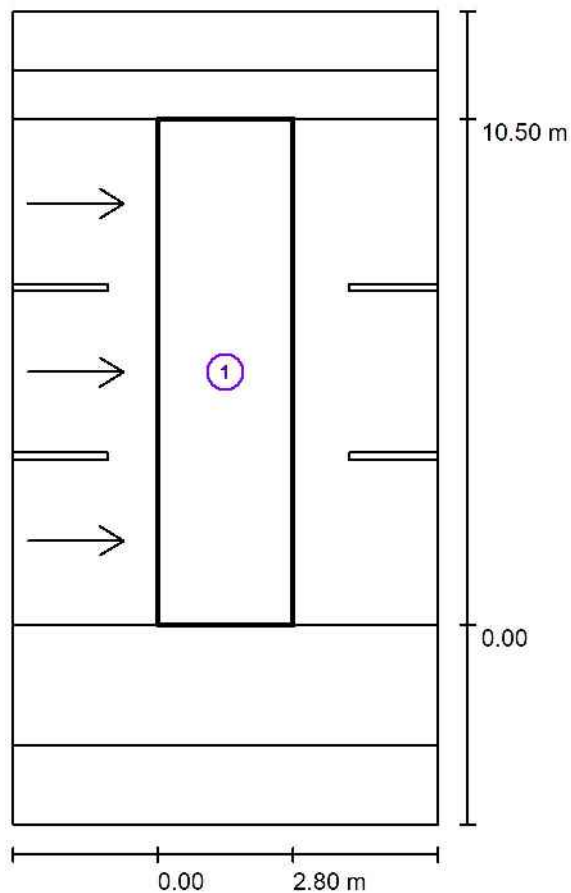
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR1 Soleado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:157

Lista del recuadro de evaluación

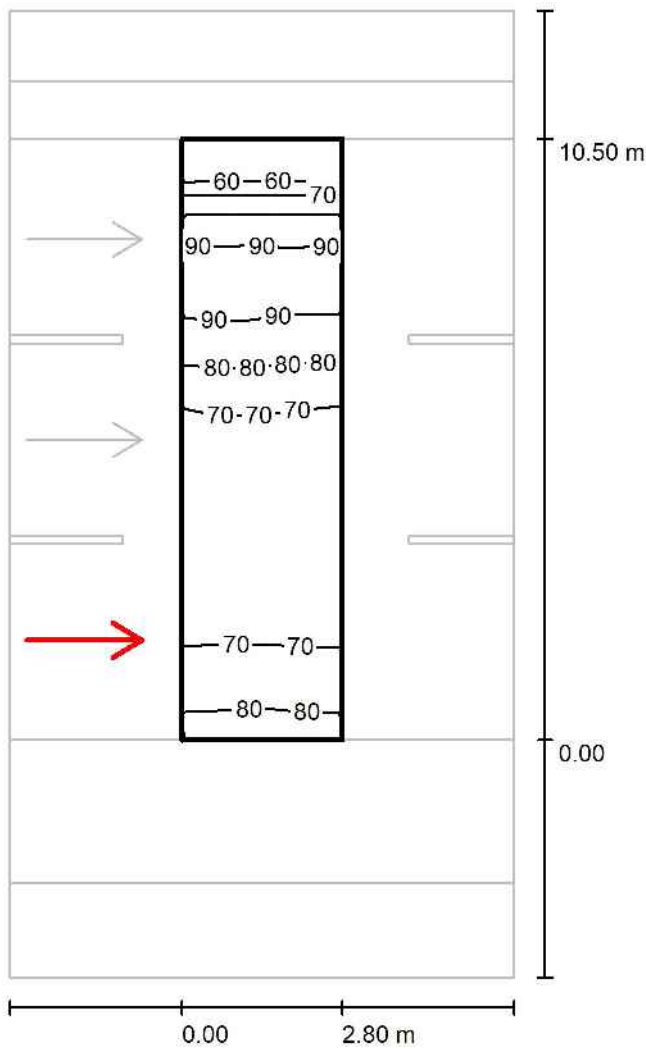
- Recuadro de evaluación Calzada 1
Longitud: 2.800 m, Anchura: 10.500 m
Trama: 10 x 9 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
73.50	0.72	0.99	/	0.22



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR1 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



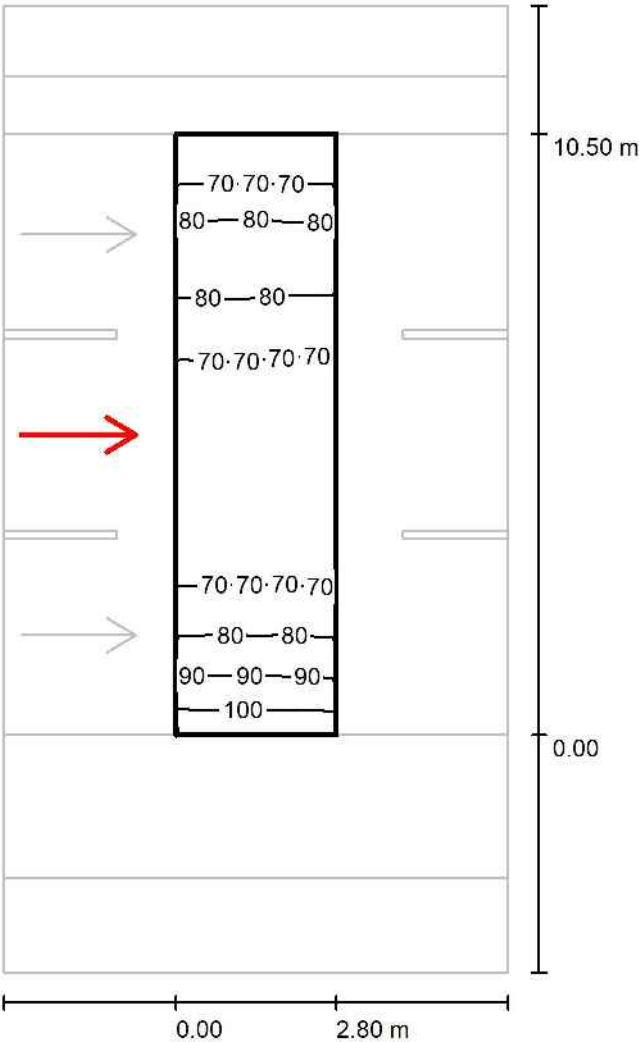
Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
73.50	0.72	0.99	/

Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR1 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

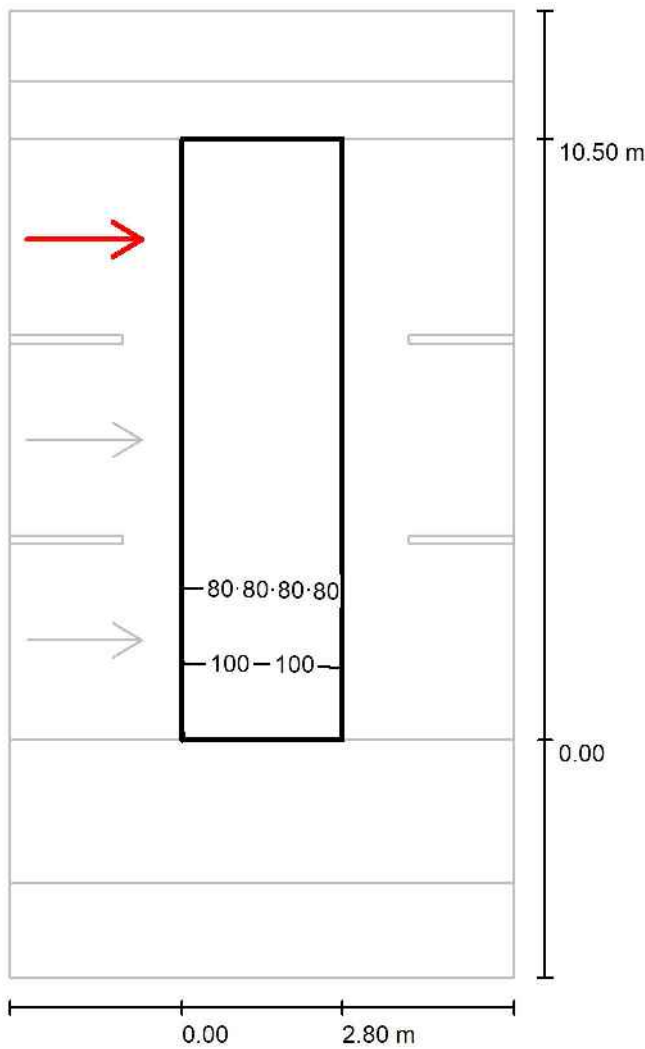
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
73.98	0.82	0.99	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR1 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 8.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
75.03	0.81	0.99	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

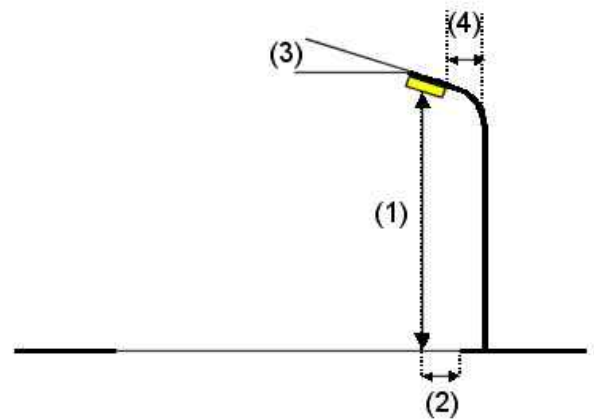
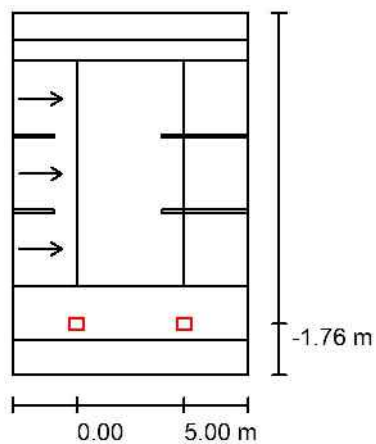
LTR2 Soleado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1 (Anchura: 1.240 m)
Arcén (Anchura: 1.000 m)
Calzada 1 (Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén (Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2 (Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-180W
Flujo luminoso (Luminaria): 23460 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 23460 lm
Potencia de las luminarias: 180.3 W
Organización: unilateral abajo
Distancia entre mástiles: 5.000 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): -1.750 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

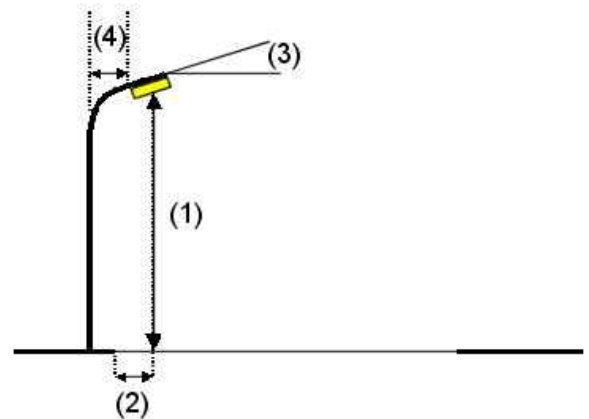
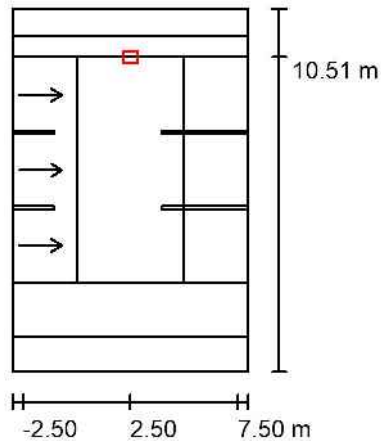
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.0.



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR2 Soleado / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-180W
Flujo luminoso (Luminaria): 23460 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 23460 lm
Potencia de las luminarias: 180.3 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 5.000 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.0.

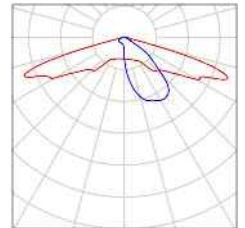


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR2 Soleado / Lista de luminarias

SETGA S.L.U BRG-0039-180W
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 23460 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 23460 lm
Potencia de las luminarias: 180.3 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 25 59 93 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección 1.000).

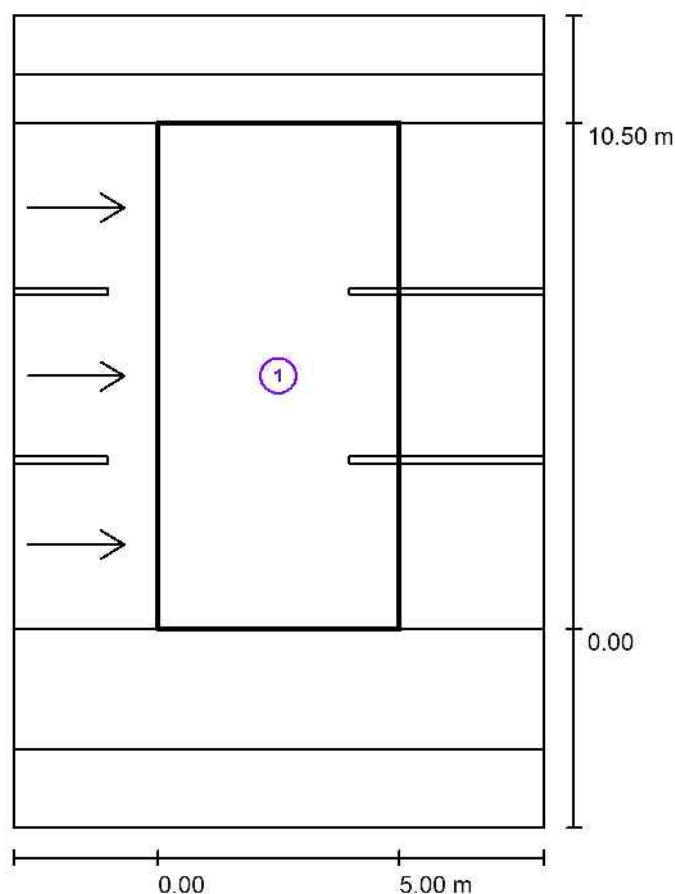
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR2 Soleado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:157

Lista del recuadro de evaluación

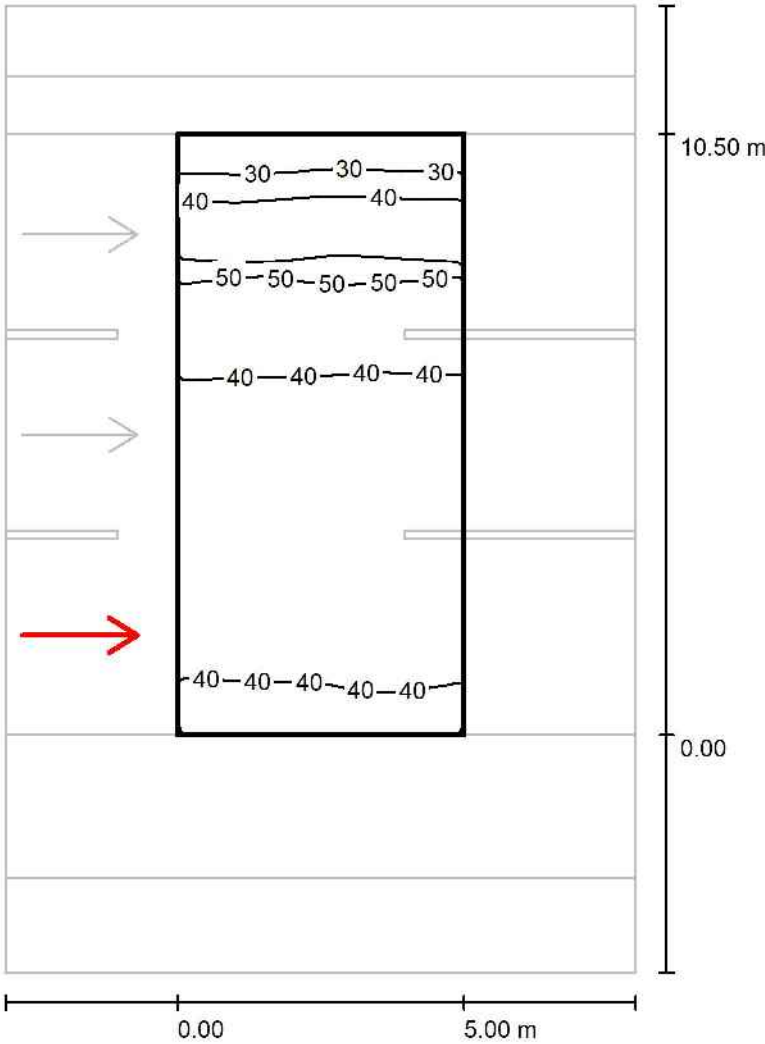
- Recuadro de evaluación Calzada 1
Longitud: 5.000 m, Anchura: 10.500 m
Trama: 10 x 9 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
38.51	0.71	0.92	/	0.22



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR2 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

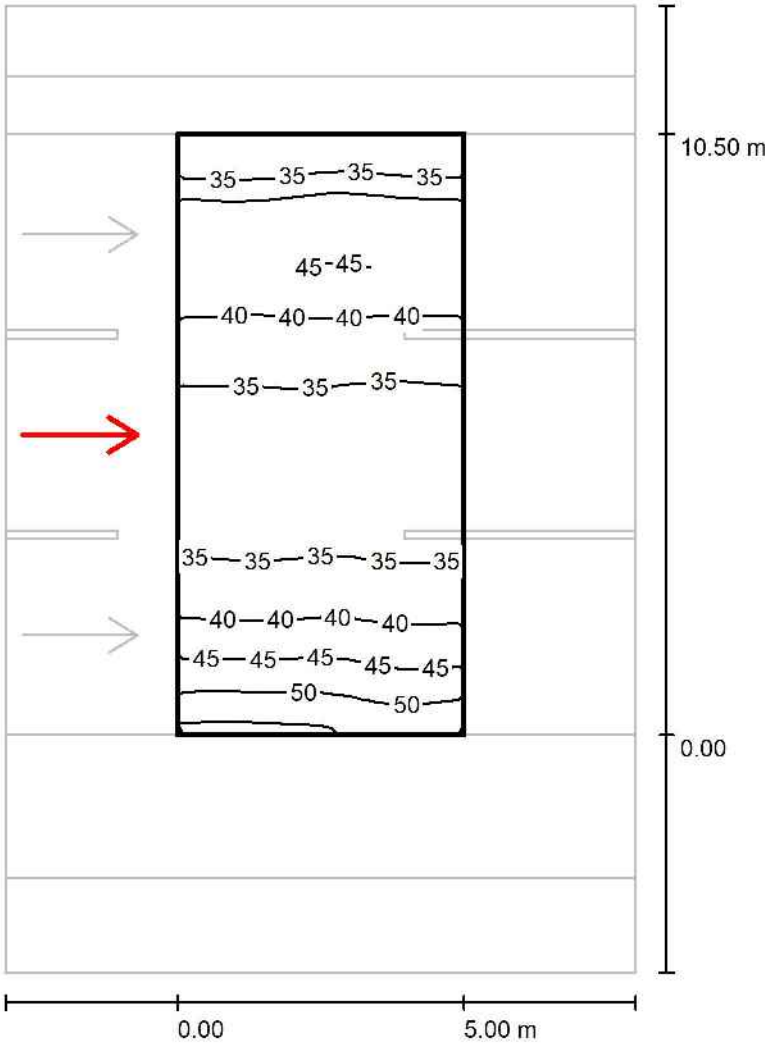
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
38.51	0.71	0.97	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR2 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

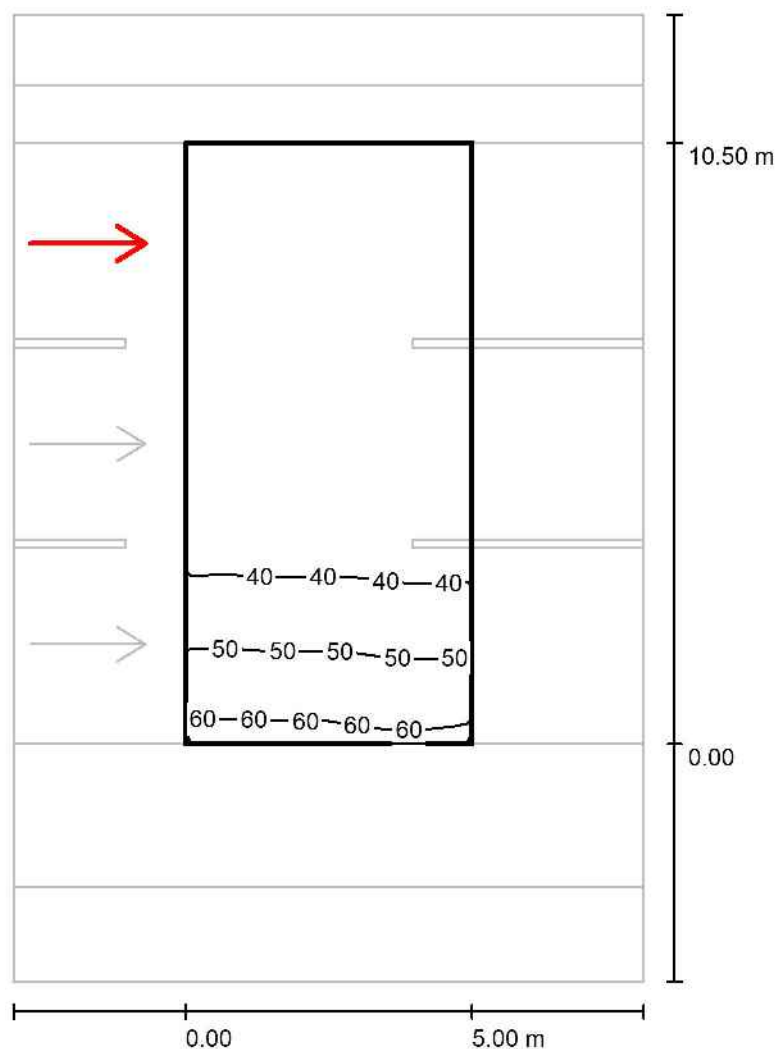
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
38.74	0.82	0.98	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

LTR2 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

Trama: 10 x 9 Puntos

Posición del observador: (-60.000 m, 8.750 m, 1.500 m)

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U_0	U_1	TI [%]
39.28	0.81	0.92	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

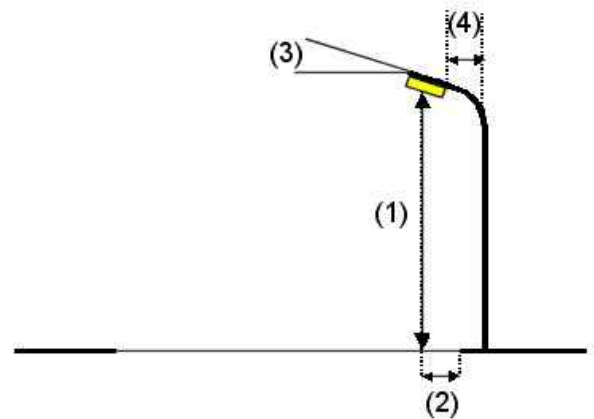
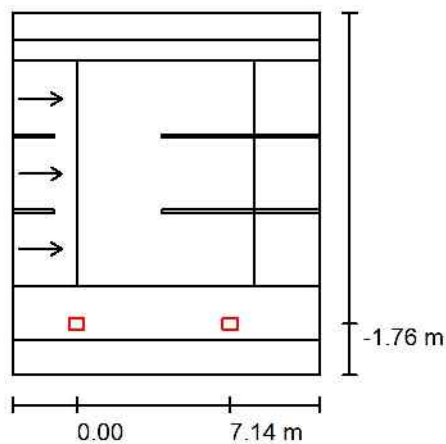
LTR3 Soleado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1 (Anchura: 1.240 m)
Arcén (Anchura: 1.000 m)
Calzada 1 (Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén (Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2 (Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-180W
Flujo luminoso (Luminaria): 23460 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 23460 lm
Potencia de las luminarias: 180.3 W
Organización: unilateral abajo
Distancia entre mástiles: 7.140 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): -1.750 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

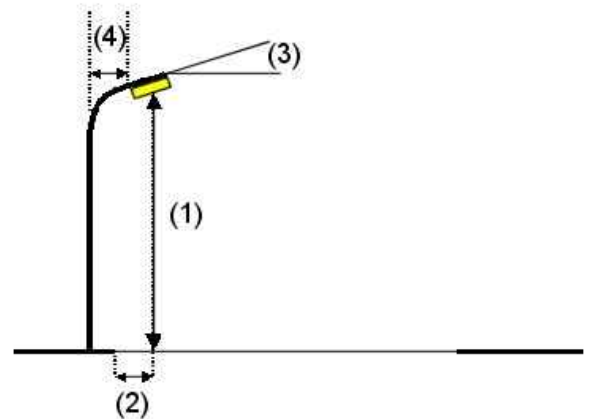
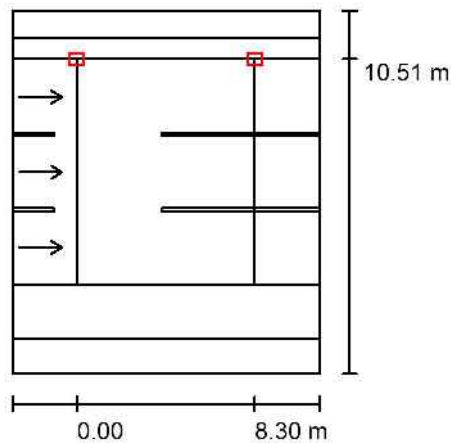
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.0.



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR3 Soleado / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-180W
Flujo luminoso (Luminaria): 23460 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 23460 lm
Potencia de las luminarias: 180.3 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 8.300 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.0.

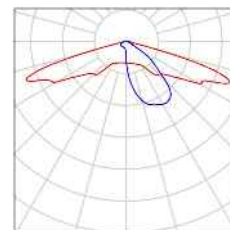


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR3 Soleado / Lista de luminarias

SETGA S.L.U BRG-0039-180W
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 23460 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 23460 lm
Potencia de las luminarias: 180.3 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 25 59 93 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección
1.000).

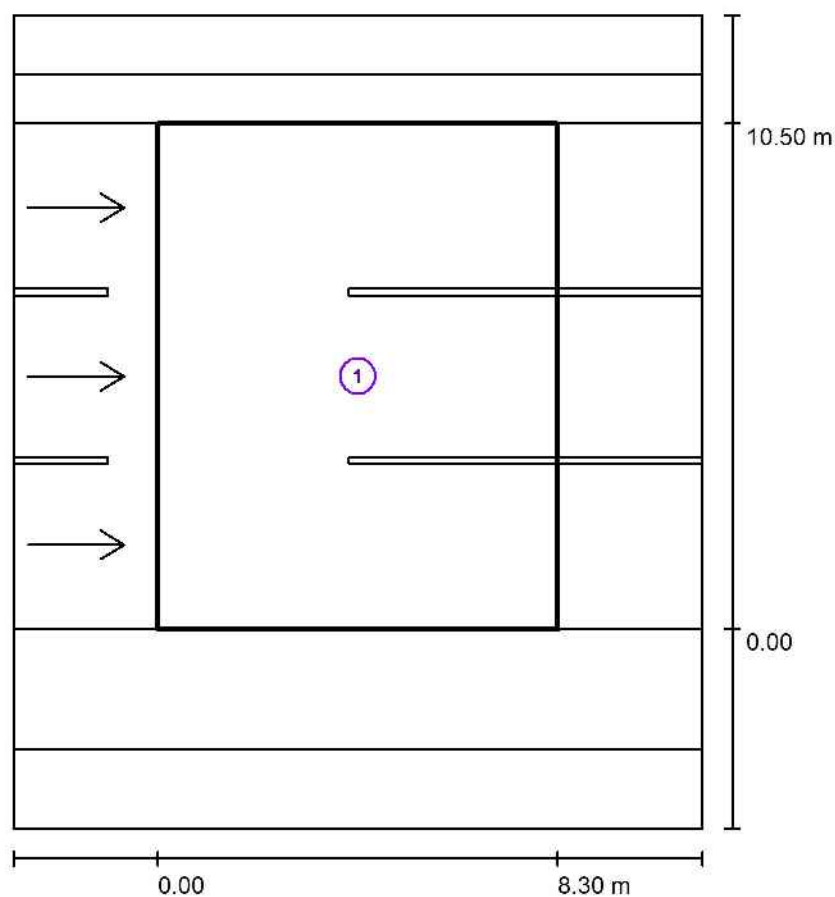
Dispone de una imagen
de la luminaria en
nuestro catálogo de
luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR3 Soleado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:157

Lista del recuadro de evaluación

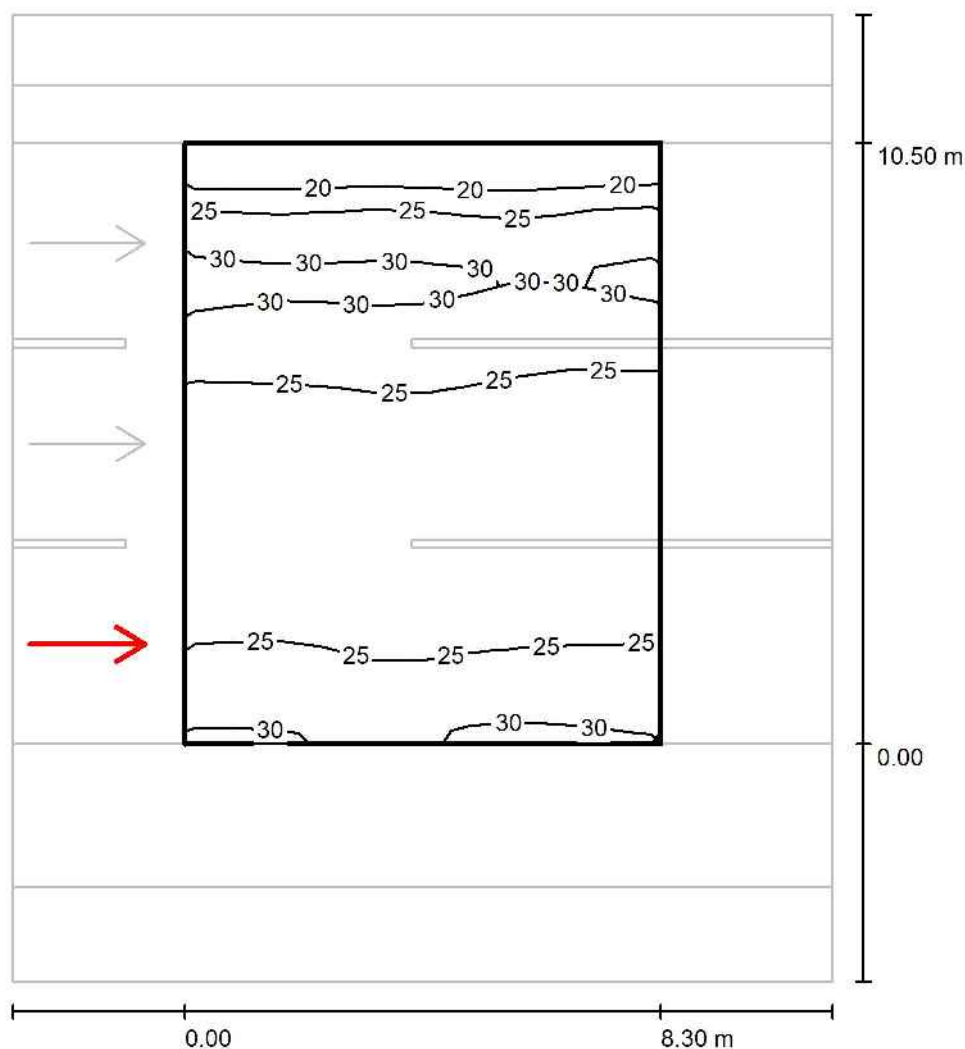
- Recuadro de evaluación Calzada 1
Longitud: 8.300 m, Anchura: 10.500 m
Trama: 10 x 9 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
24.63	0.68	0.93	/	0.23



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR3 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

Trama: 10 x 9 Puntos

Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]
24.63

U0
0.68

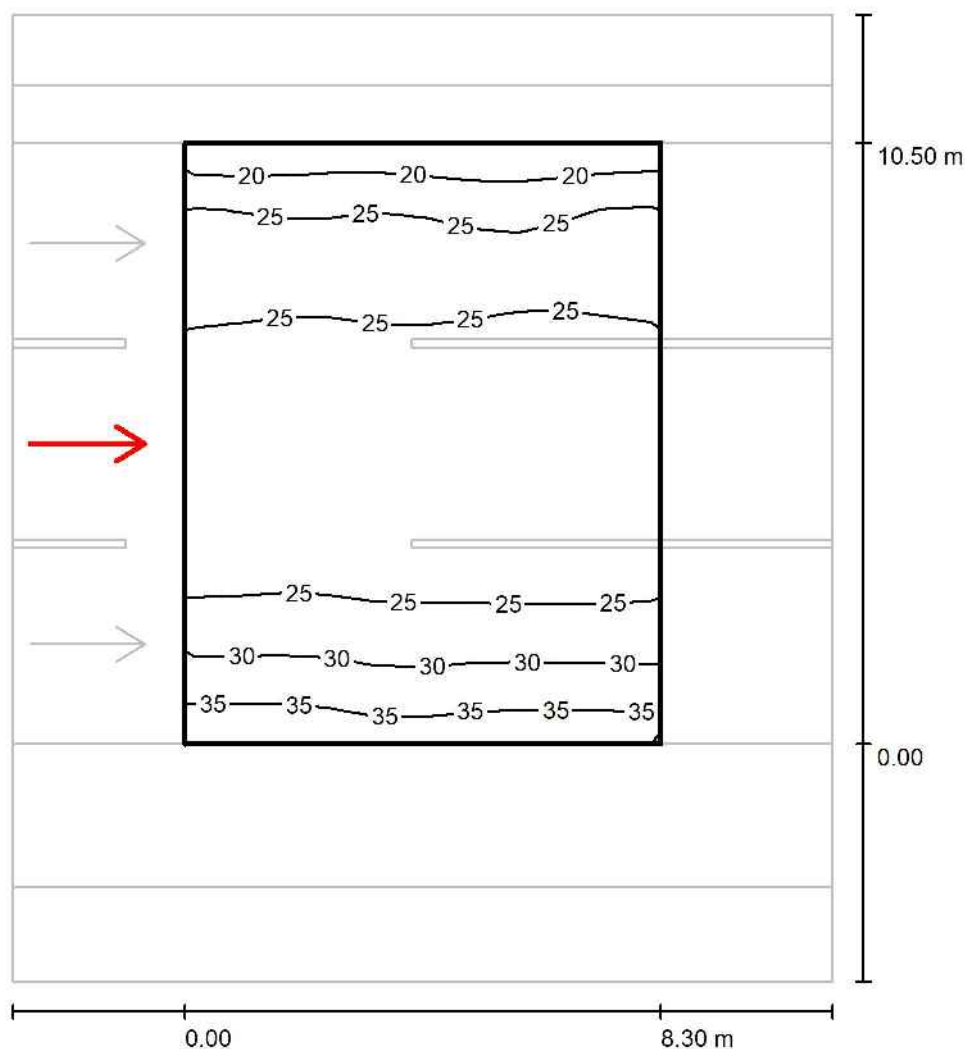
UI
0.94

TI [%]
/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR3 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

Trama: 10 x 9 Puntos

Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)

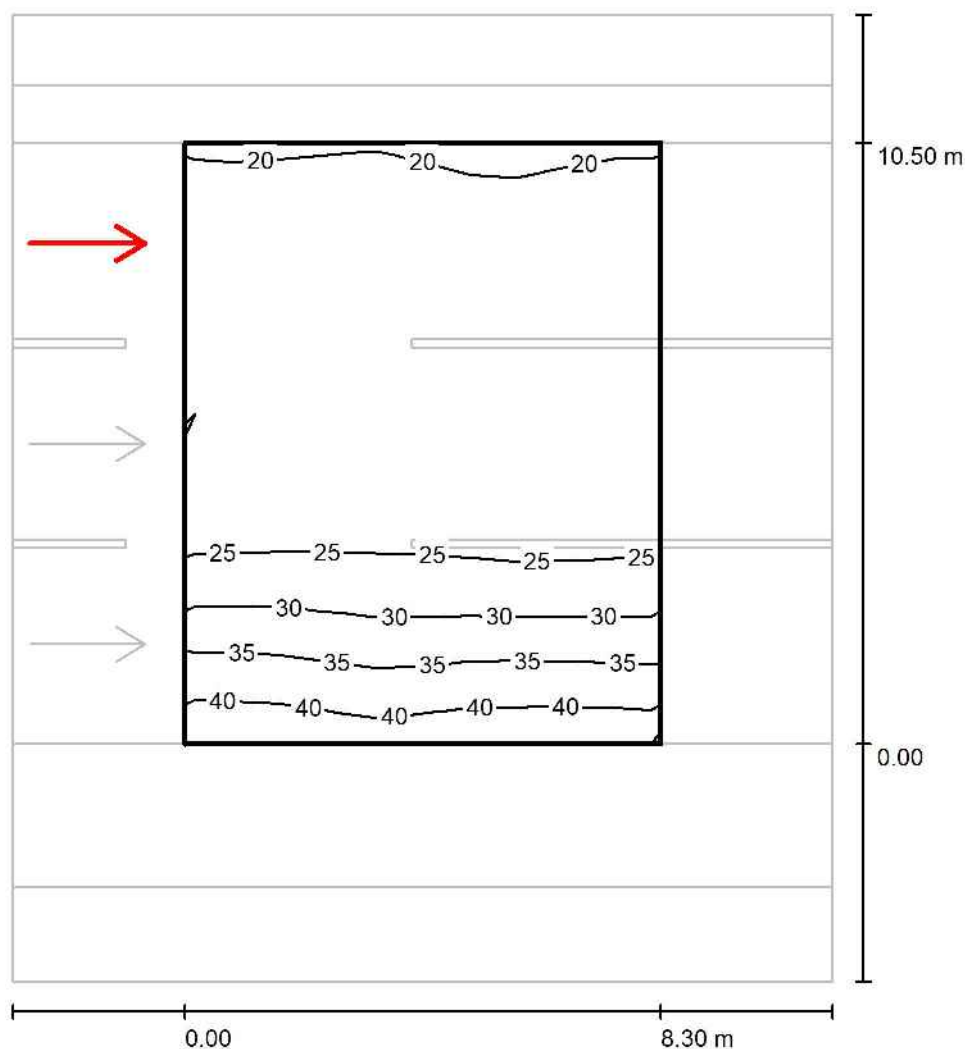
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U_0	U_1	TI [%]
24.97	0.77	0.93	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR3 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

Trama: 10 x 9 Puntos

Posición del observador: (-60.000 m, 8.750 m, 1.500 m)

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m ²]	U_0	U_1	TI [%]
25.53	0.78	0.94	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

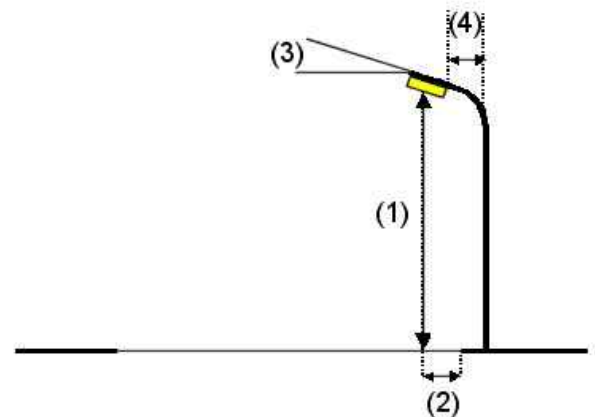
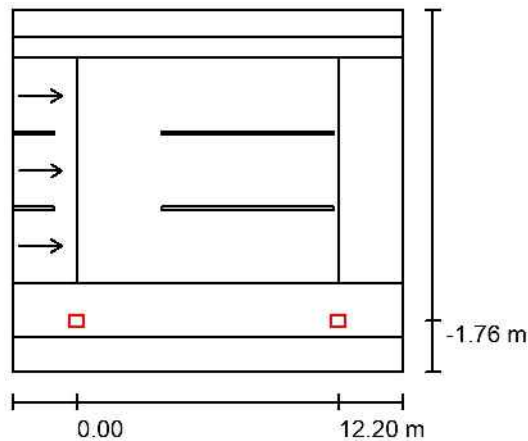
LTR4 Soleado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1 (Anchura: 1.240 m)
Arcén (Anchura: 1.000 m)
Calzada 1 (Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén (Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2 (Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-180W
Flujo luminoso (Luminaria): 23460 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 23460 lm
Potencia de las luminarias: 180.3 W
Organización: unilateral abajo
Distancia entre mástiles: 12.200 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): -1.750 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

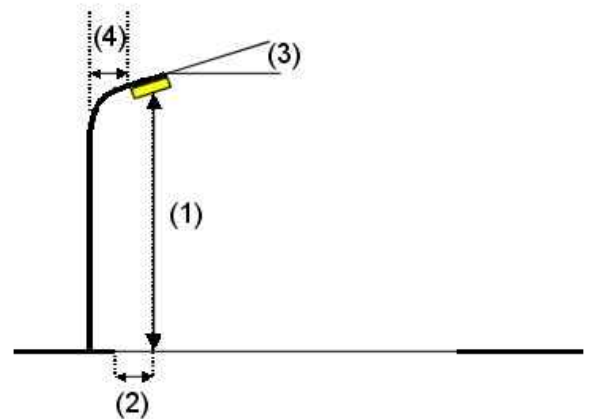
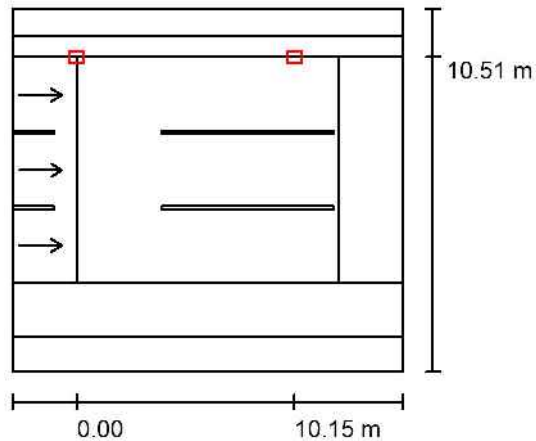
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.0.



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR4 Soleado / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-180W
Flujo luminoso (Luminaria): 23460 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 23460 lm
Potencia de las luminarias: 180.3 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 10.150 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.0.

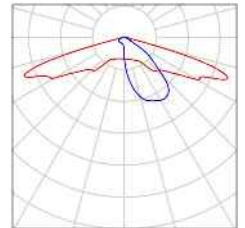


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR4 Soleado / Lista de luminarias

SETGA S.L.U BRG-0039-180W
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 23460 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 23460 lm
Potencia de las luminarias: 180.3 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 25 59 93 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección 1.000).

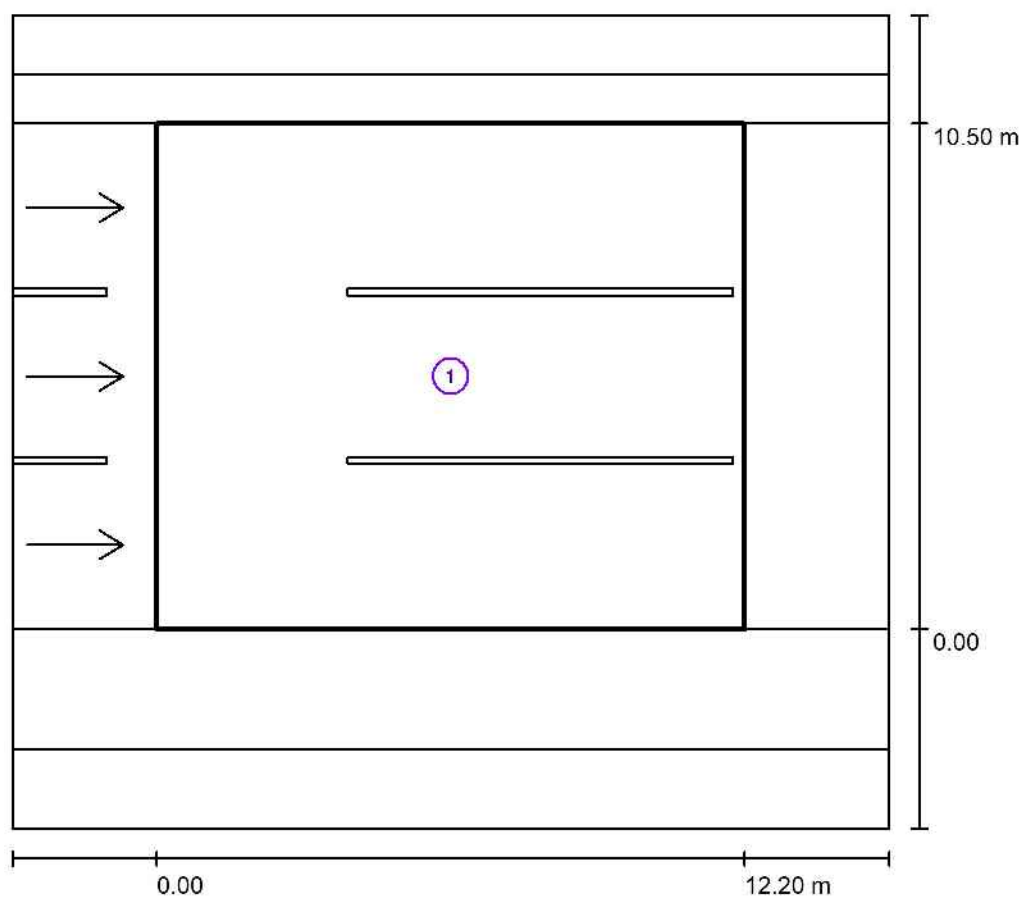
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR4 Soleado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:157

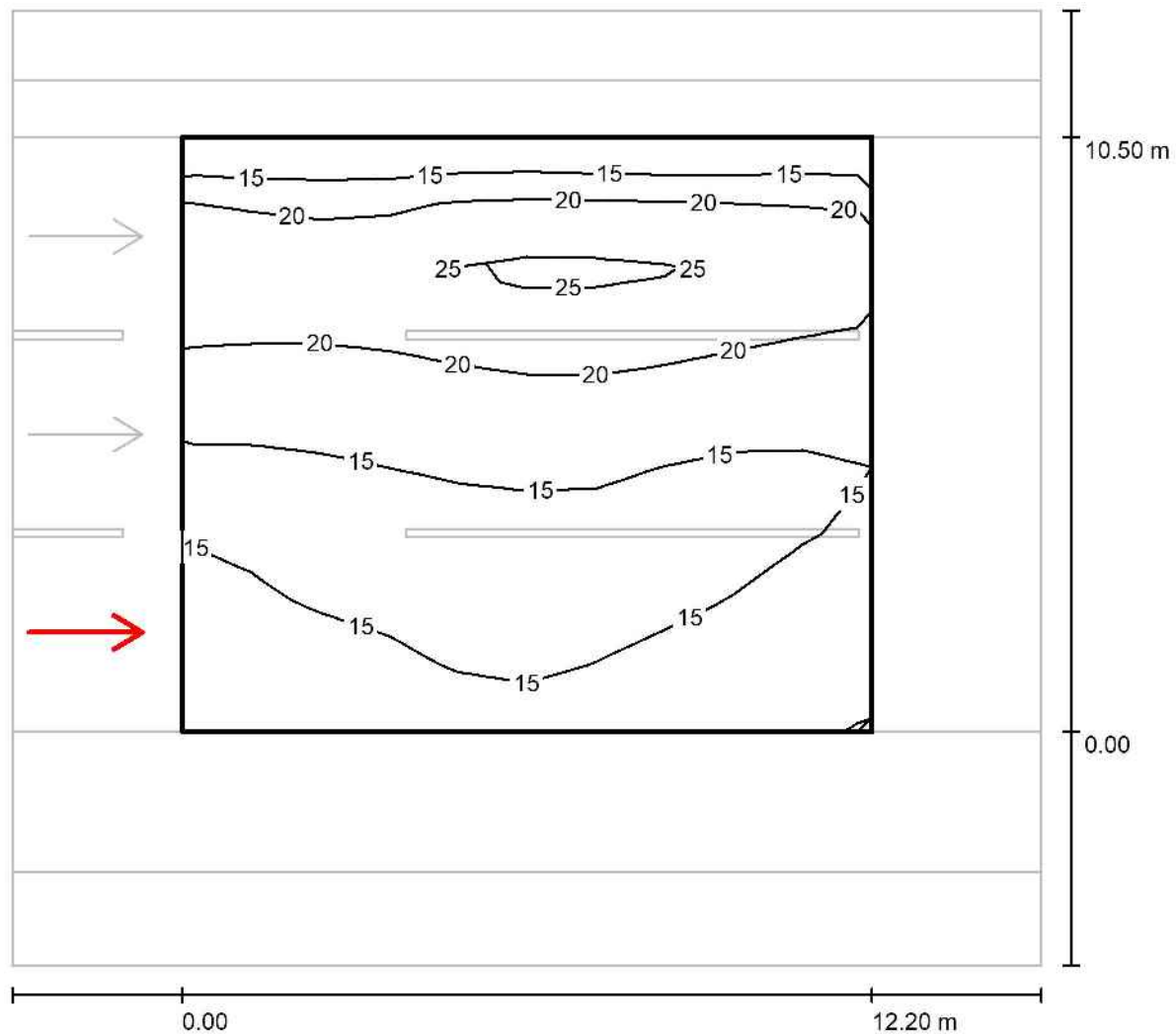
Lista del recuadro de evaluación

- Recuadro de evaluación Calzada 1
Longitud: 12.200 m, Anchura: 10.500 m
Trama: 10 x 9 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
17.52	0.75	0.76	/	0.21

Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR4 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)

Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

Trama: 10 x 9 Puntos

Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]
17.60

U0
0.75

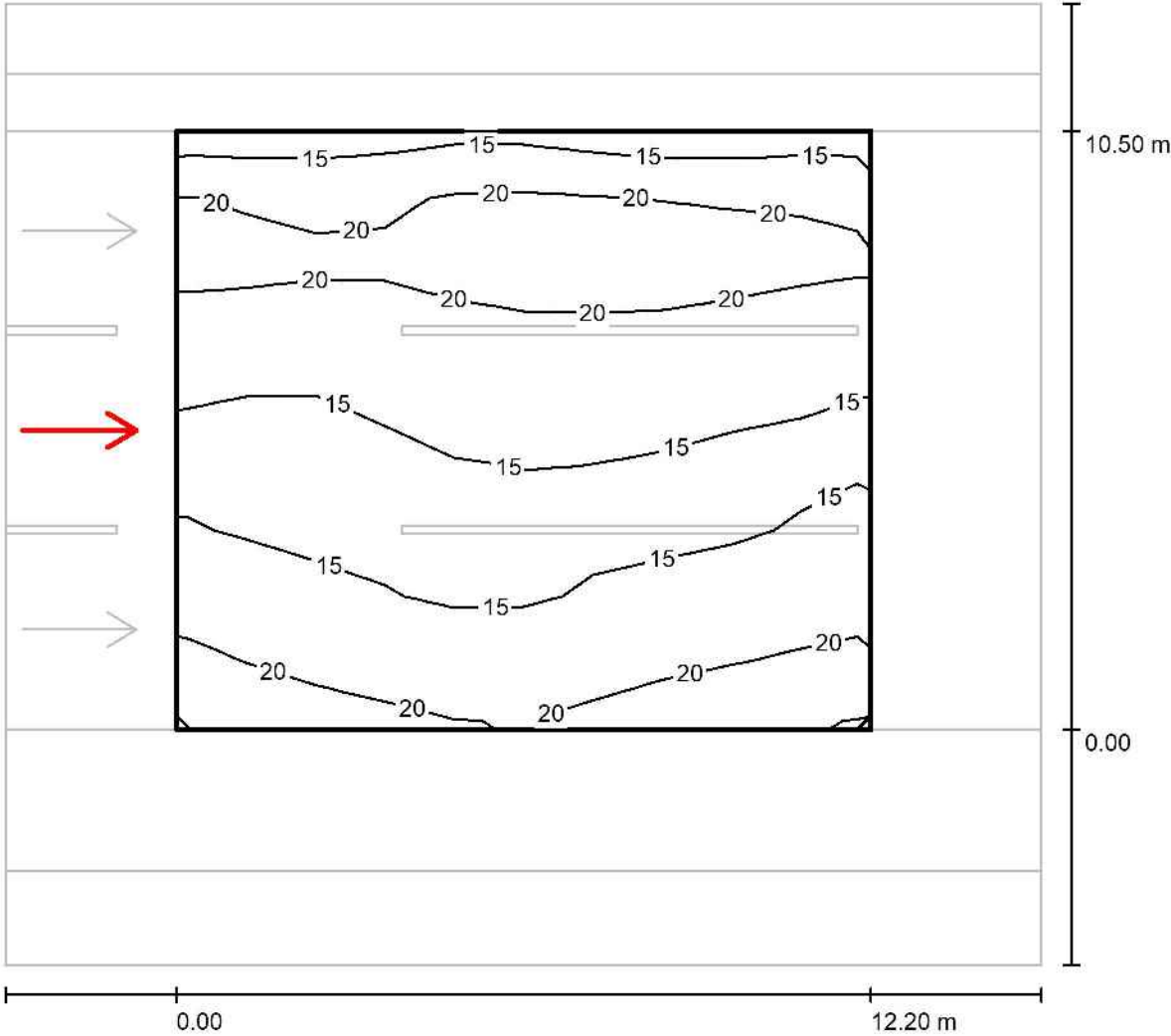
UI
0.76

TI [%]
/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR4 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

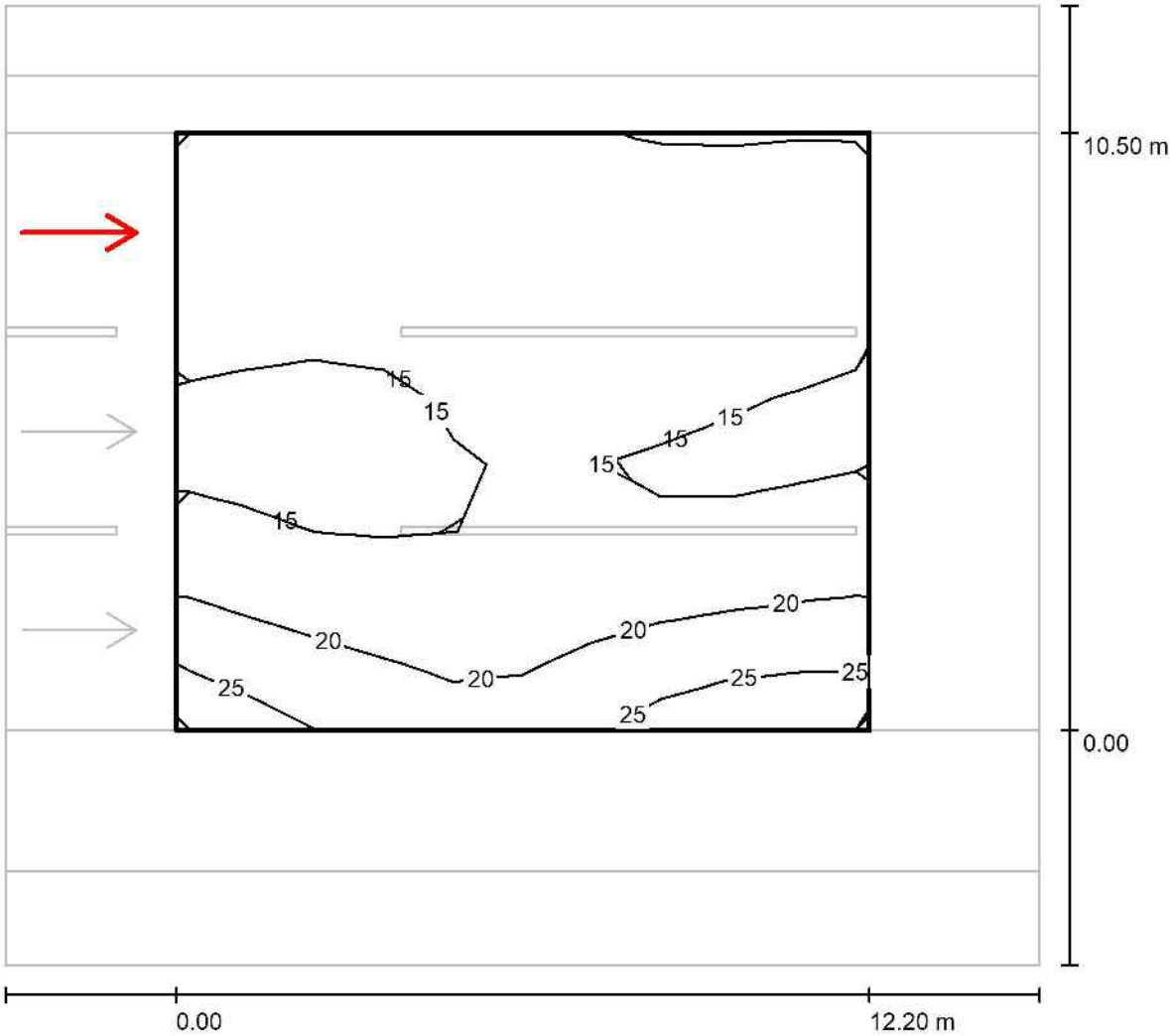
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
17.52	0.78	0.88	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR4 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 8.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
17.57	0.78	0.88	/

Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

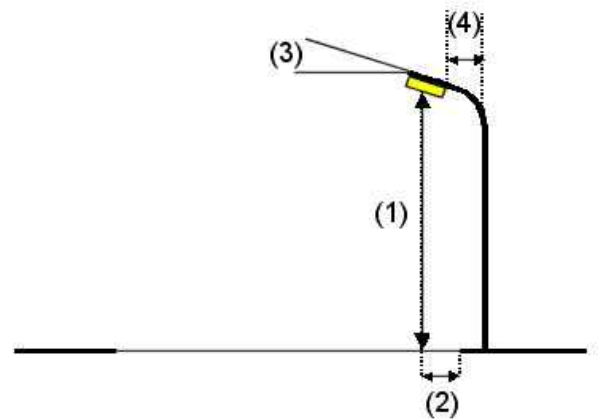
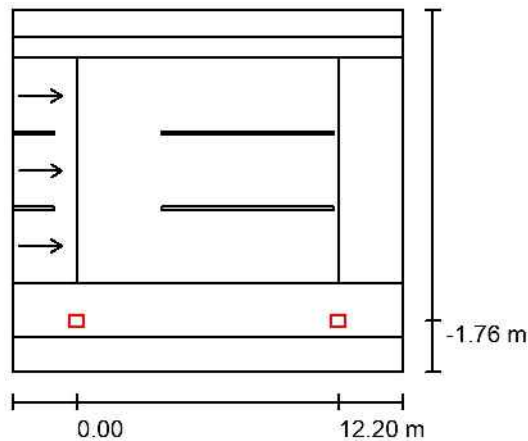
LTR5 Soleado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1 (Anchura: 1.240 m)
Arcén (Anchura: 1.000 m)
Calzada 1 (Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén (Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2 (Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-135W
Flujo luminoso (Luminaria): 16952 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16952 lm
Potencia de las luminarias: 135.0 W
Organización: unilateral abajo
Distancia entre mástiles: 12.200 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): -1.750 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

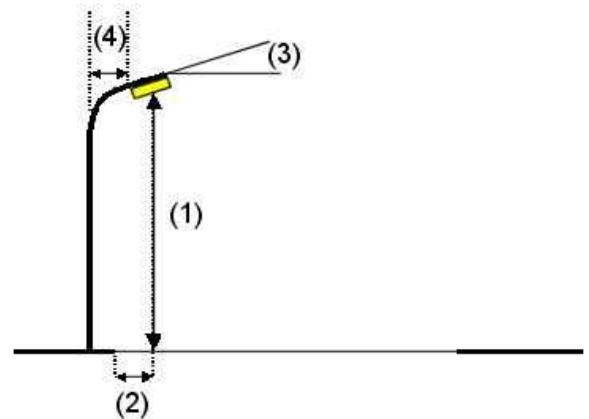
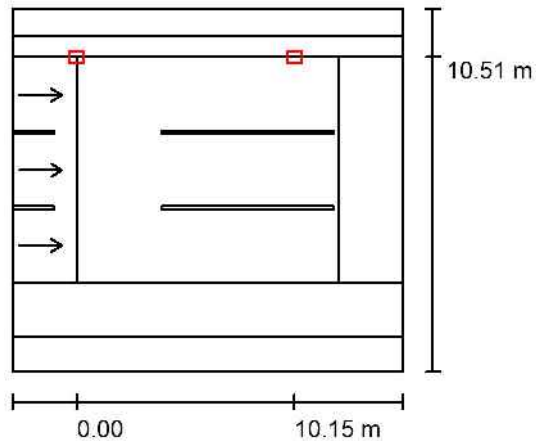
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.1.



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR5 Soleado / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-135W
Flujo luminoso (Luminaria): 16952 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16952 lm
Potencia de las luminarias: 135.0 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 10.150 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.1.

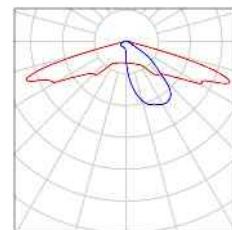


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR5 Soleado / Lista de luminarias

SETGA S.L.U BRG-0039-135W
Nº de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 16952 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16952 lm
Potencia de las luminarias: 135.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 25 59 93 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección 1.000).

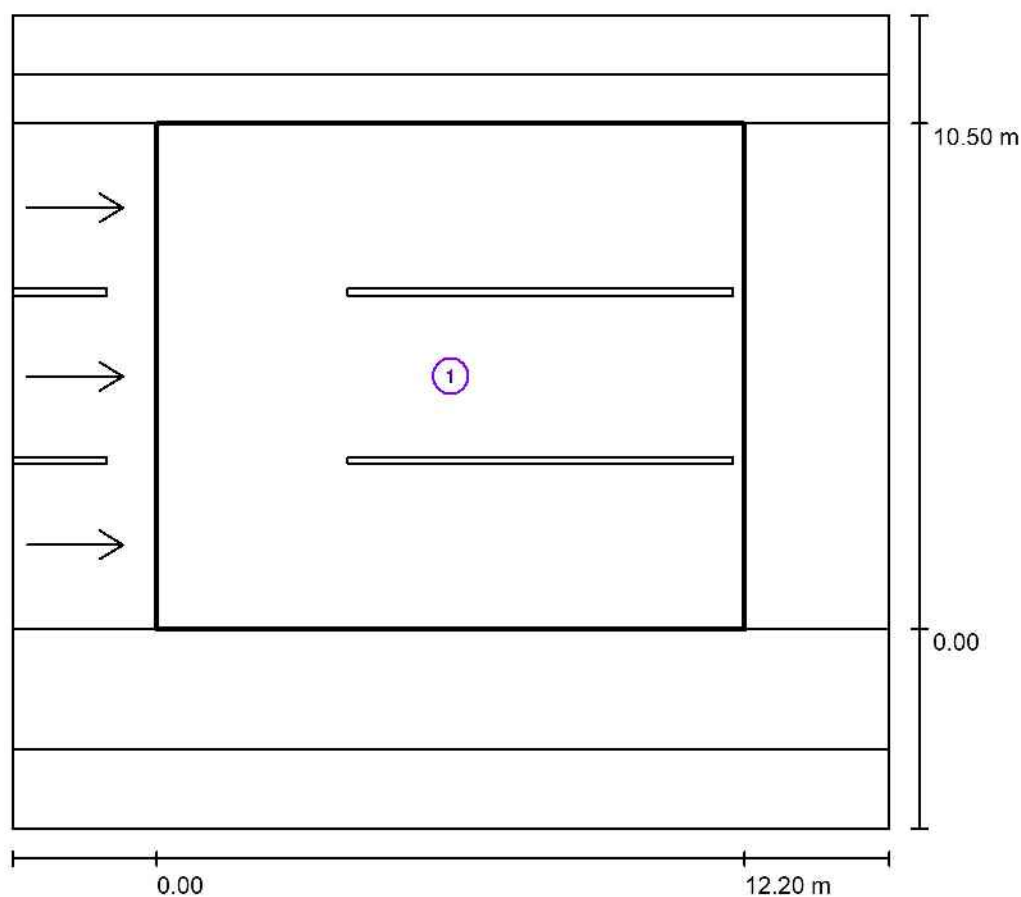
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR5 Soleado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:157

Lista del recuadro de evaluación

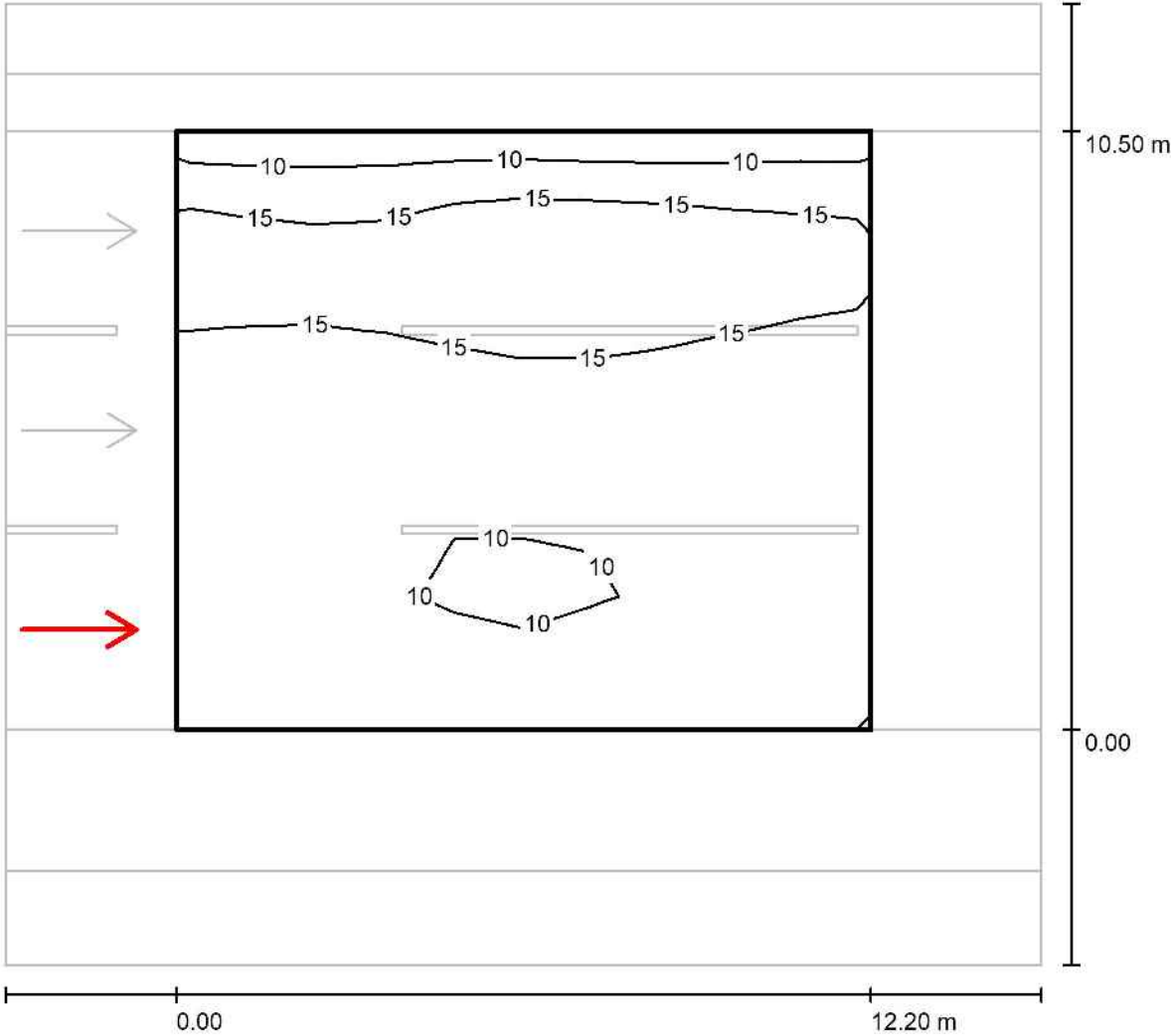
- Recuadro de evaluación Calzada 1
Longitud: 12.200 m, Anchura: 10.500 m
Trama: 10 x 9 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
12.66	0.75	0.76	/	0.21



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR5 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

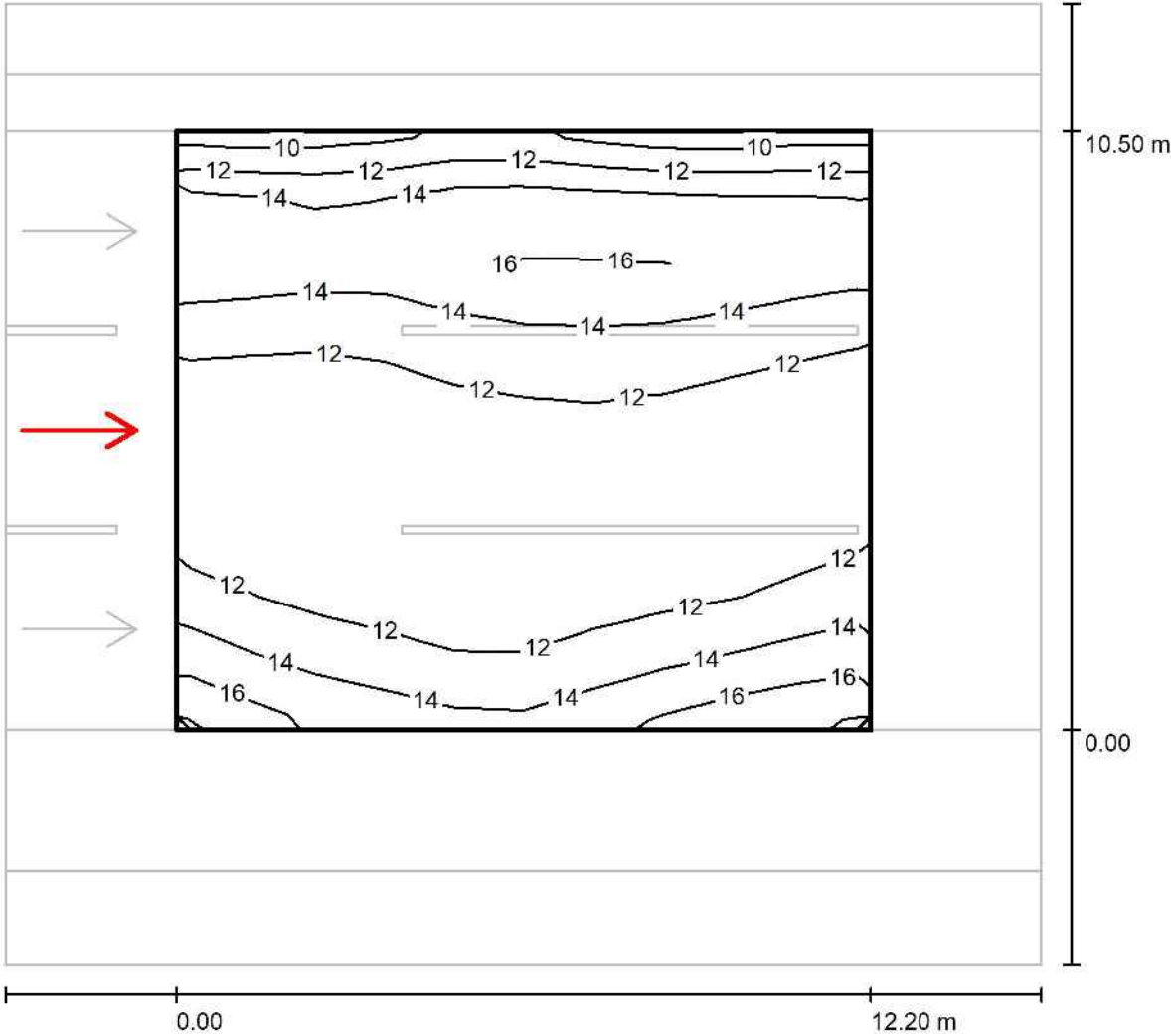
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
12.72	0.75	0.76	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR5 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

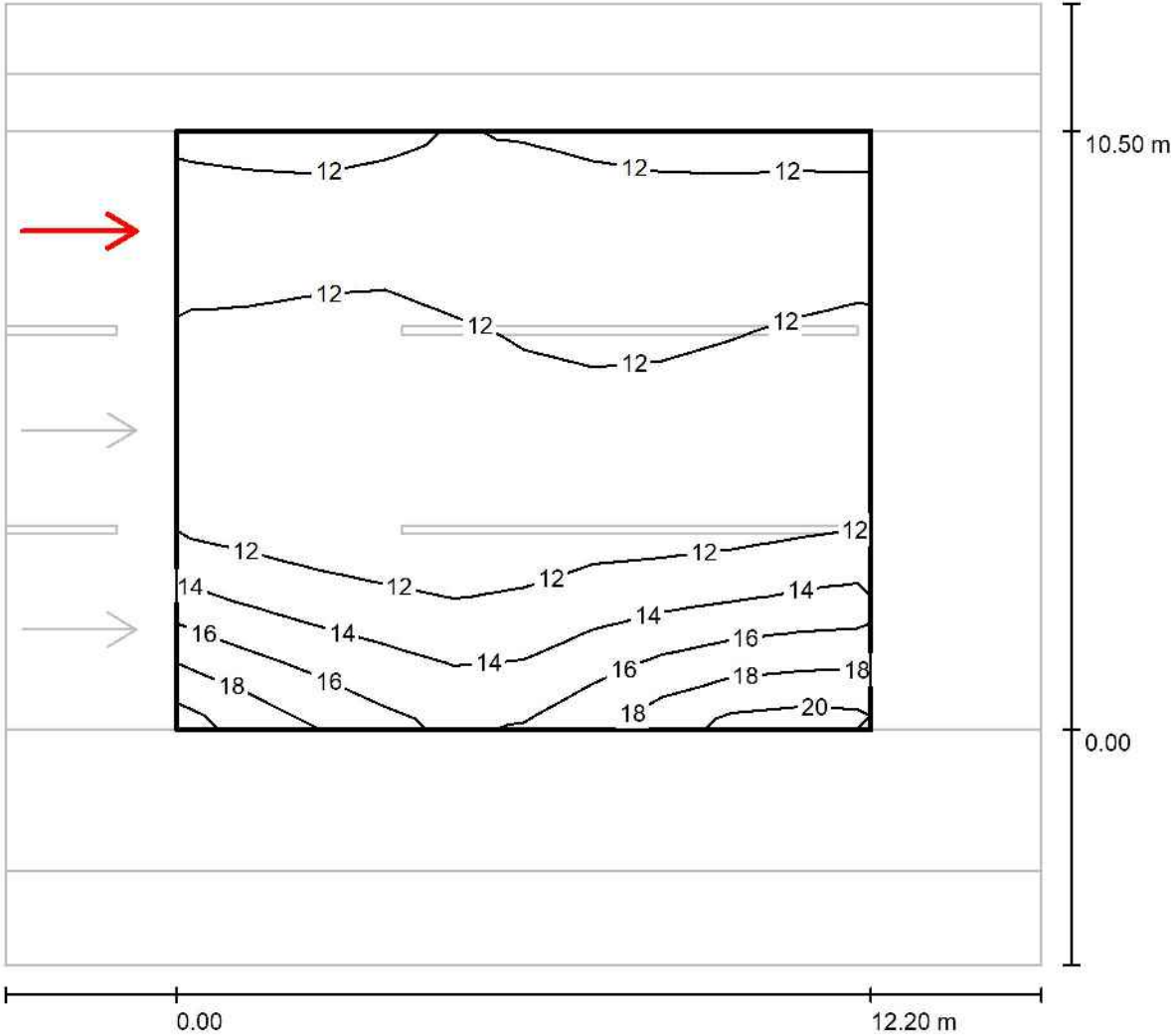
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
12.66	0.78	0.88	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR5 Soleado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 8.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
12.69	0.78	0.88	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

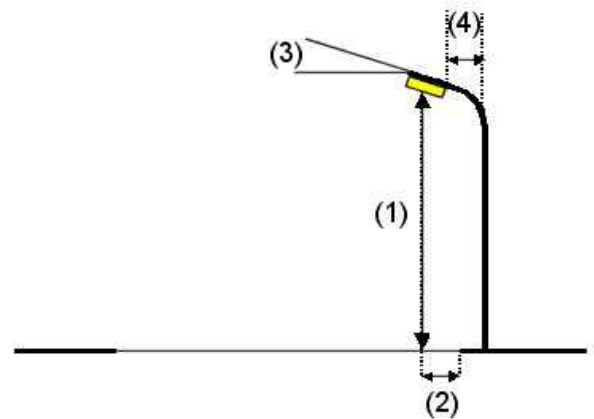
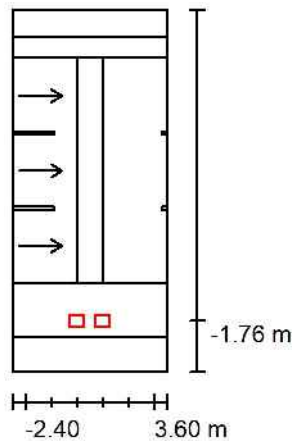
LTH1 Nublado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1 (Anchura: 1.240 m)
Arcén (Anchura: 1.000 m)
Calzada 1 (Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén (Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2 (Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-207W
Flujo luminoso (Luminaria): 26054 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 26054 lm
Potencia de las luminarias: 207.0 W
Organización: unilateral abajo
Distancia entre mástiles: 1.200 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): -1.750 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

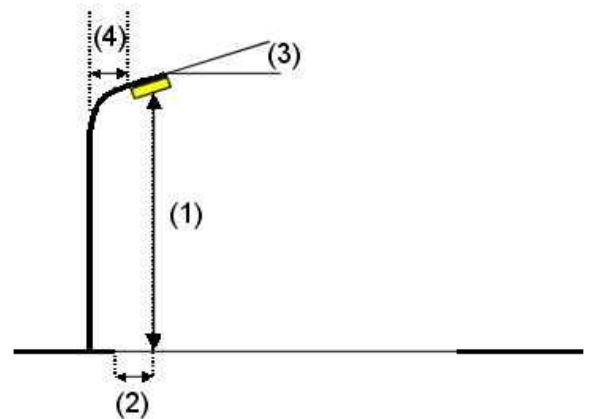
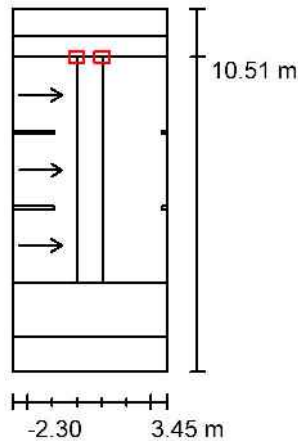
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.2.



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH1 Nublado / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-207W
Flujo luminoso (Luminaria): 26054 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 26054 lm
Potencia de las luminarias: 207.0 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 1.150 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.2.

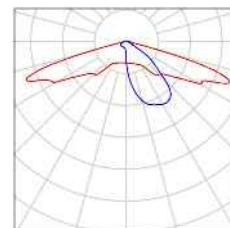


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH1 Nublado / Lista de luminarias

SETGA S.L.U BRG-0039-207W
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 26054 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 26054 lm
Potencia de las luminarias: 207.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 25 59 93 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección 0.500).

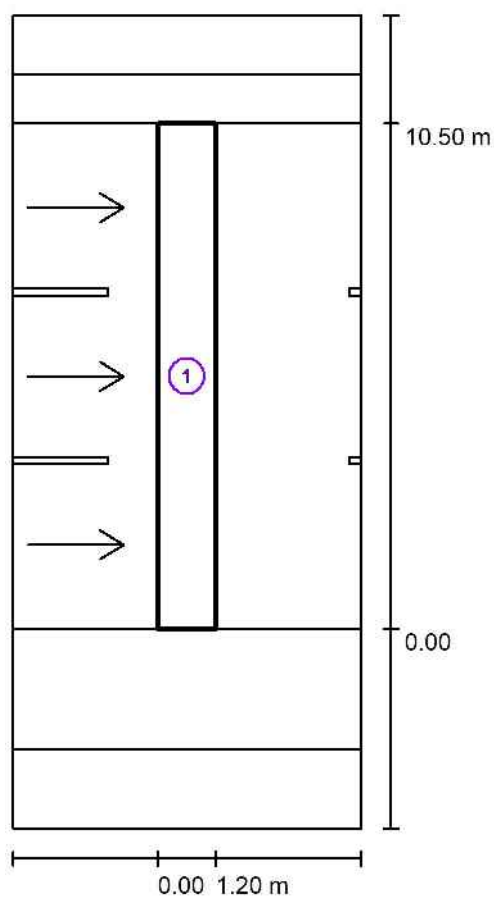
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH1 Nublado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:157

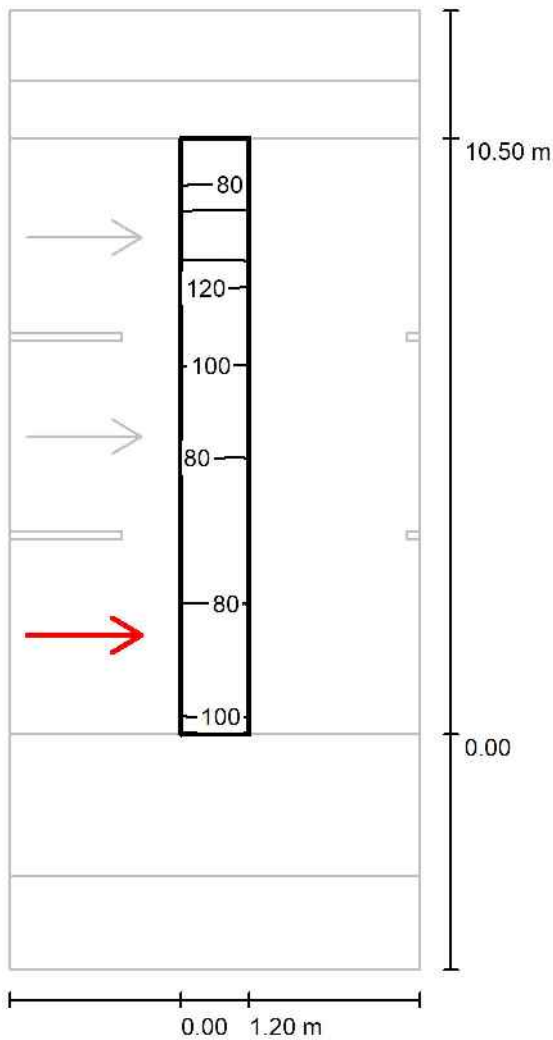
Lista del recuadro de evaluación

- Recuadro de evaluación Calzada 1
Longitud: 1.200 m, Anchura: 10.500 m
Trama: 10 x 9 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
91.66	0.73	1.00	14	0.22

Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH1 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



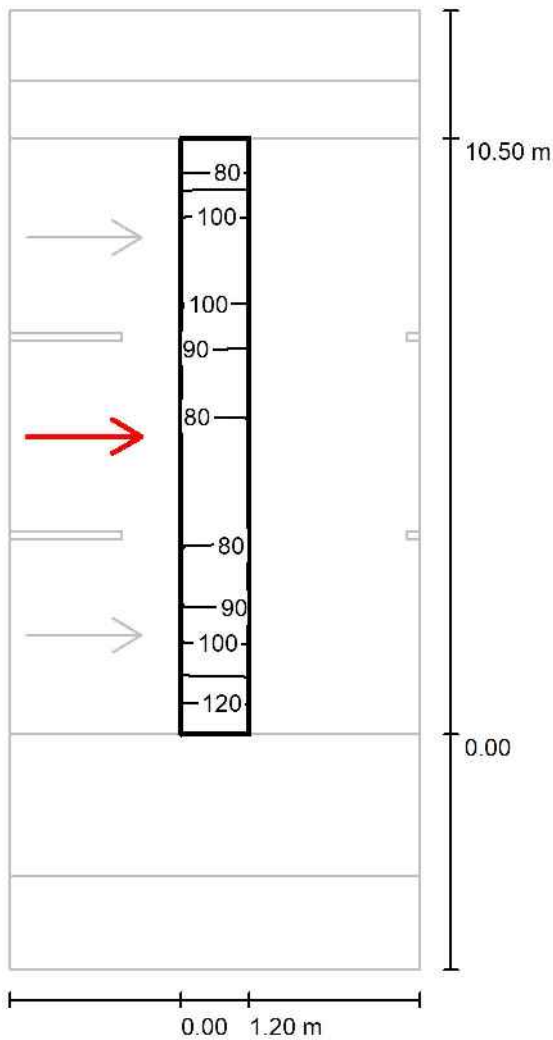
Valores en Candela/m², Escala 1 : 133

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
91.66	0.73	1.00	14

Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH1 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



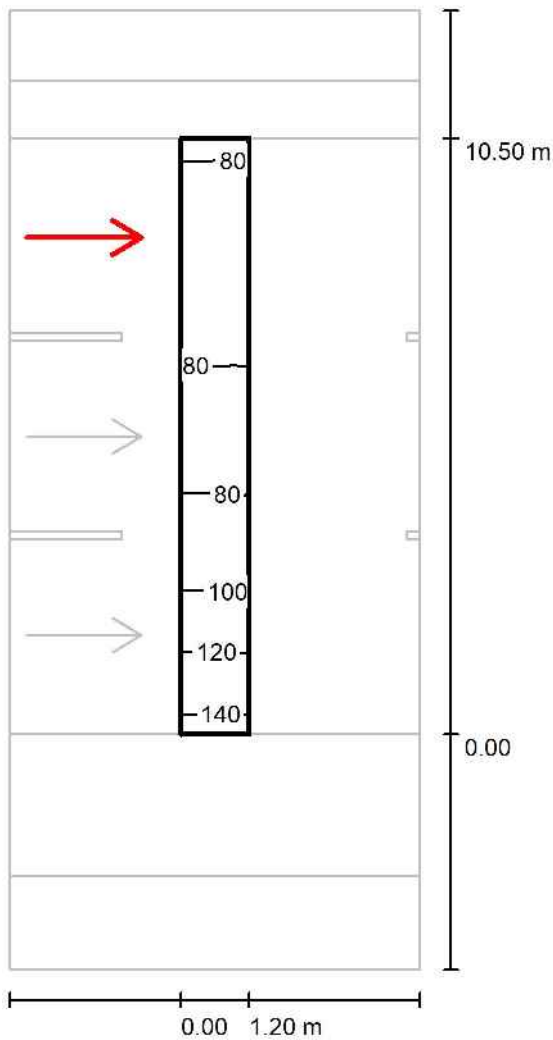
Valores en Candela/m², Escala 1 : 133

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
92.07	0.82	1.00	14

Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH1 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 133

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 8.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
93.14	0.81	1.00	14



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

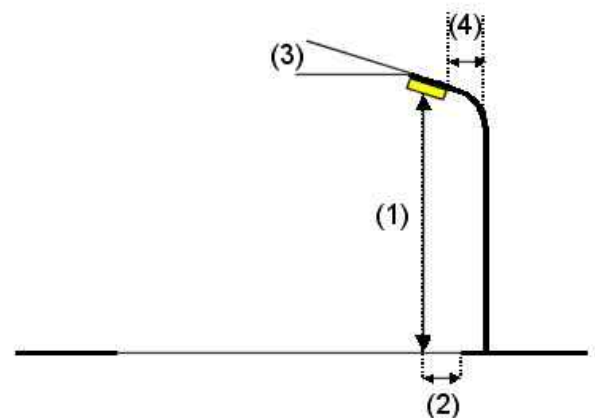
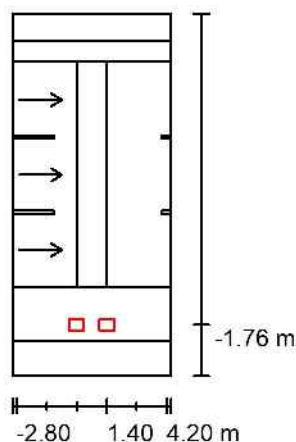
LTH2 Nublado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1	(Anchura: 1.240 m)
Arcén	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén	(Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2	(Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	SETGA S.L.U BRG-0039-199W
Flujo luminoso (Luminaria):	25046 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	25046 lm
Potencia de las luminarias:	199.0 W
Organización:	unilateral abajo
Distancia entre mástiles:	1.400 m
Altura de montaje (1):	5.500 m
Altura del punto de luz:	5.407 m
Saliente sobre la calzada (2):	-1.750 m
Inclinación del brazo (3):	5.0 °
Longitud del brazo (4):	0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica	
con 70°:	1561 cd/klm
con 80°:	142 cd/klm
con 90°:	28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

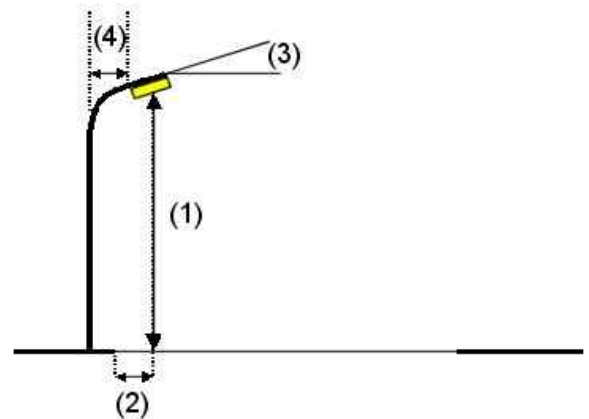
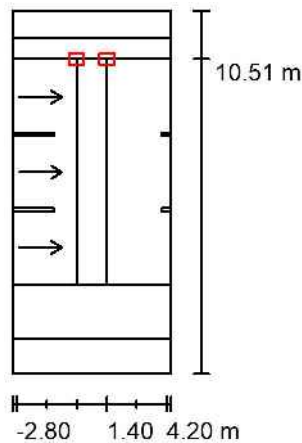
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.2.



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH2 Nublado / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-199W
Flujo luminoso (Luminaria): 25046 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 25046 lm
Potencia de las luminarias: 199.0 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 1.400 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.2.

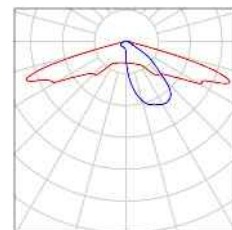


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH2 Nublado / Lista de luminarias

SETGA S.L.U BRG-0039-199W
Nº de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 25046 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 25046 lm
Potencia de las luminarias: 199.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 25 59 93 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección 0.500).

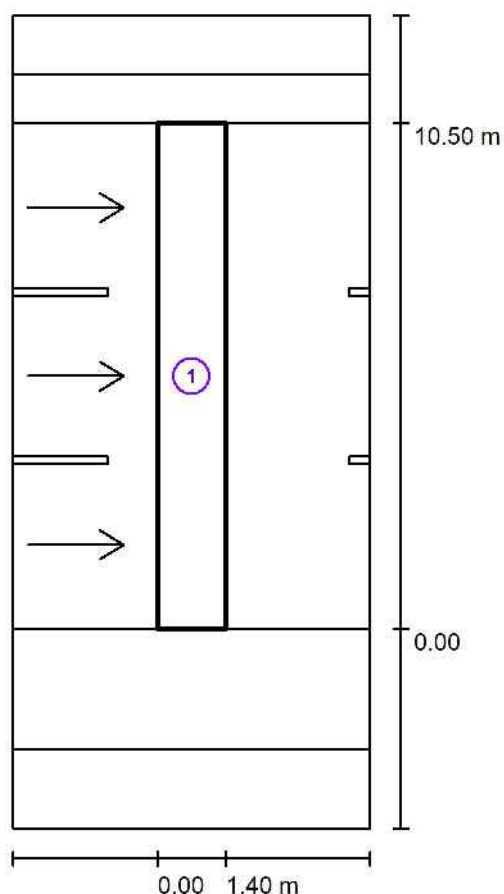
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH2 Nublado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:157

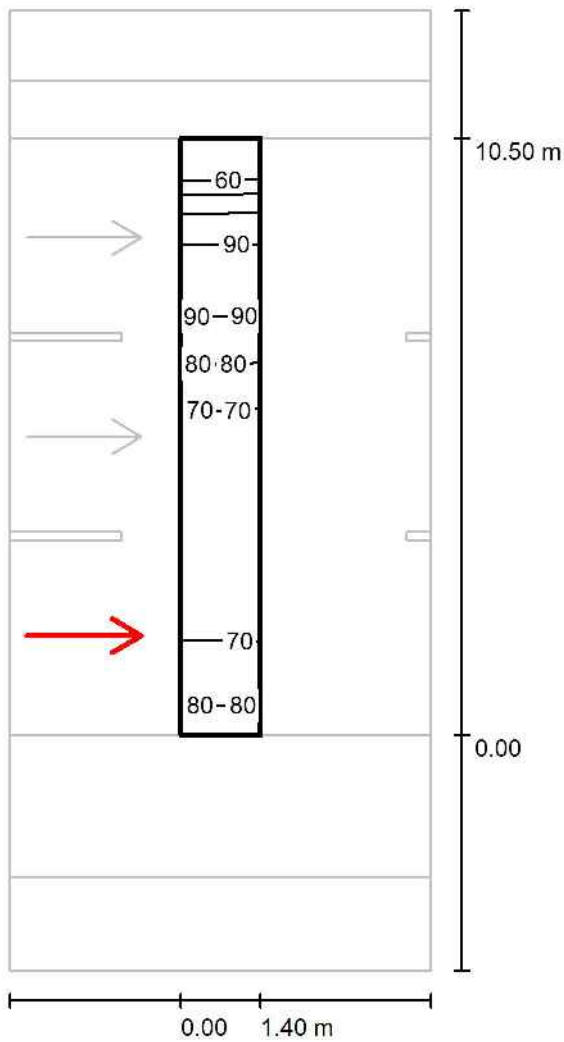
Lista del recuadro de evaluación

- Recuadro de evaluación Calzada 1
Longitud: 1.400 m, Anchura: 10.500 m
Trama: 10 x 9 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
73.56	0.72	1.00	14	0.22

Proyecto elaborado por Rocio Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH2 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



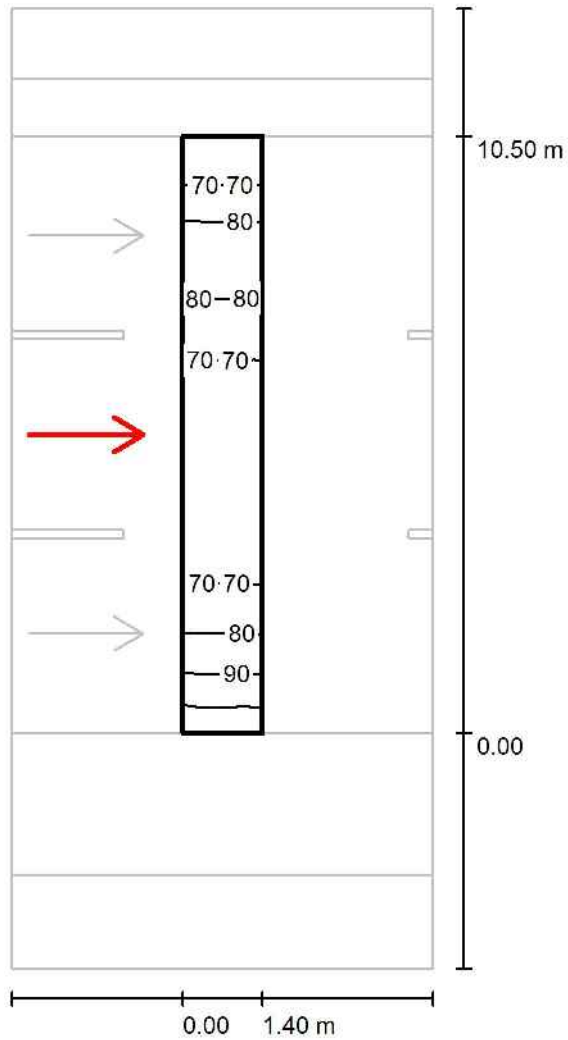
Valores en Candela/m², Escala 1 : 133

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
73.56	0.72	1.00	14

Proyecto elaborado por Rocio Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH2 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)

Valores en Candela/m², Escala 1 : 133

Trama: 10 x 9 Puntos

Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]
74.06

U0
0.82

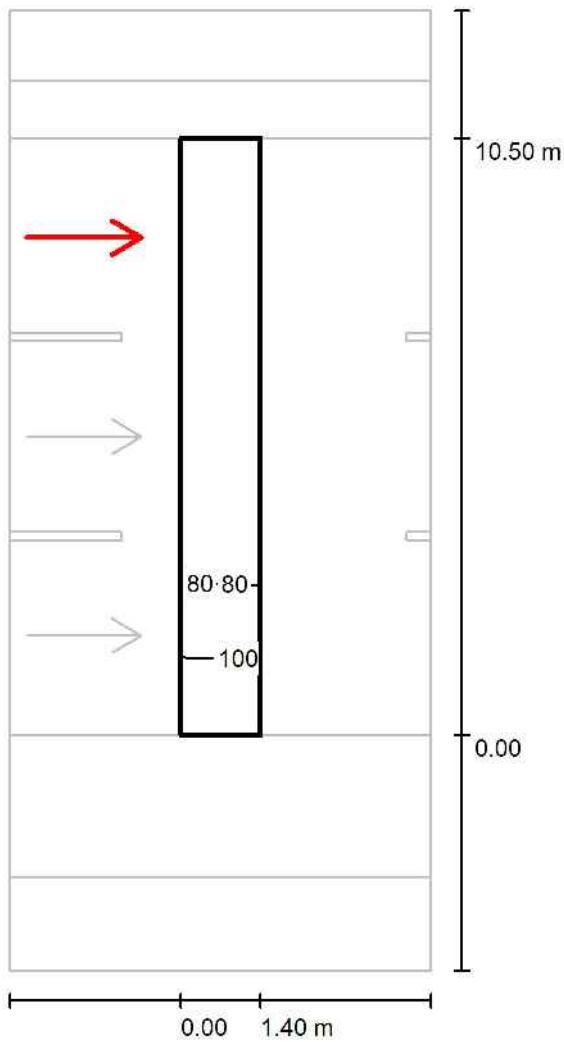
1.00 UI

TI [%]
14



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTH2 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 133

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 8.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
75.12	0.81	1.00	14



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

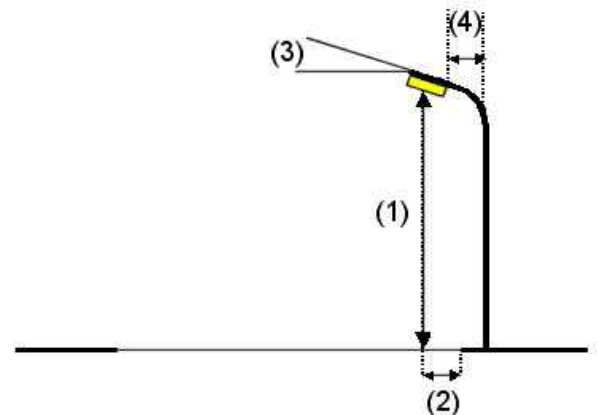
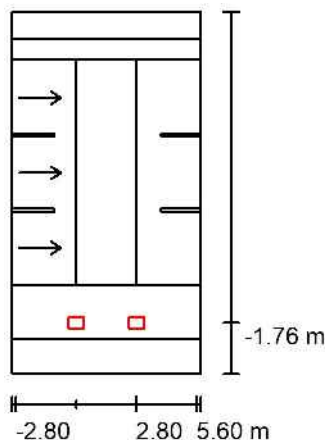
LTR1 Nublado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1	(Anchura: 1.240 m)
Arcén	(Anchura: 1.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén	(Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2	(Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	SETGA S.L.U BRG-0039-199W
Flujo luminoso (Luminaria):	25046 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	25046 lm
Potencia de las luminarias:	199.0 W
Organización:	unilateral abajo
Distancia entre mástiles:	2.800 m
Altura de montaje (1):	5.500 m
Altura del punto de luz:	5.407 m
Saliente sobre la calzada (2):	-1.750 m
Inclinación del brazo (3):	5.0 °
Longitud del brazo (4):	0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica	
con 70°:	1561 cd/klm
con 80°:	142 cd/klm
con 90°:	28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

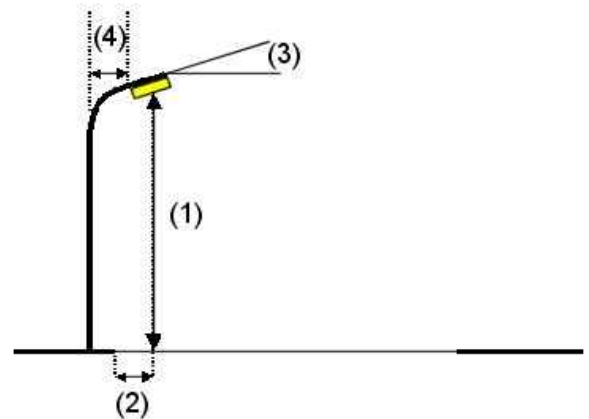
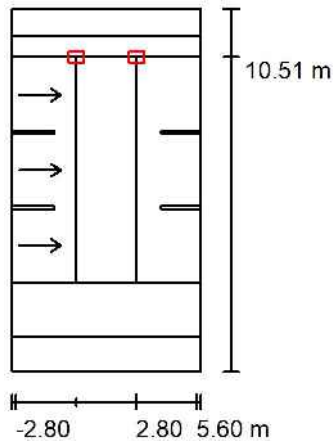
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.2.



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR1 Nublado / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-199W
Flujo luminoso (Luminaria): 25046 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 25046 lm
Potencia de las luminarias: 199.0 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 2.800 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.2.

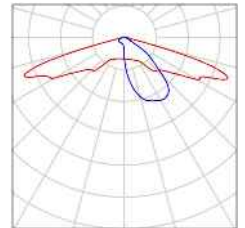


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR1 Nublado / Lista de luminarias

SETGA S.L.U BRG-0039-199W
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 25046 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 25046 lm
Potencia de las luminarias: 199.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 25 59 93 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección 0.500).

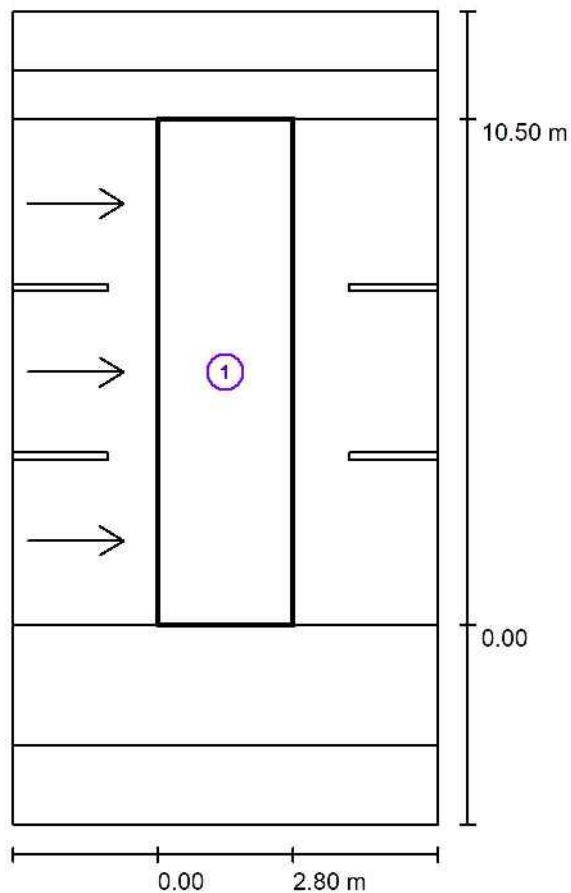
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR1 Nublado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:157

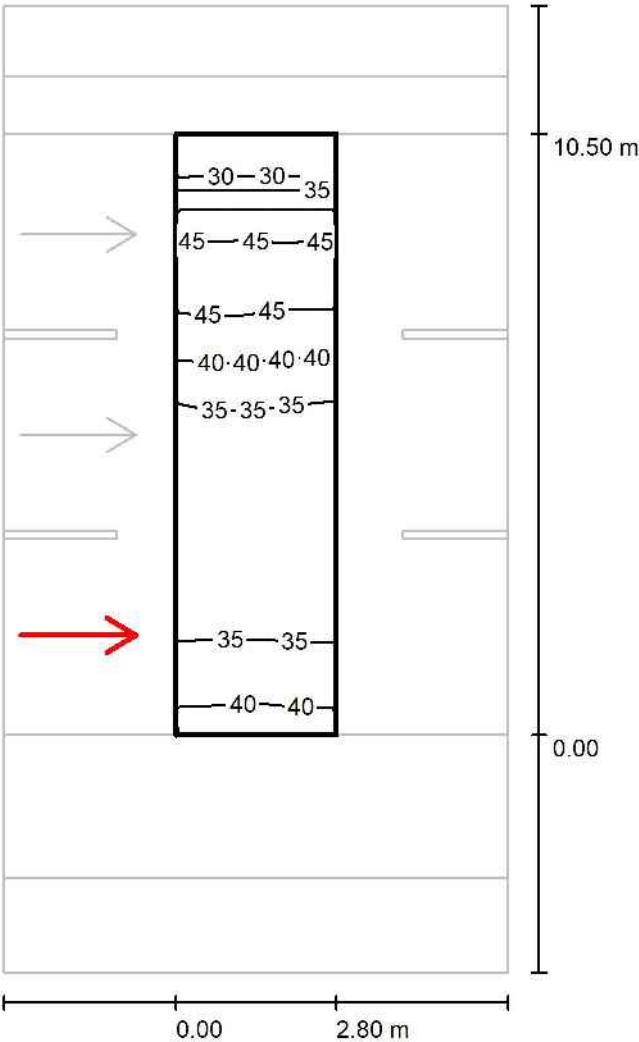
Lista del recuadro de evaluación

- Recuadro de evaluación Calzada 1
Longitud: 2.800 m, Anchura: 10.500 m
Trama: 10 x 9 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
36.75	0.72	0.99	/	0.22

Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR1 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

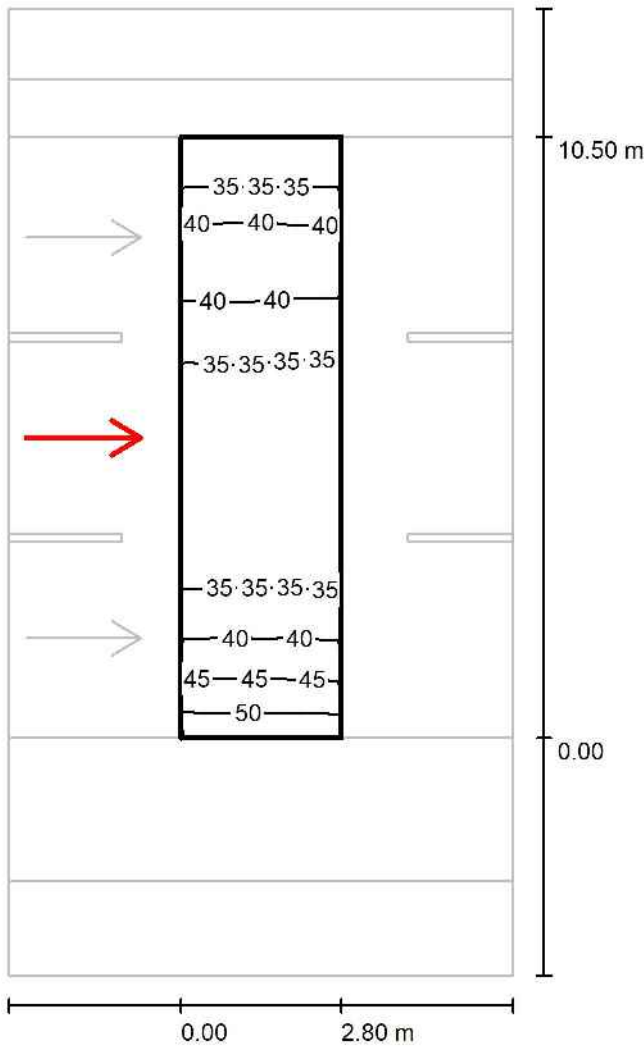
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
36.75	0.72	0.99	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR1 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



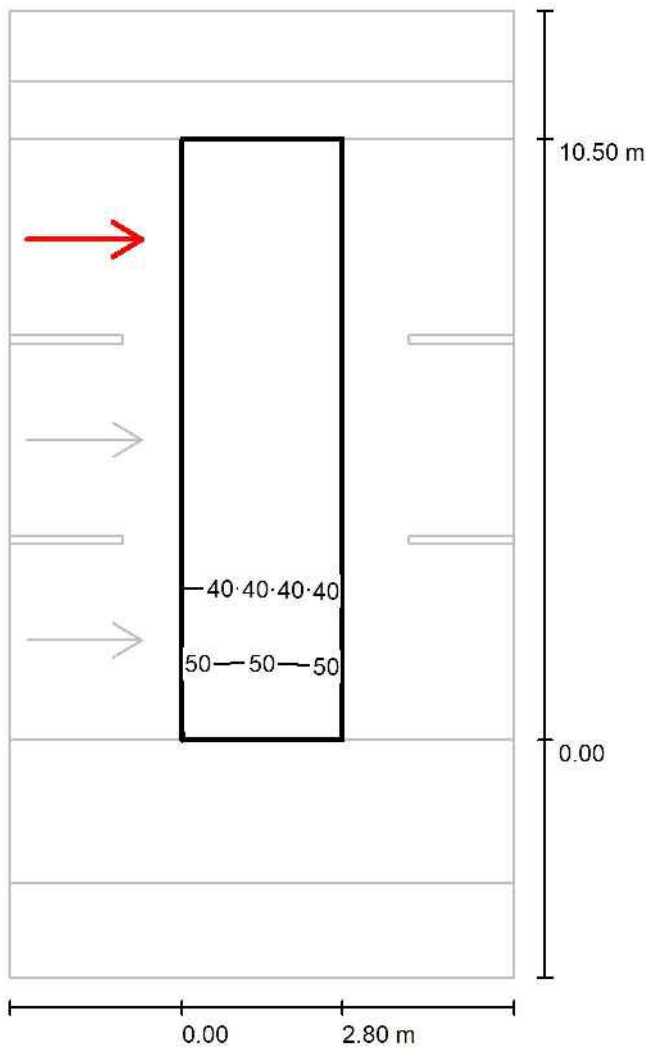
Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
36.99	0.82	0.99	/

Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR1 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 8.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
37.51	0.81	0.99	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

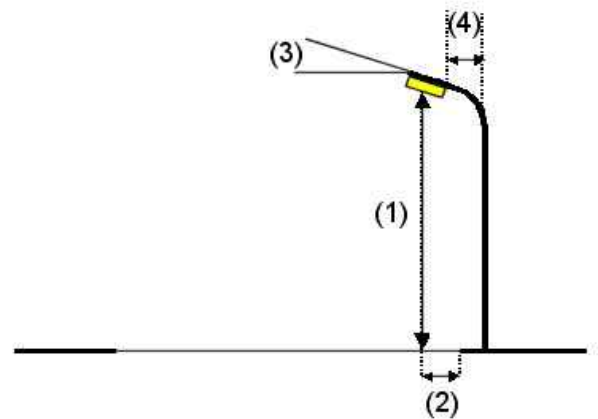
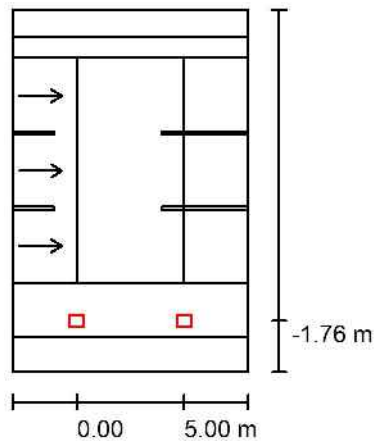
LTR2 Nublado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1 (Anchura: 1.240 m)
Arcén (Anchura: 1.000 m)
Calzada 1 (Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén (Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2 (Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-180W
Flujo luminoso (Luminaria): 23460 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 23460 lm
Potencia de las luminarias: 180.3 W
Organización: unilateral abajo
Distancia entre mástiles: 5.000 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): -1.750 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

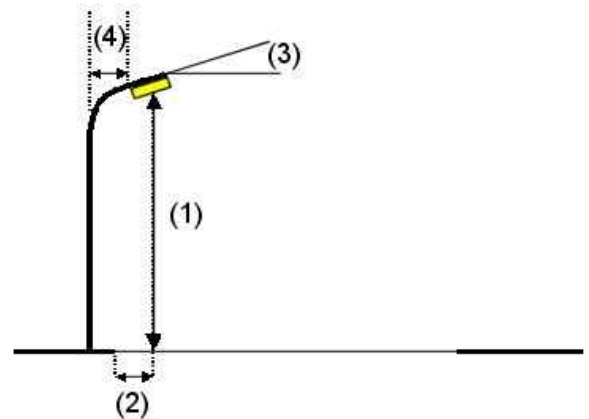
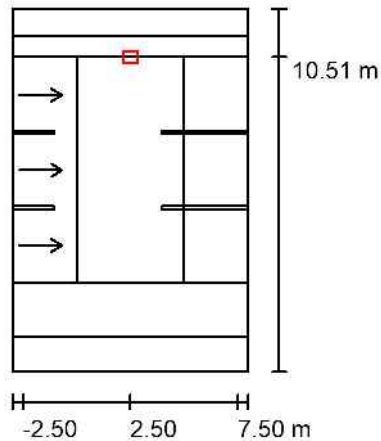
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.2.



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR2 Nublado / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-180W
Flujo luminoso (Luminaria): 23460 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 23460 lm
Potencia de las luminarias: 180.3 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 5.000 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.2.

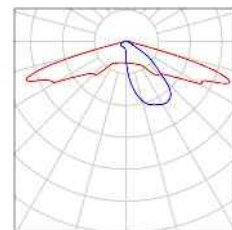


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR2 Nublado / Lista de luminarias

SETGA S.L.U BRG-0039-180W
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 23460 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 23460 lm
Potencia de las luminarias: 180.3 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 25 59 93 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección 0.500).

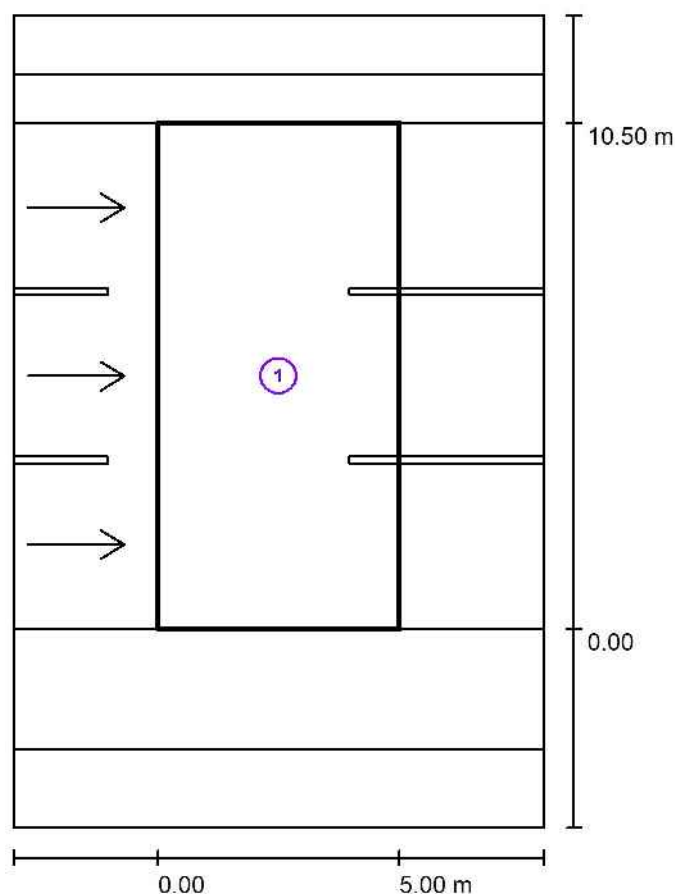
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR2 Nublado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:157

Lista del recuadro de evaluación

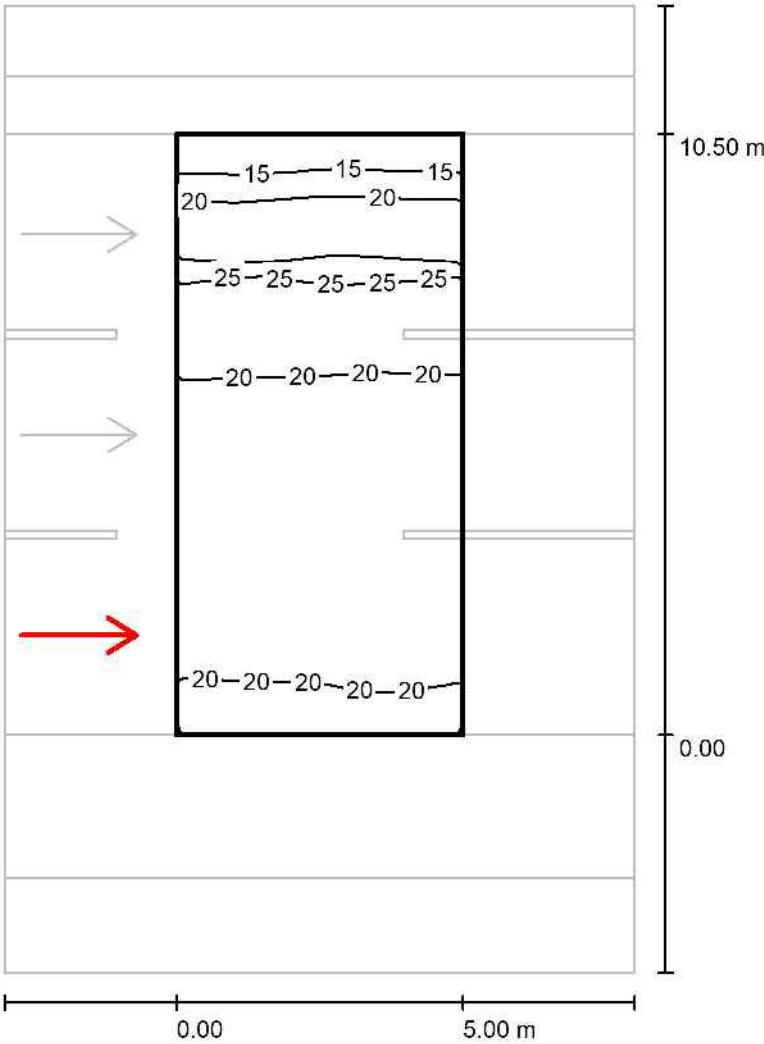
- Recuadro de evaluación Calzada 1
Longitud: 5.000 m, Anchura: 10.500 m
Trama: 10 x 9 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
19.26	0.71	0.92	/	0.22



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR2 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

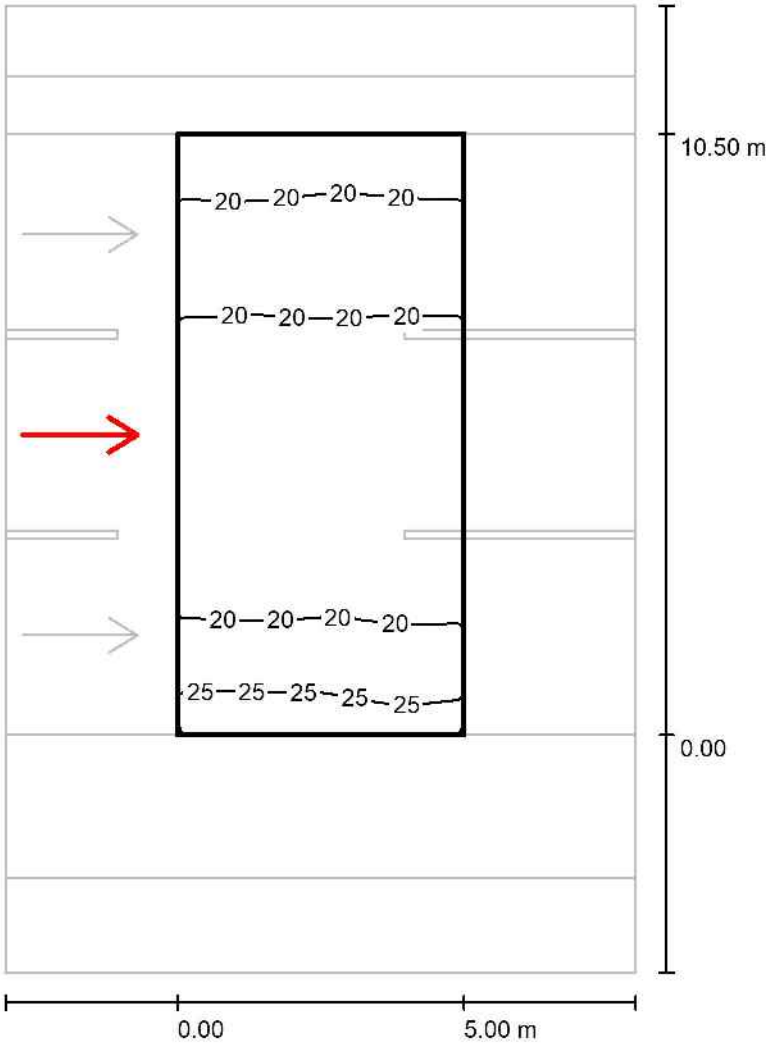
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
19.26	0.71	0.97	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR2 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

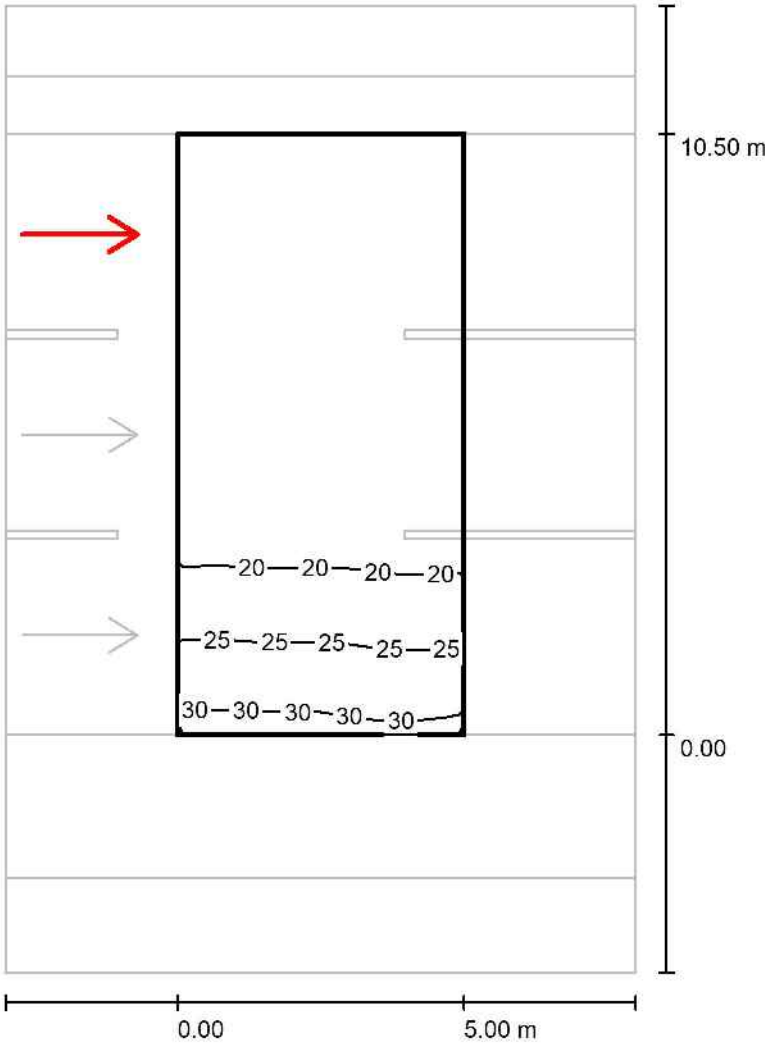
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
19.37	0.82	0.98	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR2 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 8.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
19.64	0.81	0.92	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

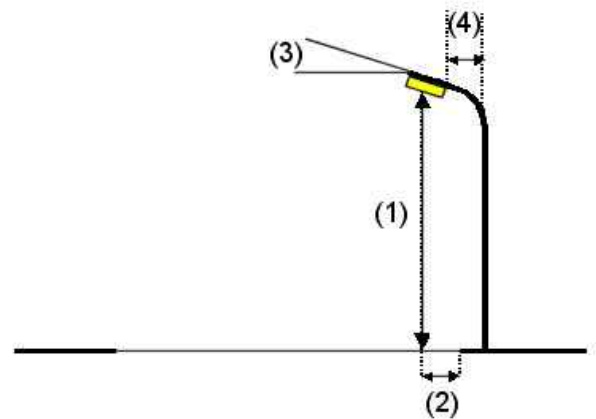
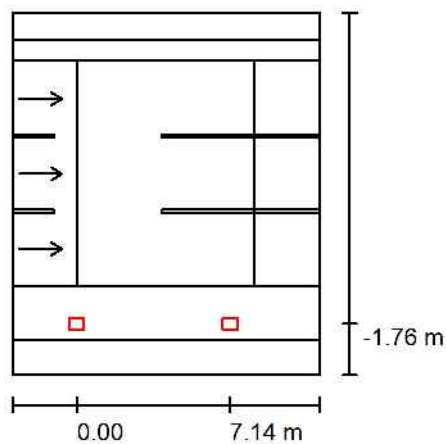
LTR3 Nublado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1 (Anchura: 1.240 m)
Arcén (Anchura: 1.000 m)
Calzada 1 (Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén (Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2 (Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-180W
Flujo luminoso (Luminaria): 23460 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 23460 lm
Potencia de las luminarias: 180.3 W
Organización: unilateral abajo
Distancia entre mástiles: 7.140 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): -1.750 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

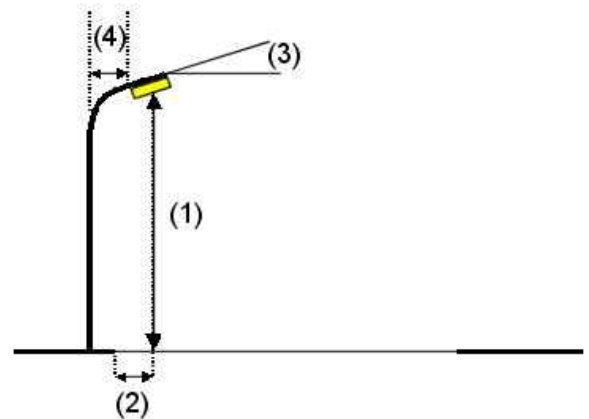
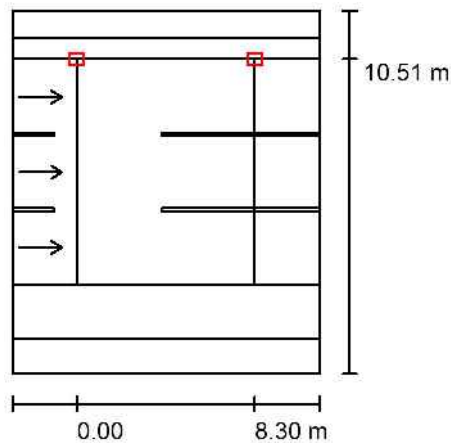
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.2.



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR3 Nublado / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-180W
Flujo luminoso (Luminaria): 23460 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 23460 lm
Potencia de las luminarias: 180.3 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 8.300 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.2.

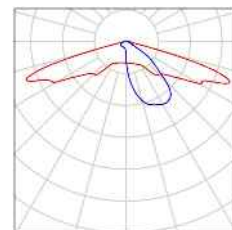


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR3 Nublado / Lista de luminarias

SETGA S.L.U BRG-0039-180W
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 23460 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 23460 lm
Potencia de las luminarias: 180.3 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 25 59 93 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección 0.500).

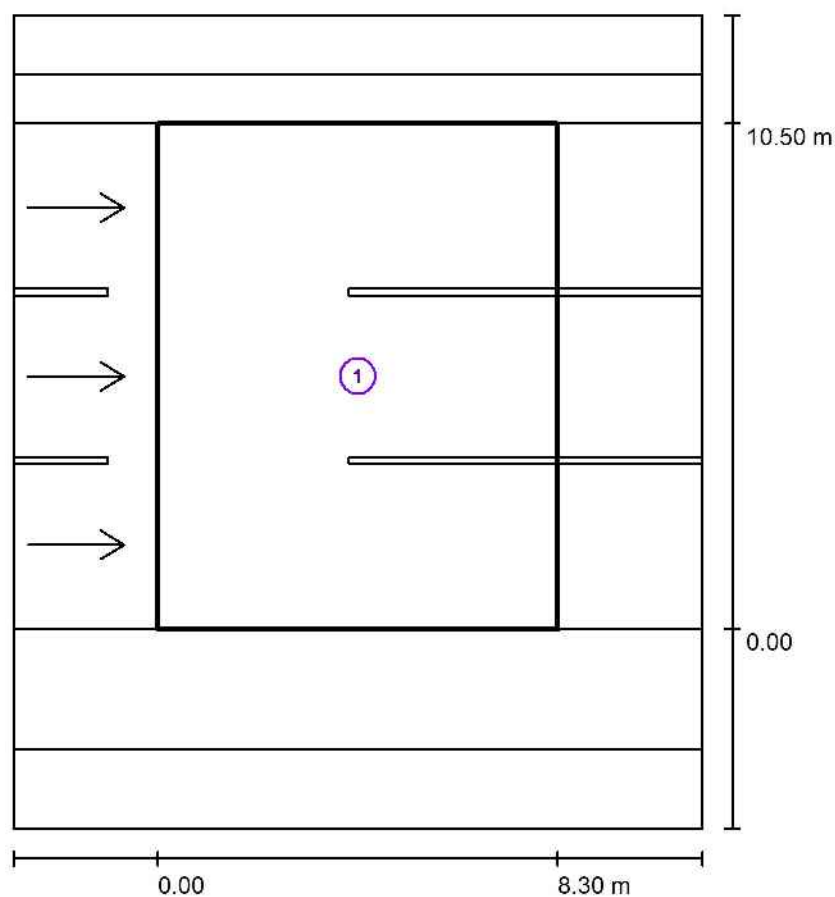
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR3 Nublado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:157

Lista del recuadro de evaluación

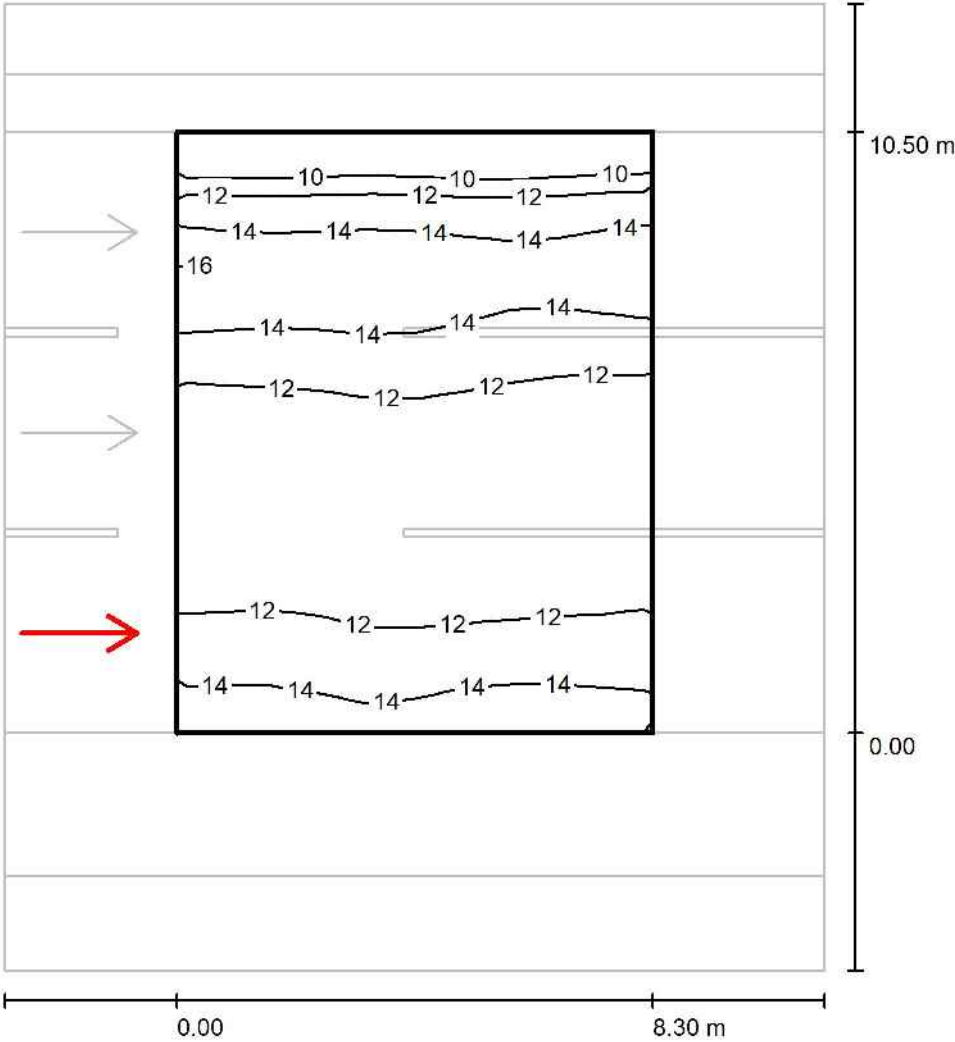
- Recuadro de evaluación Calzada 1
Longitud: 8.300 m, Anchura: 10.500 m
Trama: 10 x 9 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
12.32	0.68	0.93	/	0.23



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR3 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

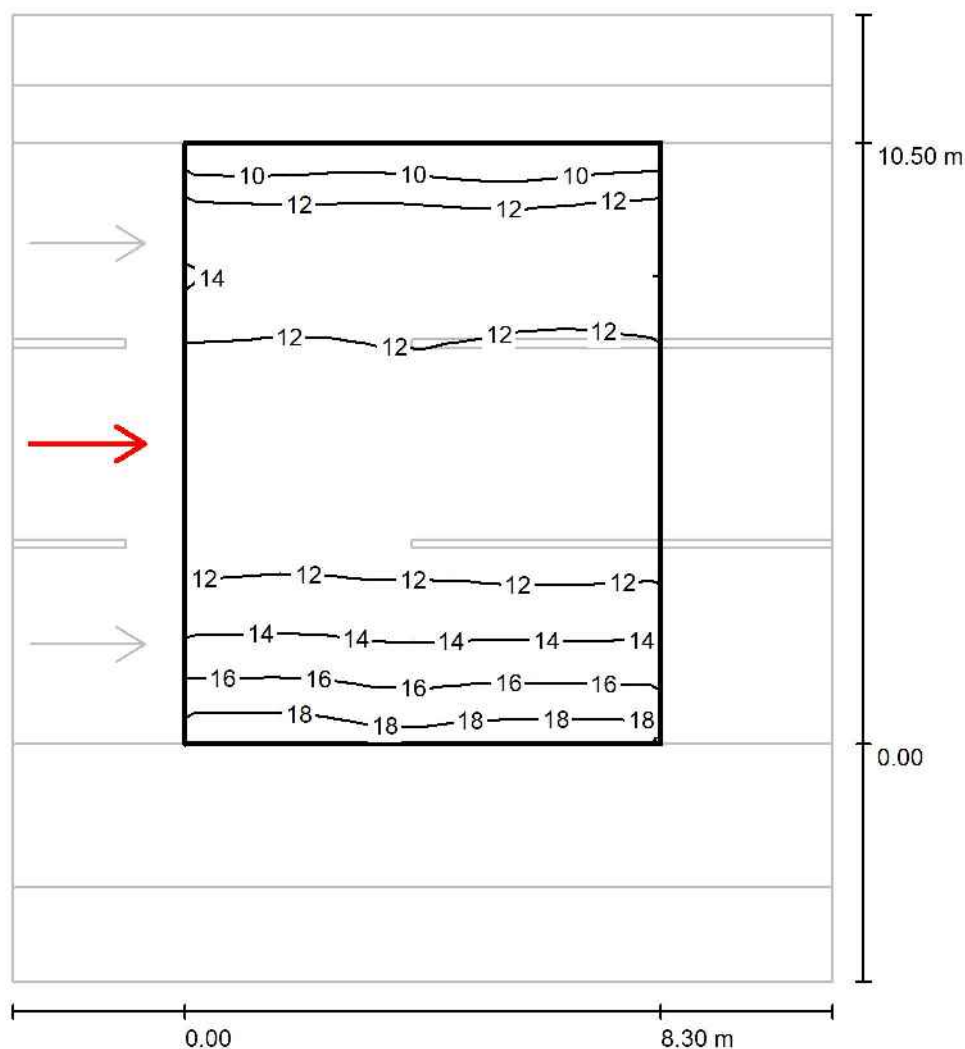
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
12.32	0.68	0.94	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR3 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/ m^2 , Escala 1 : 132

Trama: 10 x 9 Puntos

Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)

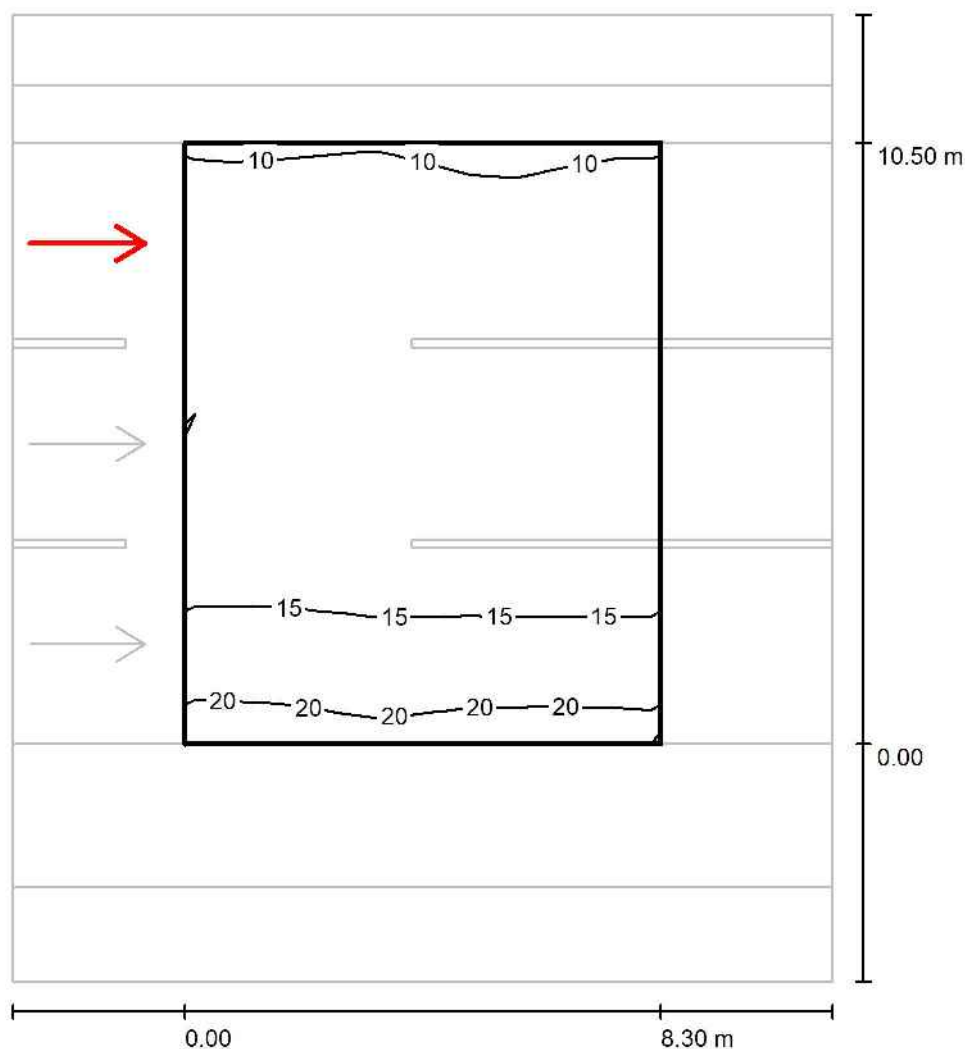
Revestimiento de la calzada: R3, q_0 : 0.070

L_m [cd/m^2]	U_0	U_1	TI [%]
12.48	0.77	0.93	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR3 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

Trama: 10 x 9 Puntos

Posición del observador: (-60.000 m, 8.750 m, 1.500 m)

Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]
12.77

U0
0.78

UI
0.94

TI [%]
/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

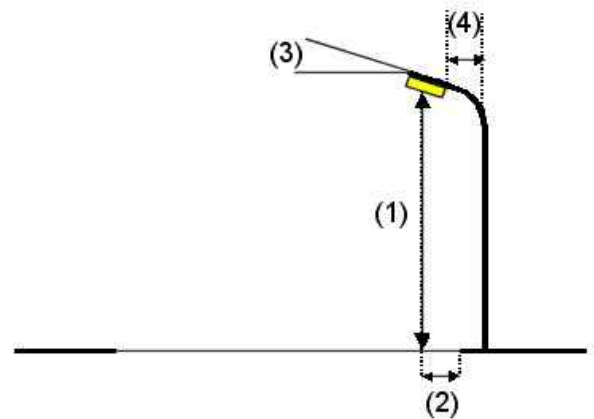
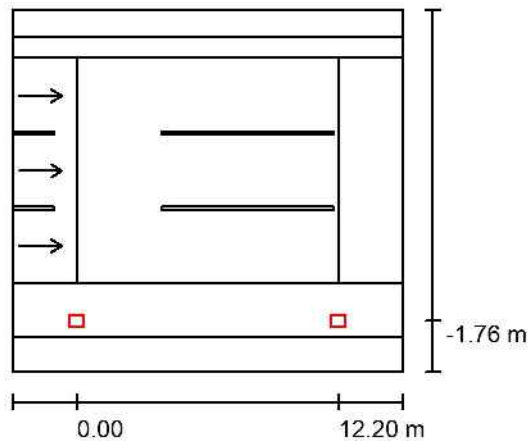
LTR4 Nublado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1 (Anchura: 1.240 m)
Arcén (Anchura: 1.000 m)
Calzada 1 (Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén (Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2 (Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-180W
Flujo luminoso (Luminaria): 23460 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 23460 lm
Potencia de las luminarias: 180.3 W
Organización: unilateral abajo
Distancia entre mástiles: 12.200 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): -1.750 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

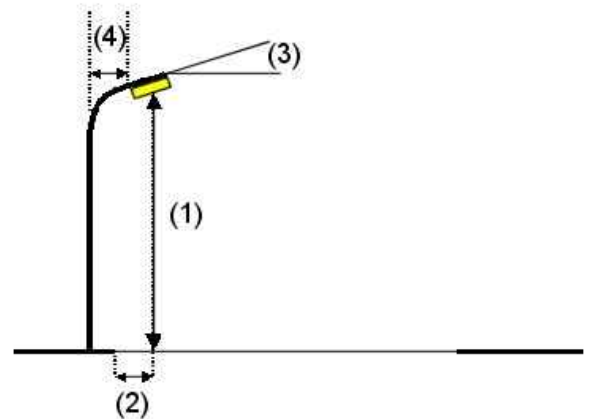
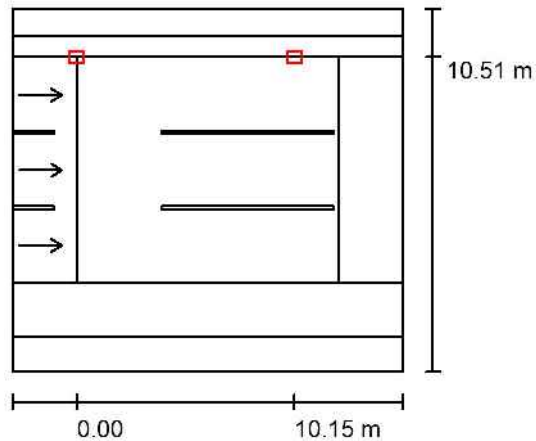
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.2.



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR4 Nublado / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-180W
Flujo luminoso (Luminaria): 23460 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 23460 lm
Potencia de las luminarias: 180.3 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 10.150 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.2.

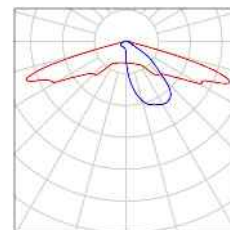


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR4 Nublado / Lista de luminarias

SETGA S.L.U BRG-0039-180W
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 23460 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 23460 lm
Potencia de las luminarias: 180.3 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 25 59 93 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección 0.500).

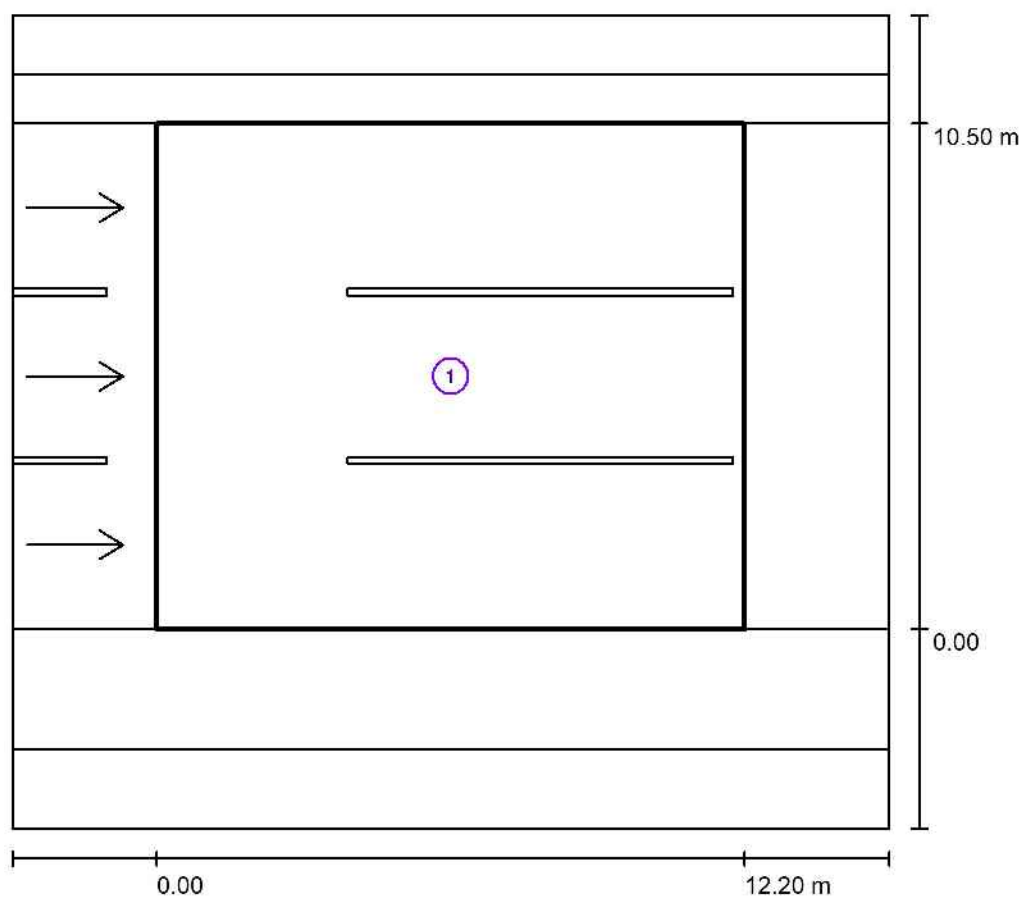
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

LTR4 Nublado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:157

Lista del recuadro de evaluación

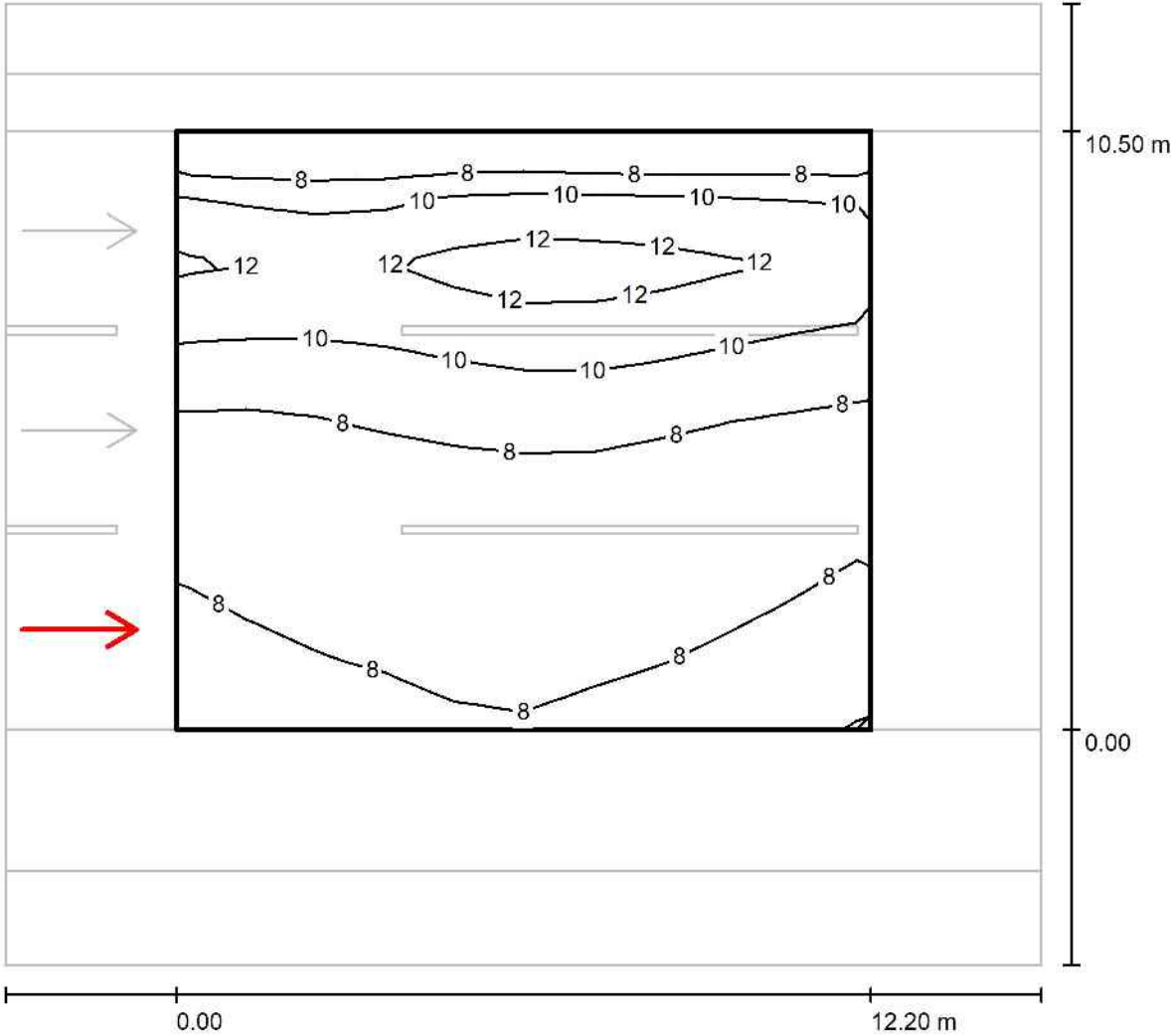
- Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 12.200 m, Anchura: 10.500 m
 Trama: 10 x 9 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
 Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
8.76	0.75	0.76	/	0.21



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR4 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

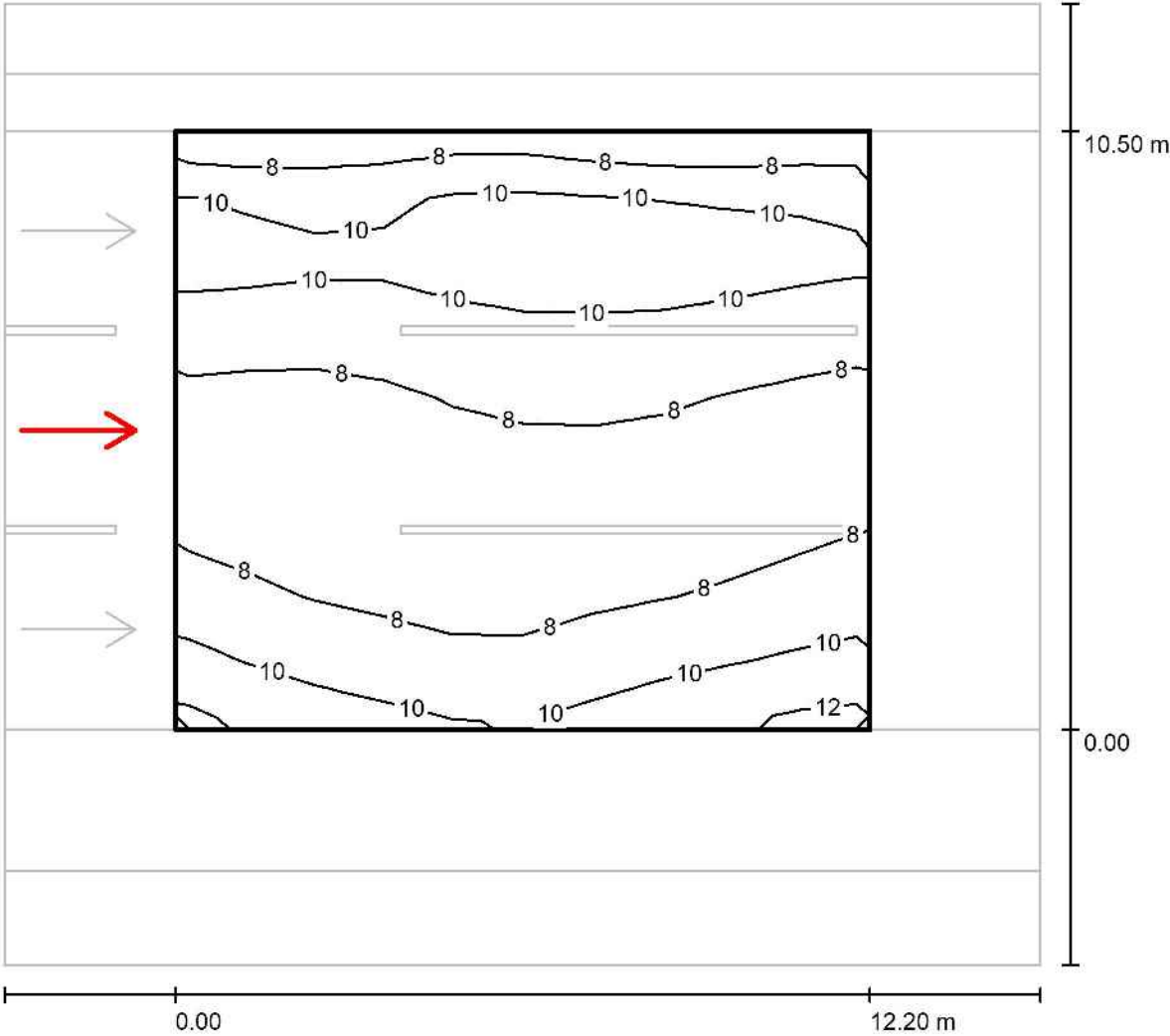
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
8.80	0.75	0.76	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR4 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

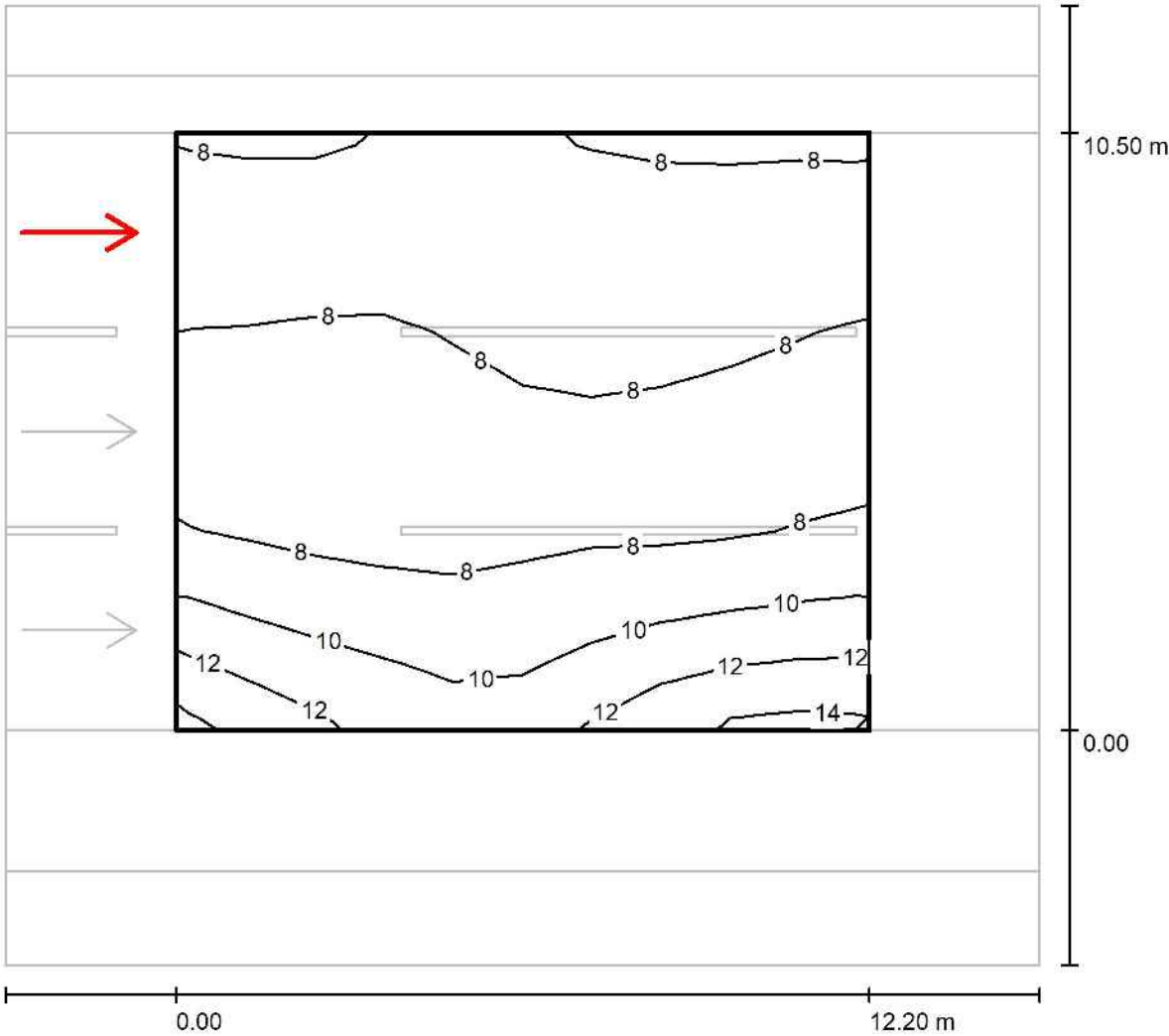
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 5.250 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
8.76	0.78	0.88	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR4 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 8.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
8.78	0.78	0.88	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

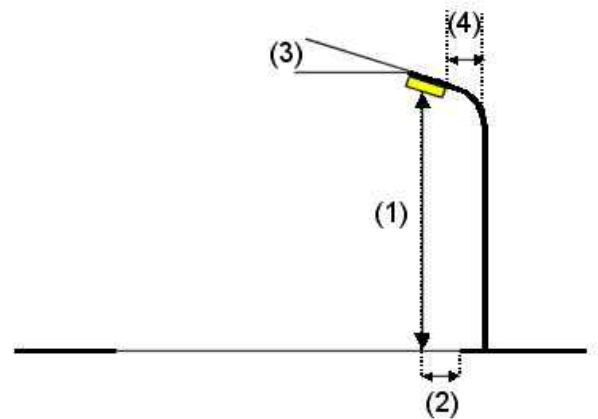
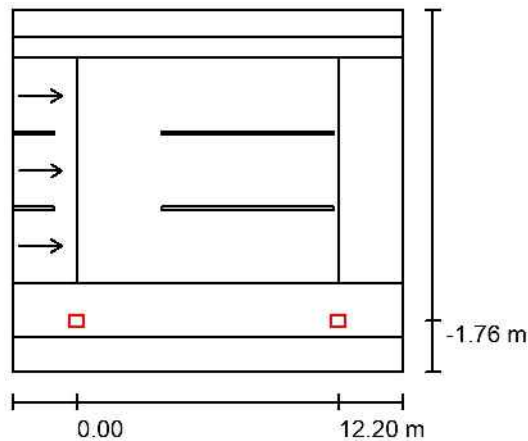
LTR5 Nublado / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1 (Anchura: 1.240 m)
Arcén (Anchura: 1.000 m)
Calzada 1 (Anchura: 10.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén (Anchura: 2.500 m)
Camino peatonal 2 (Anchura: 1.640 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-135W
Flujo luminoso (Luminaria): 16952 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16952 lm
Potencia de las luminarias: 135.0 W
Organización: unilateral abajo
Distancia entre mástiles: 12.200 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): -1.750 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

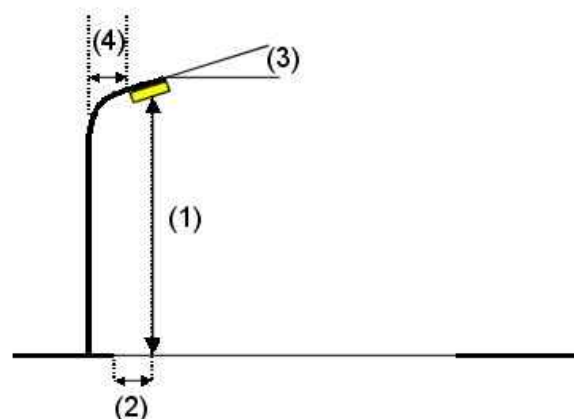
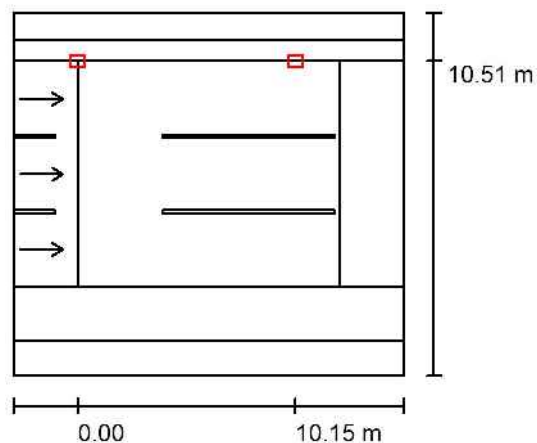
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.3.



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR5 Nublado / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SETGA S.L.U BRG-0039-135W
Flujo luminoso (Luminaria): 16952 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16952 lm
Potencia de las luminarias: 135.0 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 10.150 m
Altura de montaje (1): 5.500 m
Altura del punto de luz: 5.407 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.000 m
Inclinación del brazo (3): 5.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 1561 cd/klm
con 80°: 142 cd/klm
con 90°: 28 cd/klm

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

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.3.

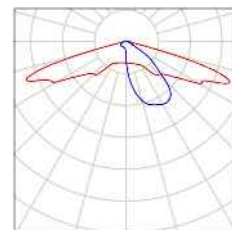


Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR5 Nublado / Lista de luminarias

SETGA S.L.U BRG-0039-135W
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 16952 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16952 lm
Potencia de las luminarias: 135.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 25 59 93 99 100
Lámpara: 96 x DE151401 (Factor de corrección 0.500).

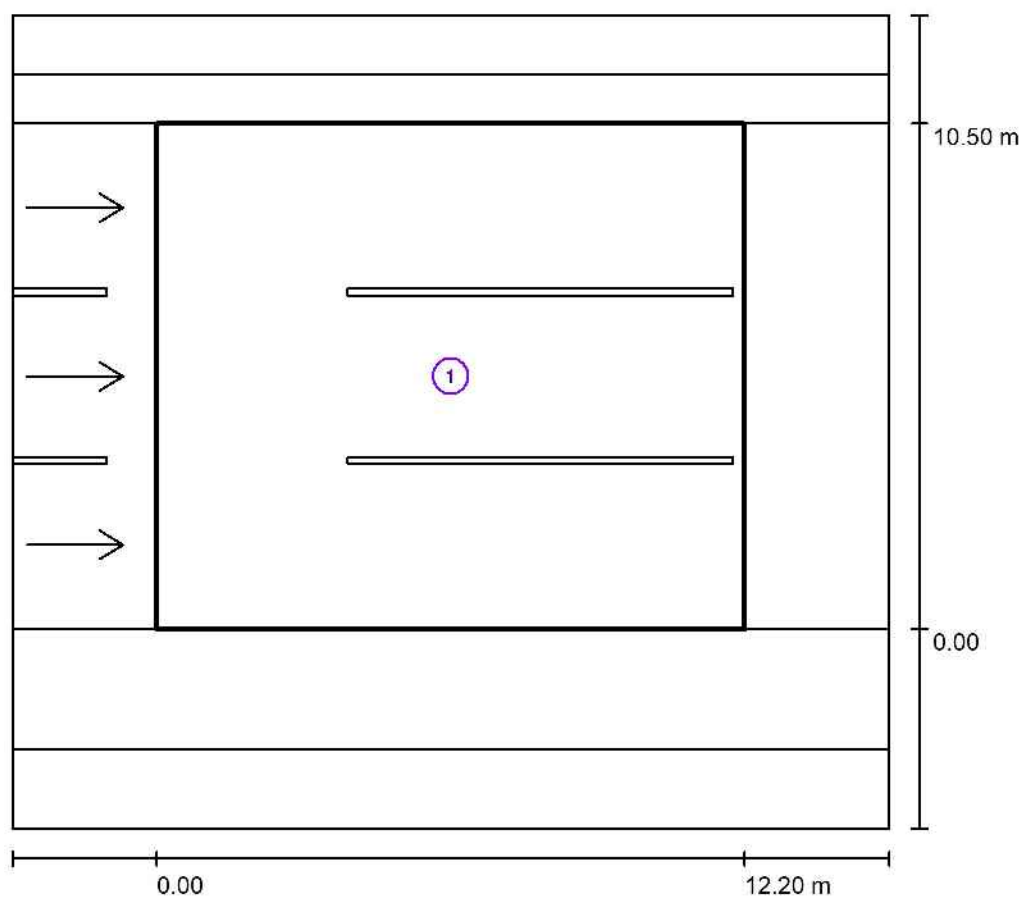
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR5 Nublado / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:157

Lista del recuadro de evaluación

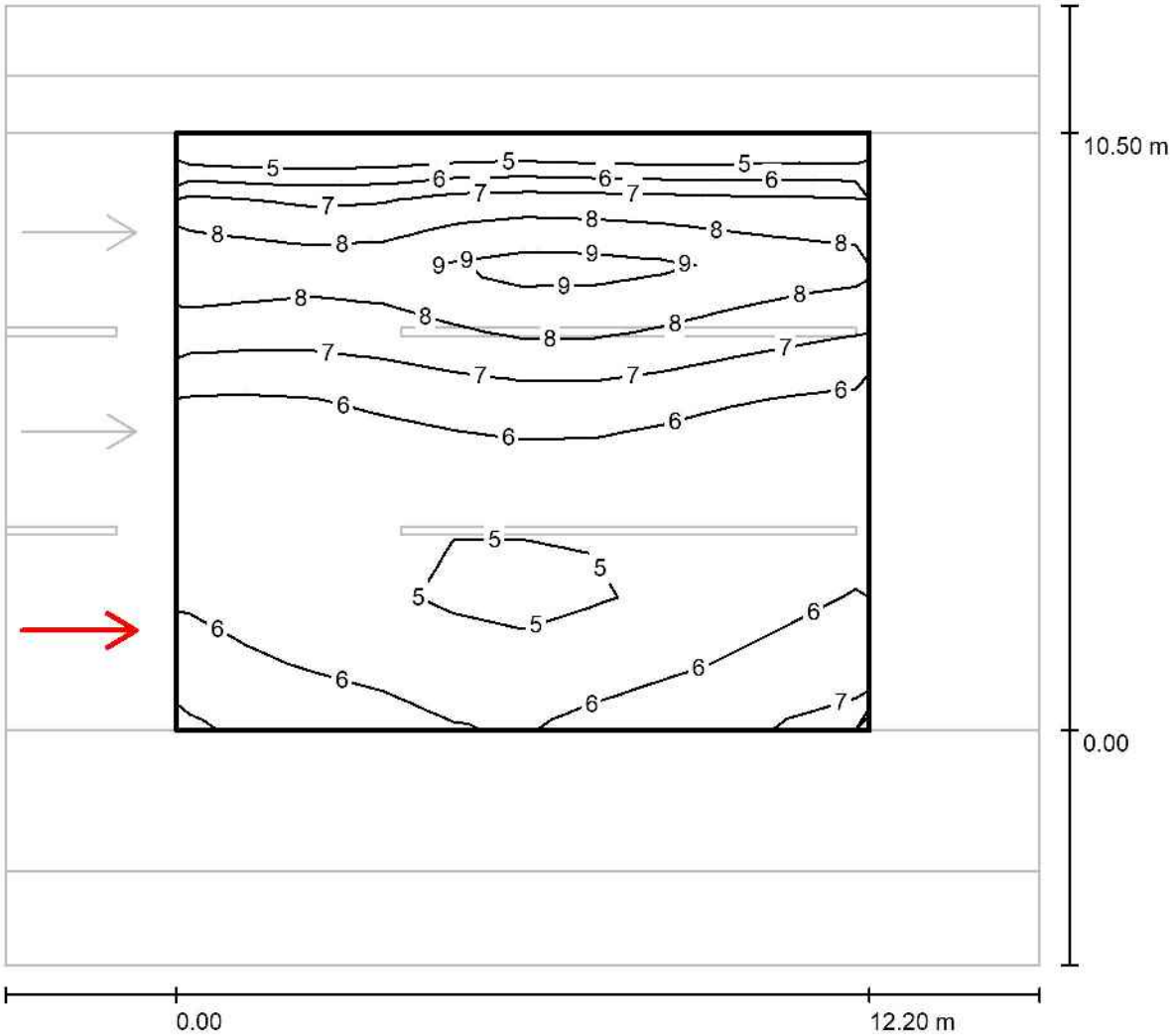
- Recuadro de evaluación Calzada 1
Longitud: 12.200 m, Anchura: 10.500 m
Trama: 10 x 9 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
Clase de iluminación seleccionada: ME1

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
6.33	0.75	0.76	/	0.21



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR5 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

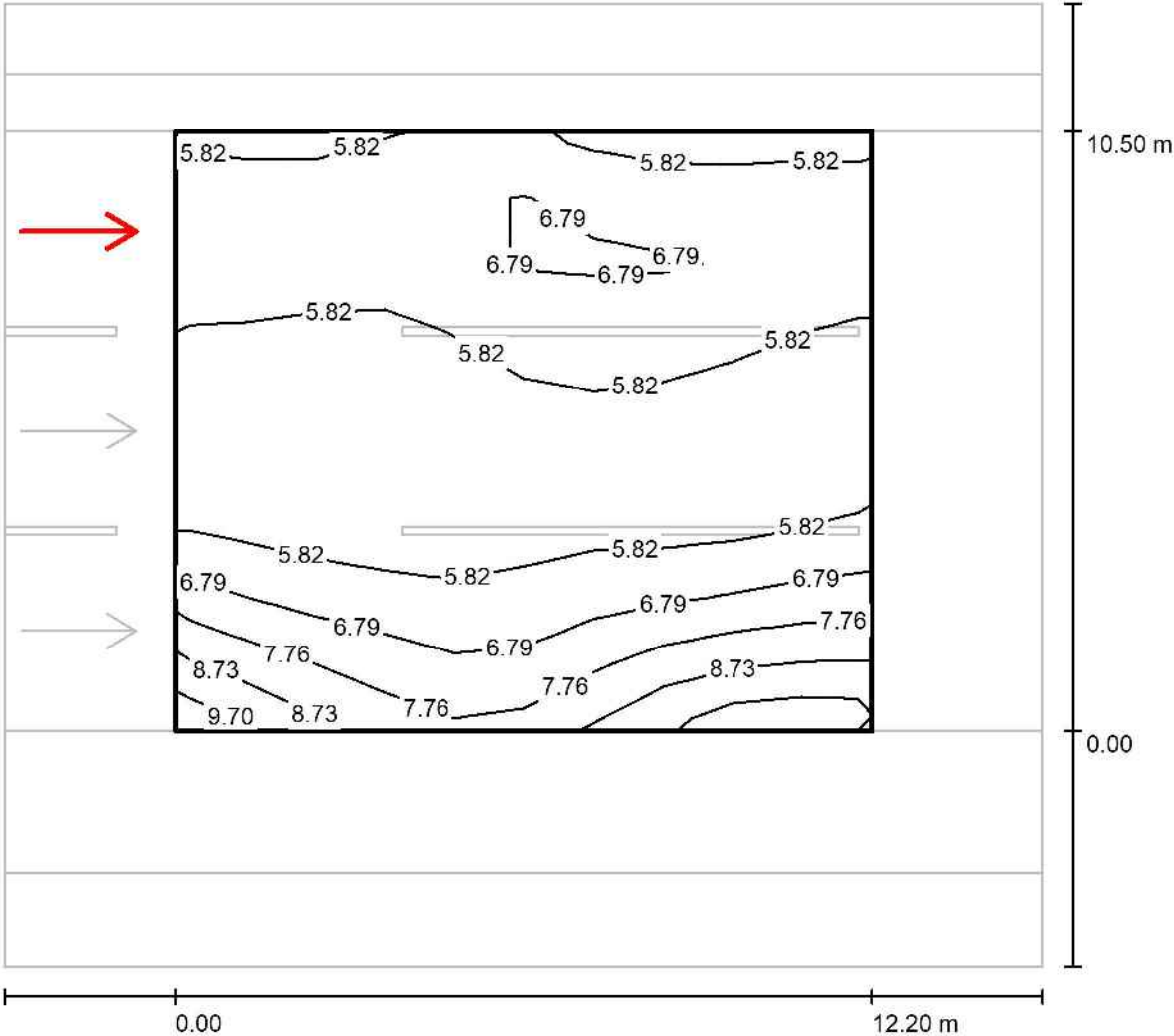
Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 1.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
6.36	0.75	0.76	/



Proyecto elaborado por Rocío Píris de la Peña
Teléfono
Fax
e-Mail

LTR5 Nublado / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 3 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 132

Trama: 10 x 9 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 8.750 m, 1.500 m)
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
6.35	0.78	0.88	/

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

Anexo II. Cálculos fotovoltaicos

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: Tunel de Vigo

Variant: Nueva variante de simulación

Sheds, single array

System power: 130 kWp

Valadares - Spain



Project: Tunel de Vigo

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.2.21

VC0, Simulation date:

04/08/23 13:22

with v7.2.21

Project summary

Geographical Site

Valadares

Spain

Situation

Latitude 42.18 °N

Longitude -8.72 °W

Altitude 150 m

Time zone UTC+1

Project settings

Albedo 0.20

Meteo data

Valadares

Meteonorm 8.0 (2004-2017), Sat=20% - Sintético

System summary

Grid-Connected System

PV Field Orientation

Fixed plane

Tilt/Azimuth 40 / 0 °

Sheds, single array

Near Shadings

Linear shadings

User's needs

Unlimited load (grid)

System information

PV Array

Nb. of modules

288 units

Pnom total

130 kWp

Inverters

Nb. of units

2 units

Pnom total

100 kWac

Pnom ratio

1.296

Results summary

Produced Energy 173.4 MWh/year Specific production 1338 kWh/kWp/year Perf. Ratio PR 83.16 %

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Horizon definition	5
Near shading definition - Iso-shadings diagram	6
Main results	7
Loss diagram	8
Special graphs	9



Project: Tunel de Vigo

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.2.21

VC0, Simulation date:

04/08/23 13:22

with v7.2.21

General parameters

Grid-Connected System

PV Field Orientation

Orientation

Fixed plane

Tilt/Azimuth 40 / 0 °

Horizon

Average Height 6.2 °

Sheds, single array

Sheds configuration

Nb. of sheds 16 units

Single array

Sizes

Sheds spacing 3.00 m

Collector width 1.04 m

Ground Cov. Ratio (GCR) 34.6 %

Top inactive band 0.02 m

Bottom inactive band 0.02 m

Shading limit angle

Limit profile angle 17.3 °

Near Shadings

Linear shadings

User's needs

Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

PV module

Manufacturer SOLYCO Solar AG

Model SOLYCO C-TG 144p.2_450

(Custom parameters definition)

Unit Nom. Power 450 Wp

Number of PV modules 288 units

Nominal (STC) 130 kWp

Array #1 - Generador FV

Number of PV modules 144 units

Nominal (STC) 64.8 kWp

Modules 8 Strings x 18 In series

At operating cond. (50°C)

Pmpp 59.1 kWp

U mpp 674 V

I mpp 88 A

Array #2 - Subconjunto #2

Number of PV modules 144 units

Nominal (STC) 64.8 kWp

Modules 8 Strings x 18 In series

At operating cond. (50°C)

Pmpp 59.1 kWp

U mpp 674 V

I mpp 88 A

Total PV power

Nominal (STC) 130 kWp

Total 288 modules

Module area 626 m²

Cell area 569 m²

Inverter

Manufacturer

Model

(Original PVsyst database)

Unit Nom. Power

Number of inverters

Total power

Number of inverters

Total power

Operating voltage

Pnom ratio (DC:AC)

Number of inverters

Total power

Operating voltage

Pnom ratio (DC:AC)

Total inverter power

Total power

Number of inverters

Pnom ratio

Fronius International

Tauro 50-3-P (3 MPPT)

50.0 kWac

2 units

100 kWac

4 * MPPT 25% 1 unit

50.0 kWac

200-870 V

1.30

4 * MPPT 25% 1 unit

50.0 kWac

200-870 V

1.30

100 kWac

2 units

1.30



Project: Tunel de Vigo

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.2.21

VC0, Simulation date:
04/08/23 13:22
with v7.2.21

Array losses

Array Soiling Losses

Loss Fraction 1.0 %

Thermal Loss factor

Module temperature according to irradiance
Uc (const) 20.0 W/m²K
Uv (wind) 0.0 W/m²K/m/s

DC wiring losses

Global array res. 128 mΩ
Global wiring resistance 64 mΩ
Loss Fraction 1.5 % at STC

Module Quality Loss

Loss Fraction -0.8 %

Module mismatch losses

Loss Fraction 2.0 % at MPP

Strings Mismatch loss

Loss Fraction 0.1 %

IAM loss factor

Incidence effect (IAM): User defined profile

0°	30°	50°	61°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	1.000	0.985	0.892	0.816	0.681	0.440	0.066



Project: Tunel de Vigo

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.2.21

VC0, Simulation date:

04/08/23 13:22

with v7.2.21

Horizon definition

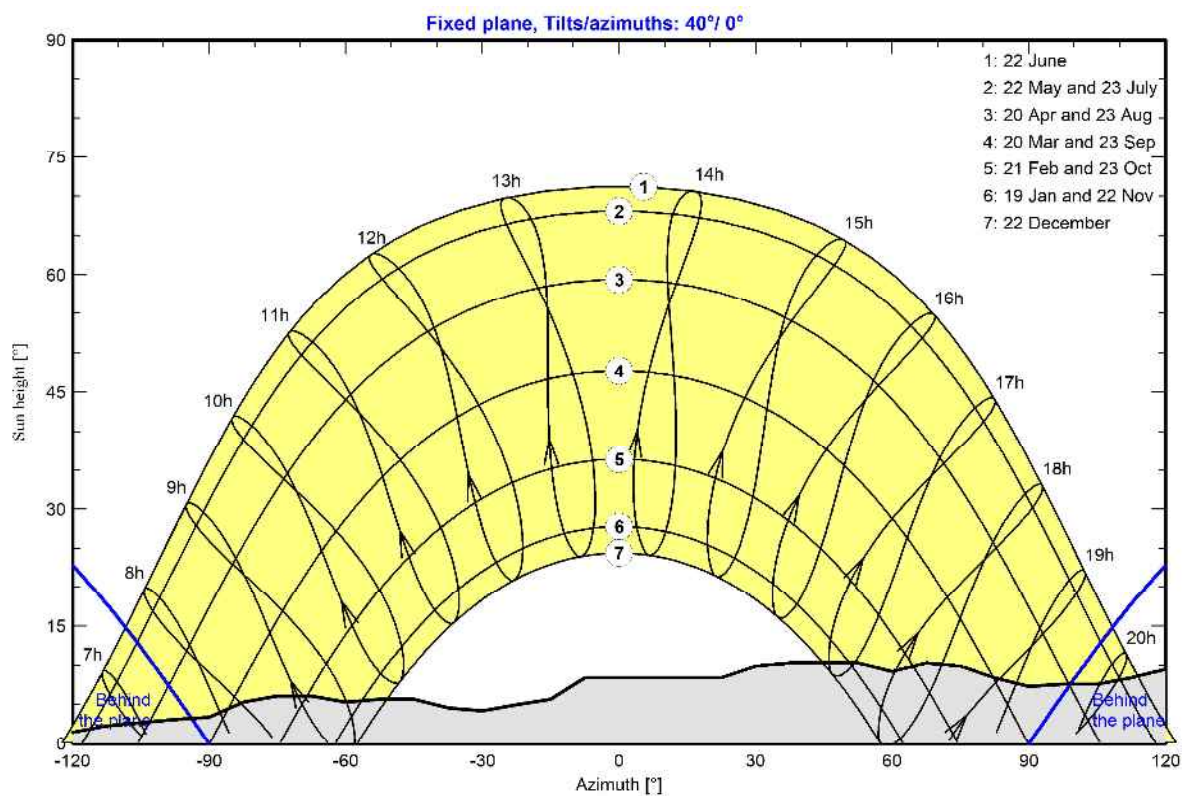
Horizon from PVGIS website API, Lat=42°11'4", Long=-8°43'18", Alt=150m

Average Height	6.2 °	Albedo Factor	0.62
Diffuse Factor	0.93	Albedo Fraction	100 %

Horizon profile

Azimuth [°]	-180	-173	-165	-150	-143	-135	-128	-120	-113	-105	-98	-90	-83	-75
Height [°]	3.4	3.4	1.9	1.9	1.5	1.5	1.1	1.5	2.3	2.7	3.1	3.4	5.3	6.1
Azimuth [°]	-68	-60	-53	-45	-38	-30	-23	-15	-8	23	30	38	53	60
Height [°]	6.1	5.3	5.7	5.7	4.6	4.2	5.0	5.7	8.4	8.4	9.9	10.3	10.3	9.2
Azimuth [°]	68	75	83	90	98	105	113	120	143	150	158	165	173	180
Height [°]	10.3	9.9	8.4	7.3	7.6	7.6	8.4	9.5	9.5	8.0	5.7	5.7	3.4	3.4

Sun Paths (Height / Azimuth diagram)



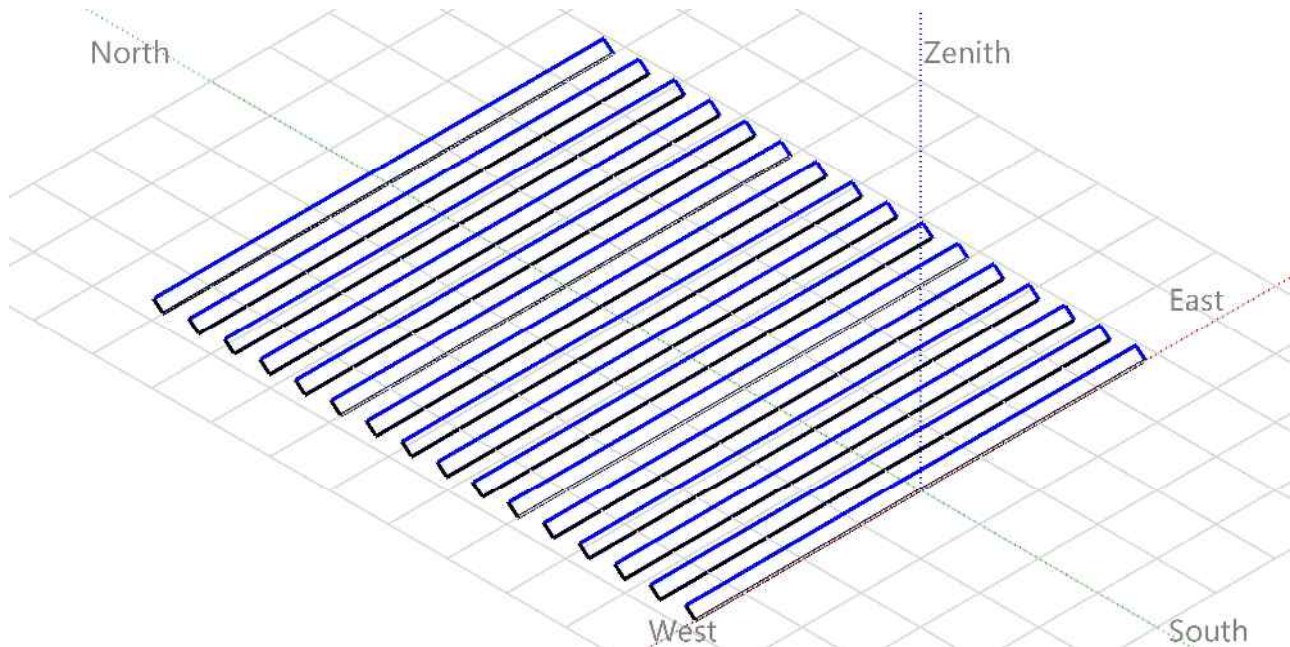


PVsyst V7.2.21

VC0, Simulation date:
04/08/23 13:22
with v7.2.21

Near shadings parameter

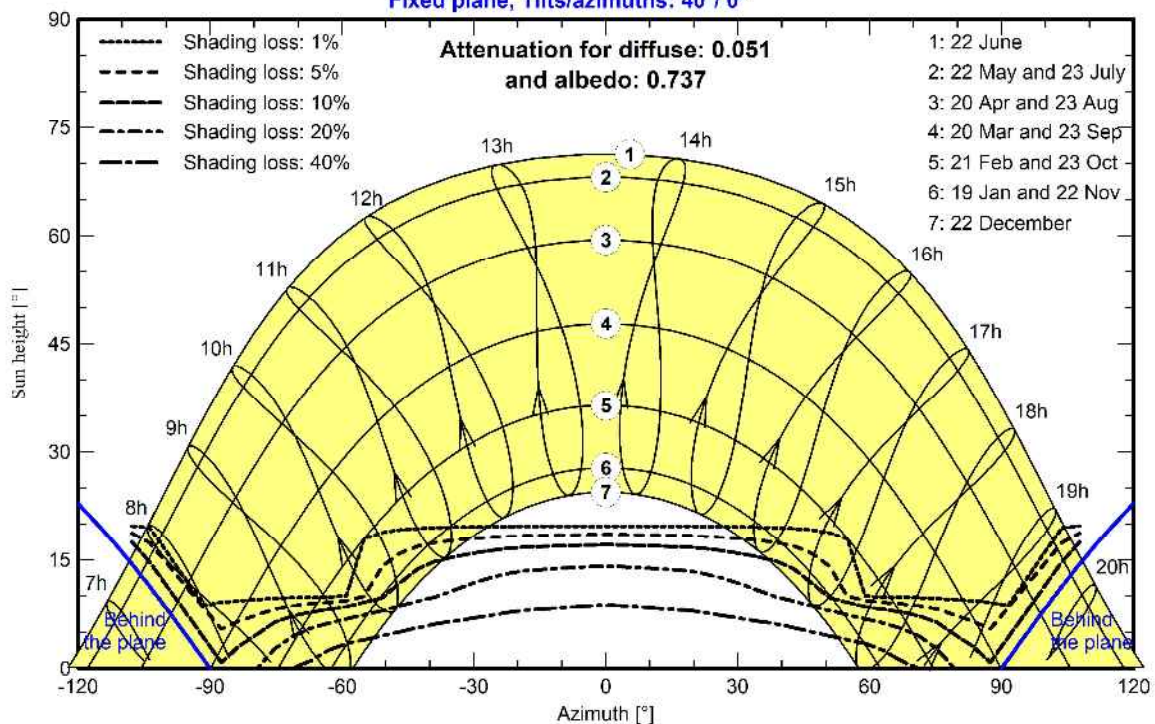
Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



Iso-shadings diagram

Orientation #1

Fixed plane, Tilts/azimuths: 40°/ 0°





Project: Tunel de Vigo

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.2.21

VC0, Simulation date:

04/08/23 13:22

with v7.2.21

Main results

System Production

Produced Energy

173.4 MWh/year

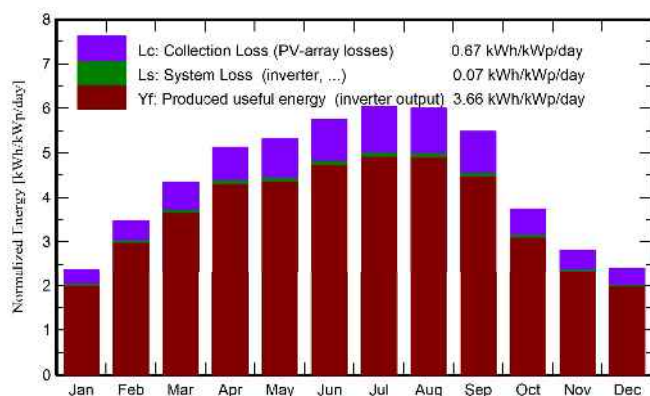
Specific production

1338 kWh/kWp/year

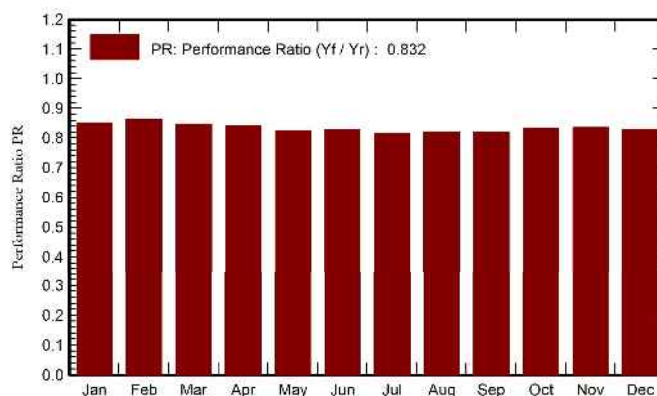
Performance Ratio PR

83.16 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	MWh	MWh	ratio
January	45.2	25.11	8.46	73.4	67.1	8.27	8.10	0.851
February	66.4	35.11	8.97	97.3	90.6	11.10	10.89	0.863
March	108.1	52.65	11.09	134.4	125.7	15.03	14.74	0.846
April	143.7	68.60	12.49	153.9	143.4	17.14	16.81	0.843
May	175.4	70.98	15.27	164.7	153.1	17.95	17.60	0.825
June	191.2	86.34	18.05	172.3	159.5	18.84	18.48	0.828
July	203.4	73.91	19.94	187.2	174.1	20.20	19.81	0.817
August	179.7	71.68	20.37	186.1	174.0	20.16	19.79	0.821
September	134.3	51.45	18.45	164.4	154.8	17.79	17.46	0.819
October	85.1	43.48	15.31	116.0	107.9	12.78	12.53	0.833
November	52.0	28.01	10.64	84.5	76.3	9.33	9.14	0.835
December	41.4	21.83	9.09	74.5	66.4	8.18	8.01	0.830
Year	1425.8	629.16	14.04	1608.6	1492.8	176.76	173.37	0.832

Legends

GlobHor Global horizontal irradiation

DiffHor Horizontal diffuse irradiation

T_Amb Ambient Temperature

GlobInc Global incident in coll. plane

GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings

EArray Effective energy at the output of the array

E_Grid Energy injected into grid

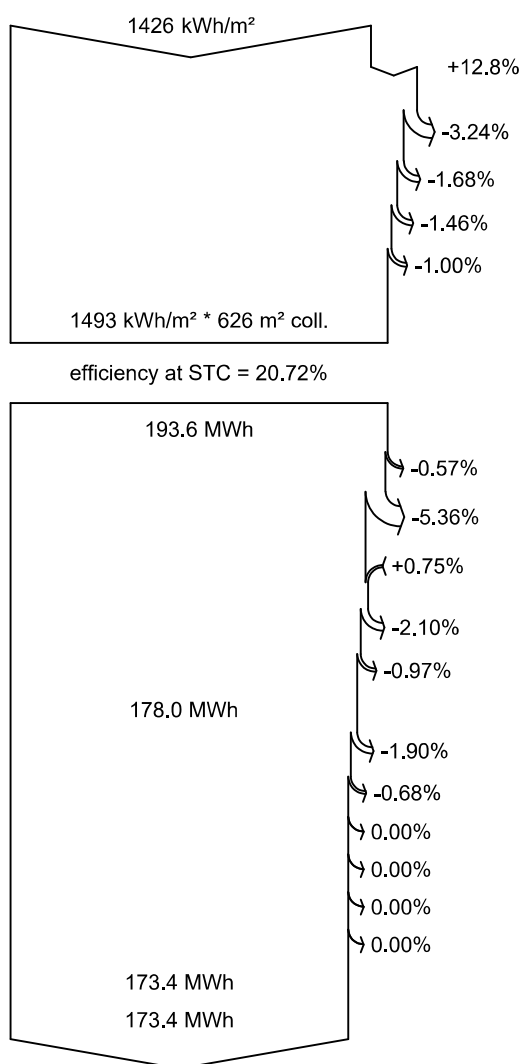
PR Performance Ratio



PVsyst V7.2.21

VC0. Simulation date:
04/08/23 13:22
with v7.2.21

Loss diagram



Global horizontal irradiation

Global incident in coll. plane

Far Shadings / Horizon

Near Shadings: irradiance loss

IAM factor on global

Soiling loss factor

Effective irradiation on collectors

PV conversion

Array nominal energy (at STC effic.)

PV loss due to irradiance level

PV loss due to temperature

Module quality loss

Mismatch loss, modules and strings

Ohmic wiring loss

Array virtual energy at MPP

Inverter Loss during operation (efficiency)

Inverter Loss over nominal inv. power

Inverter Loss due to max. input current

Inverter Loss over nominal inv. voltage

Inverter Loss due to power threshold

Inverter Loss due to voltage threshold

Available Energy at Inverter Output

Energy injected into grid

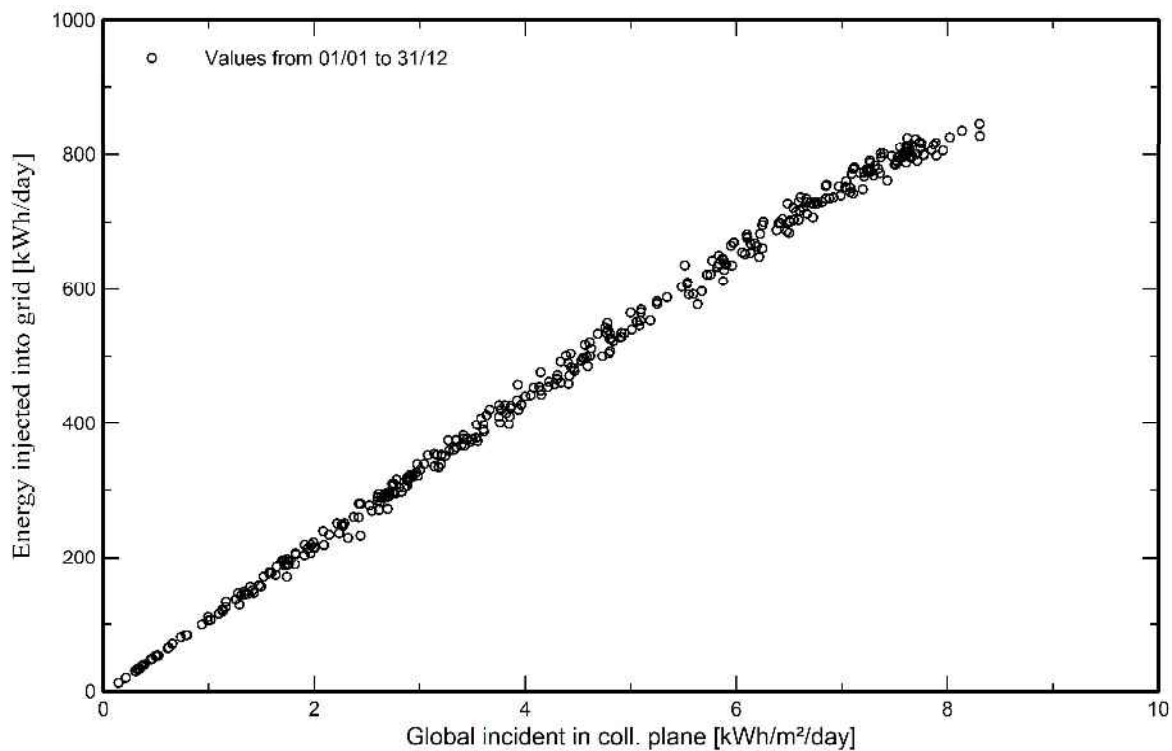


PVsyst V7.2.21

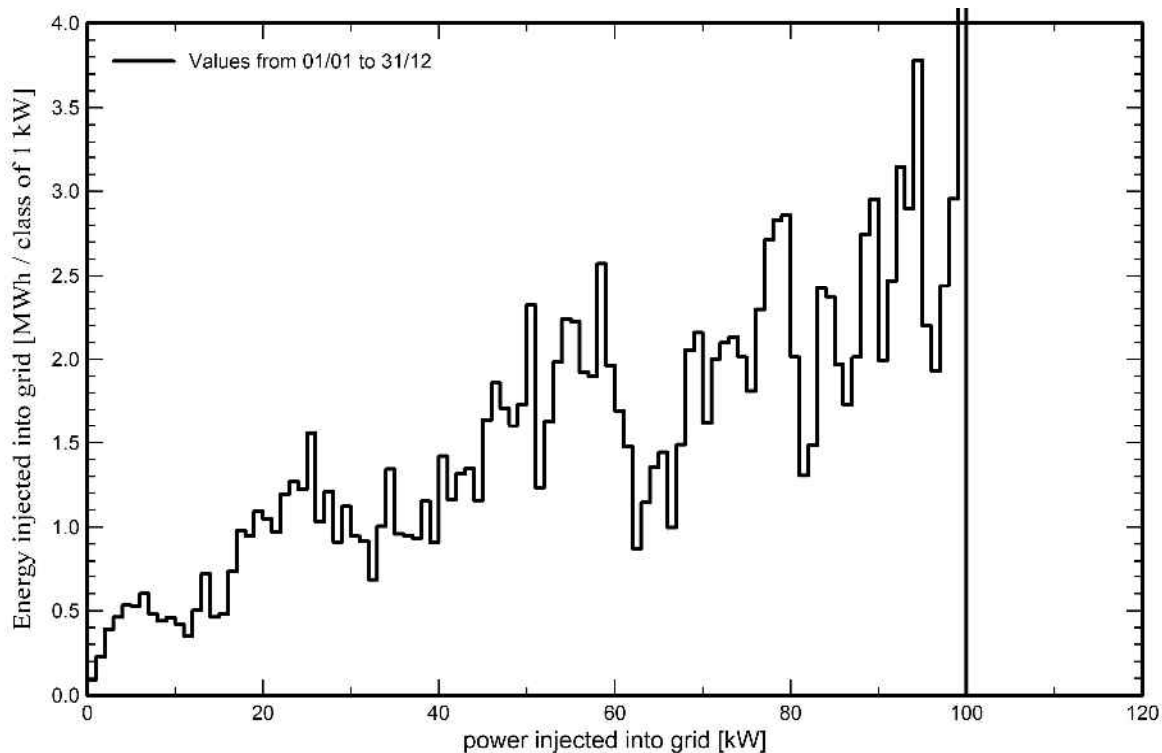
VC0, Simulation date:
04/08/23 13:22
with v7.2.21

Special graphs

Diagrama entrada/salida diaria



Distribución de potencia de salida del sistema



*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

Anexo III. Ficha técnica del módulo solar (SOLYCO C-TG 144p.2/450)

C-TG 144p.2/450

Módulo solar para demandas más altas.

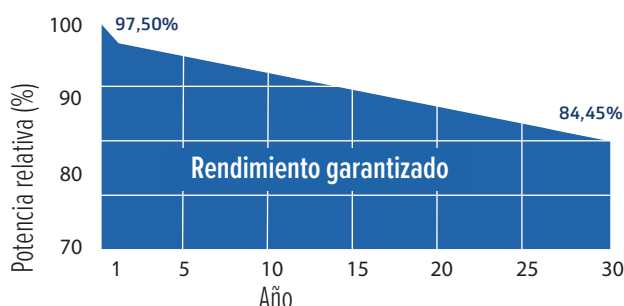


Garantía

- Años de garantía del producto 30*)
 - 30 años de compromiso de rendimiento lineal
 - Tolerancia garantizada plus
- *) con de registro del sistema, si no, 20 años.

Certificaciones

- IEC 61215:2016 (Fiabilidad del módulo)
- IEC 61730:2016 (Seguridad del módulo)
- IEC TS 62804-1:2015 (Resistencia PID)
- IEC 61701:2020 (Resistencia a la niebla salina)



Seguridad

La seguridad eléctrica y la robustez mecánica en todas las condiciones climáticas son aspectos importantes a la hora de elegir el módulo solar adecuado.

Seguridad eléctrica – El C-TG está aprobado para la tensión del sistema de hasta 1500V. Para una máxima seguridad eléctrica, está equipado con cajas de conexiones completamente moldeadas con grado de protección IP68 y conectores originales Stäubli MC4-Evo 2.

Resistente – El cristal especialmente endurecido es resistente a las condiciones meteorológicas más duras. El módulo está certificado para la resistencia al aire que contiene sal (Clase 5) y, por lo tanto, está aprobado para su uso en zonas costeras.

Fiabilidad

Un sistema solar es una inversión duradera. Por lo tanto, la durabilidad de los módulos es un criterio central de calidad.

Plantas de producción certificadas – Todos los módulos solares SOLYCO se producen en fábricas de última generación altamente automatizadas con los más altos estándares de producción para garantizar una calidad constante.

Rendimiento

Además de la larga vida útil, la alta producción de energía en todas las condiciones de funcionamiento constituye la base de la eficiencia económica del sistema solar.

Alto rendimiento específico – alto rendimiento incluso en condiciones climáticas desfavorables – debido a un excelente comportamiento con poca luz y un buen coeficiente de temperatura. Las células solares bifaciales también utilizan luz dispersa en la parte posterior del módulo.

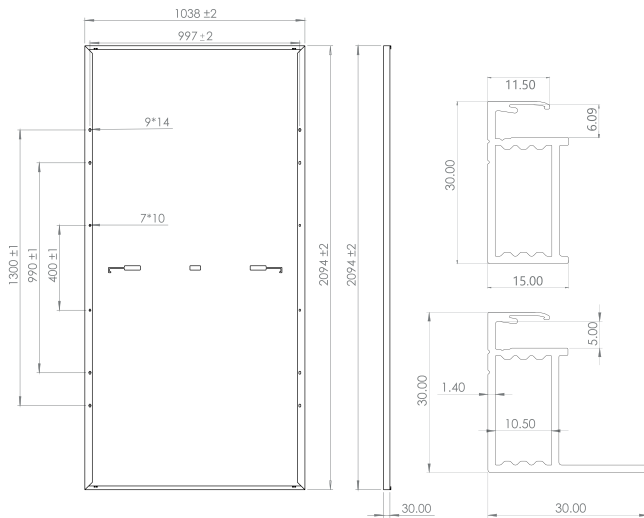
Células solares de alta eficiencia – La moderna tecnología de media celda con interconexión de barras de bus múltiple es la base para el extraordinario rendimiento de nuestros módulos. La interconexión de media celda minimiza las pérdidas de potencia internas y el riesgo de puntos calientes durante el sombreado parcial.

3x PID estable – El módulo está certificado contra la posible degradación inducida (PID). El ciclo de prueba según IEC TS 62804-1:2015 se completó 3 veces (288h a T = 85°C y HR del 85%) y muestra el rendimiento máximo del C-TG durante un largo período de tiempo.

C-TG 144p.2/450

Módulo bifacial de doble vidrio con cristal posterior transparente

Datos técnicos



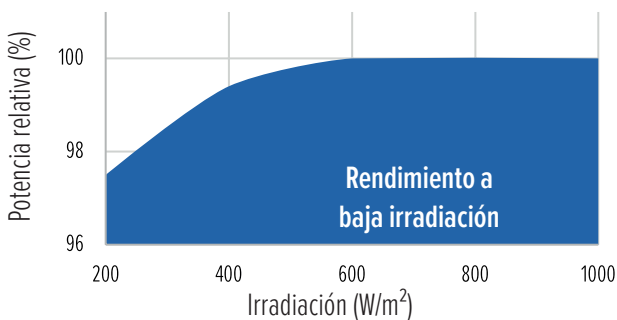
Condiciones de conexión y operación

Tensión máxima del sistema	1500V
Rango de temperatura	-40°C ... +85°C
Carga máxima ¹	Presión de carga testada a 5400Pa Presión de succión testada a 2400Pa
Protección	II
Máxima corriente inversa	20A
Clasificación contra incendios	C (UL 790)
Resistencia al granizo	Tamaño de bola de granizo hasta 25mm y velocidad de 23m/s

¹Resistencia especificada para la presión de carga: 3600Pa y resistencia especificada para la presión de succión: 1600Pa

Comportamiento térmico

CT de la potencia máxima (P _{max})	-0,35% /°C
CT de tensión en circuito abierto (V _{oc})	-0,28% /°C
CT de corriente en cortocircuito (I _{sc})	+0,048% /°C



Esta ficha técnica cumple con los requisitos según DIN EN 50380 desarrollado y diseñado Desarrollado y diseñado en Alemania.



Características constructivas

Tecnología de célula	PERC; monocristalina
Tamaño y número de células	166mm x 83mm; 144 uds.
Dimensiones del módulo	2094mm x 1048mm x 30mm
Peso del módulo	27,5kg
Marco	Aluminio anodizado (plata)
Cristal delantero	Vidrio solar endurecido de 2x2,0 mm con revestimiento antireflectante
Toma de conexión	3 uds. con un diodo de derivación cada uno, encapsulado IP68 Completamente en maceta
Conectores	Cable solar de 4mm ² Stäubli con 140cm mm de longitud; enchufe original DE MC4 MM, IP68 m.
Unidad de embalaje	36 módulos verticales sobre paleta, 792 /40ft.

Datos eléctricos (STC)

Valores nominales en condiciones estándar de prueba (STC): Irradiación 1.000W/m²; Espectro AM 1.5; temperatura del módulo 25°C; clasificación según Pmax 0 a +5W

Tipo de módulo	C-TG 144p.2/450
Potencia nominal STC P _{max} (Wp)	450
Tensión a máxima potencia V _{mp} (V)	41,03
Corriente a máxima potencia I _{mp} (A)	10,97
Tensión en circuito abierto V _{oc} (V)	49,33
Corriente en cortocircuito I _{sc} (A)	11,41
Eficiencia del módulo	±20,7%
Coefficiente de bifazial	±70%

Tolerancia P_{max}: ±3,0%; tolerancia V_{oc}, V_{mp}, I_{sc}, I_{mp}: ±5,0%

Datos eléctricos (NMOT)

Datos nominales en condiciones nominales de funcionamiento (NMOT): Irradiación 800W/m²; Spectrum AM 1.5; Temperatura ambiente 20°C; Velocidad del viento 1m/s

Temperatura de célula (°C)	45+/- 2
Potencia P _{max} (Wp)	331
Tensión a máxima potencia V _{mp} (V)	37,70
Corriente a máxima potencia I _{mp} (A)	8,78
Tensión en circuito abierto V _{oc} (V)	45,63
Corriente en cortocircuito I _{sc} (A)	9,20

Tolerancia P_{max}: ±3,0%; tolerancia V_{oc}, V_{mp}, I_{sc}, I_{mp}: ±5,0%

Datos eléctricos cuando se aumenta la potencia por bifacialidad (por ejemplo, 450Wp)

Ganancia de poder	10%	20%	30%
Potencia P _{max} (Wp)	495	540	585
Tensión a máxima potencia V _{mp} (V)	41,0	41,0	41,0
Corriente a máxima potencia I _{mp} (A)	12,07	13,16	14,26
Tensión en circuito abierto V _{oc} (V)	49,3	49,3	49,3
Corriente en cortocircuito I _{sc} (A)	12,55	13,69	14,83

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

Anexo IV. Instrucciones de instalación y montaje del módulo solar

Instrucciones de instalación y montaje



R-TG 108p.3, R-TG 108n.3, R-TG 120n, C-TG 144p.2, R-BF 108p.3, R-BF 120p.2, R-WF 108p.3, R-WF 120p.2, R-WF 120p.2-CH, C-WF 144p.2, L-TG 120p.2, R-WF 48p, R-WF 60p



Índice

1. Introducción	3
2. Información general	3
2.1 Reglamentos y normas	3
2.2 Cláusula de conclusión	4
2.3 Limitación de responsabilidad	4
2.4 Allgemeine Gefahrenhinweise	4
2.5 Advertencias generales	5
2.6 Instrucciones generales de seguridad	5
3. Transporte	6
4. Montaje mecánico	7
4.1 Montaje con terminales de módulo adecuados	7
4.2 Montaje con tornillos	7
4.3 Montaje con abrazaderas de laminado adecuadas	8
4.4 Rangos de sujeción y capacidades de carga permitidas	8
5. Instalación eléctrica	17
5.1 Interconexión	17
5.2 Conexión a tierra	18
5.3 Compruebe antes de la puesta en marcha	18
6. Puesta a punto y mantenimiento	19
7. Fallo y queja	19
8. Eliminación y reciclaje	19



1. Introducción

Enhorabuena por la compra de su módulo fotovoltaico SOLYCO Solar AG de alta calidad para generar su propia electricidad verde.

Los módulos fotovoltaicos SOLYCO son muy fiables debido a la selección de materiales de alta calidad. La calidad de los módulos solares está garantizada por múltiples pruebas sobre los productos durante todo el proceso de producción.

A través de pruebas adicionales, los productos se someten a varios ensayos de estrés a largo plazo y se optimizan continuamente con la información obtenida. Cuando los módulos fotovoltaicos SOLYCO se instalan y tratan correctamente, funcionan de forma fiable durante décadas. Esto significa que los módulos fotovoltaicos SOLYCO generan un rendimiento seguro. Le deseamos una buena cosecha.

Lea atentamente estas instrucciones de montaje e instalación antes de iniciar la instalación, la puesta en marcha y el mantenimiento. Si no se observan las instrucciones de montaje e instalación, se pueden producir lesiones personales y daños materiales. Guarde este manual de forma segura.

Las instrucciones están dirigidas a instaladores y personal especializado capacitado con experiencia en el montaje, operación, mantenimiento y desmontaje de sistemas fotovoltaicos.

Símbolos utilizados

Riesgo de muerte o muerte por descuido
carga eléctrica.

Notas



2. Información general



La instalación e interconexión eléctrica de sistemas fotovoltaicos solo debe ser realizada por personal cualificado que esté familiarizado con estas actividades gracias a su formación profesional. Para el montaje del resto de componentes, se deben observar las instrucciones de montaje correspondientes del fabricante respectivo. El fabricante no puede controlar estas condiciones ni el cumplimiento de estas instrucciones.

Las instrucciones de instalación deben ponerse a disposición del operador como parte de la documentación de la planta solar y guardarse por el operador. Al planificar, construir y operar sistemas fotovoltaicos conectados a la red, respete las directrices, leyes y regulaciones del país respectivo. Para obtener más información, póngase en contacto con las autoridades locales y el operador de red.

2.1 Reglamentos y normas

Las normas y regulaciones enumeradas son solo una selección y, por lo tanto, la lista por tanto no pretende ser completa. Antes y durante la instalación, tenga en cuenta que se cumplan las normas locales, las normas de construcción y las normas de prevención de accidentes.

Además de las posibles normativas locales, deben observarse las siguientes normas en particular:

- T712 VDE 0105 T100 Funcionamiento de equipos eléctricos
- DIN 18382 Sistemas eléctricos de cables y líneas en edificios
- DIN 18334 Sala y trabajos de construcción de madera
- DIN 18338 trabajos de techado y sellado



- Trabajos de fontanería DIN 18339
- DIN 18351 Obra de fachada
- DIN 18451 Eurocódigo 1 de andamios (DIN EN 1991-1) Supuestos de carga para estructuras portantes
- DIN V VDE V 0126-1-1 Punto de activación automático para instalaciones fotovoltaicas
- Cables aislados de caucho VDE 0298 T4
- VDE 0185 Protección contra rayos DIN EN 61724 Monitoreo del comportamiento de funcionamiento de sistemas fotovoltaicos
- VDI 6012 Bl. 2 sistemas de energía descentralizados en edificio
- UVV de las asociaciones de gremios

2.2 Cláusula de conclusión

La información contenida en este manual de instalación y montaje puede ser modificada por SOLYCO Solar AG sin previo aviso.

SOLYCO SOLAR AG no garantiza, ni de forma expresa ni implícita, la información contenida en este manual de instalación y montaje.

2.3 Limitación de responsabilidad

Una instalación incorrecta puede causar daños a la propiedad y, como resultado, poner a las personas en riesgo.

SOLYCO SOLAR AG no asume ninguna responsabilidad por cualquier pérdida, daño o costo resultante de o de cualquier manera relacionado con la incorrecta instalación, el funcionamiento incorrecto, el uso inadecuado o el mantenimiento.

Se aplican los términos y condiciones generales de negocio y garantía de SOLYCO SOLAR AG. Para conocer las condiciones de la garantía, consulte www.solyco.com.

2.4 Allgemeine Gefahrenhinweise



Riesgo de muerte por descarga eléctrica y arco eléctrico

- Los módulos siempre están energizados cuando hay incidencia de luz.
- Los módulos sólo pueden estar protegidos por fusibles en el interruptor de CC; en caso de fallo (cortocircuito, fallo de conexión a tierra), el sistema sigue energizado en el lado de CC.
- Pueden producirse arcos que no se extingan al desconectar los contactos bajo carga. No inserte piezas (eléctricamente conductoras) en enchufes o tomas de corriente de los módulos.
- No monte módulos solares ni cables con conectores húmedos. Las herramientas y las condiciones de trabajo deben ser secas.
- Siga las instrucciones de montaje del fabricante del inversor.
- No utilice módulos dañados.
- Mantenga a los niños alejados de los módulos, inversores y otros componentes activos del sistema.
- Realice todos los trabajos en los tubos con extrema precaución. Se deben seguir las instrucciones de seguridad de los fabricantes de los otros componentes del sistema.



2.5 Advertencias generales



Riesgo de daños al producto o al medio ambiente

- No retire ninguna pieza o placa de características que haya sido fijada por el fabricante.
- Los módulos no deben desmontarse.
- No exponga los módulos a la luz solar concentrada artificialmente.
- No toque los módulos con pintura, adhesivos u objetos afilados.
- No limpie los módulos con limpiadores a base de disolventes, ya que podrían dañar la superficie antirreflectante del vidrio.
- No coloque los módulos en lugares donde puedan generarse o acumularse gases inflamables.
- Antes de instalar el sistema, compruebe la estabilidad estática del edificio y el sistema que se va a montar.
- Los módulos solo están diseñados para su uso en condiciones climáticas templadas (consulte la hoja de datos).
- Mantenga a los niños alejados de los módulos durante el transporte y la instalación.

2.6 Instrucciones generales de seguridad



Almacenamiento en proceso, retirada del embalaje y transporte

- Los módulos están aprobados para una temperatura de funcionamiento de -40°C a $+85^{\circ}\text{C}$.
- La altura máxima de instalación recomendada para los módulos fotovoltaicos SOLYCO es de 2000m.
- Debido al aire salado del mar, los módulos deben instalarse al menos a 3km metros de distancia del mar.



3. Transporte

- Tenga siempre el máximo cuidado al manipular los módulos.
- Transporte siempre los módulos en el embalaje previsto.
- Transporte siempre los módulos con ambas manos y por medio de dos personas.
- Se deben usar guantes protectores y zapatos de seguridad.
- No utilice la caja de conexiones ni los cables de conexión como asa.
- Evite la flexión de los módulos.
- No cargue, pise ni deje caer módulos.
- No manipule módulos con objetos puntiagudos.
- Mantenga todos los contactos eléctricos limpios y secos.
- Almacenamiento provisional solo en habitáculos secos.

Debe comprobar inmediatamente los bienes entregados y su embalaje para identificar si hay daños en tránsito. Si observa algún daño, es esencial anotar el daño en el albarán de entrega.

El daño debe describirse en detalle para cada palé y documentarse mediante fotografías. Haga que el transportista de mercancías firme las notas.



4. Montaje mecánico



Notas generales sobre el montaje del módulo

Los módulos deben instalarse sin tensión. Los módulos no se utilizan como conexión rígida o elemento de fijación.

Los módulos fotovoltaicos SOLYCO son adecuados para sistemas montados en tejado y al aire libre. Para el montaje en techos, utilice materiales adecuados para su uso.

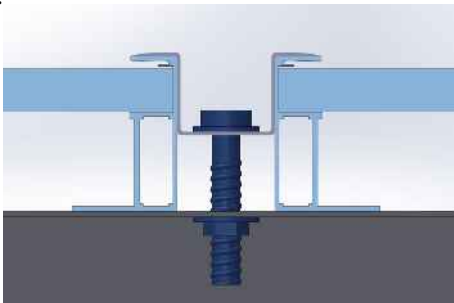
Todos los módulos deben fijarse en los puntos designados con al menos cuatro grapas o cuatro tornillos. Los módulos se pueden montar vertical u horizontalmente. Tenga en cuenta las cargas permitidas según las respectivas opciones de montaje en el capítulo 4.4.

Debido a la expansión térmica, se debe mantener una distancia mínima de 10 mm entre los módulos.

Con el fin de evitar mayores cargas en los módulos en las esquinas y bordes del tejado, puede ser necesario mantener distancias mínimas de los bordes de construcción o proporcionar pruebas de carga específicas. La carga de viento a aplicar para la ubicación del proyecto debe determinarse a partir del mapa de la zona de viento, que tiene en cuenta la situación de ubicación además de las zonas de viento.

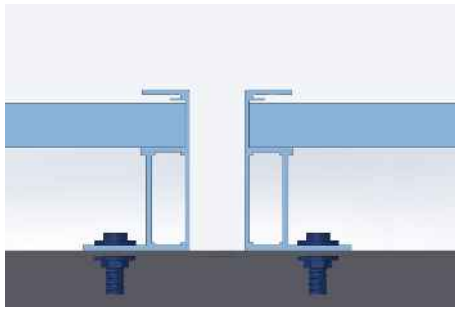
4.1 Montaje con terminales de módulo adecuados

Para conocer las posiciones de fijación de los terminales del módulo, consulte el capítulo 4.4.



- Utilice tornillos M8 de fijación.
- Los terminales deben ser de al menos 7 mm en el bastidor del módulo.
- Los terminales deben tener una longitud de inserción de mín 40mm.
- Los terminales del módulo no deben entrar en contacto con el cristal delantero y no deben deformar el bastidor.
- Asegúrese de que los terminales del módulo no producen ningún efecto de sombreado.
- No modifique el marco del módulo bajo ninguna circunstancia.
- Utilice al menos cuatro abrazaderas para fijar los módulos a los rieles de montaje de la estructura de soporte.
- El par de apriete aplicado debe basarse en el estándar de diseño mecánico, de acuerdo con los tornillos utilizados por el cliente (M8 = 16 - 20Nm).
-
-
-

4.2 Montaje con tornillos



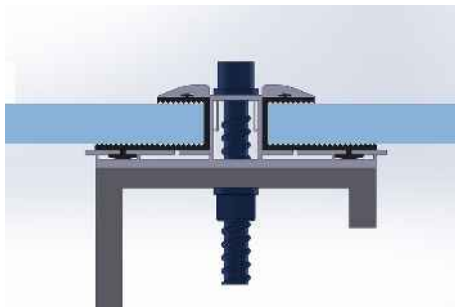
y 20Nm.

En el marco de cada módulo se proporcionan de cuatro a ocho orificios alargados de montaje. Estos están dispuestos de tal manera que se garantice la capacidad de carga óptima y la fijación de los módulos a la estructura de soporte.

Para la fijación más larga posible, recomendamos encarecidamente el uso de componentes resistentes a la corrosión.

Fije los módulos a los cuatro puntos de montaje con un perno M8, una arandela de bloqueo y una tuerca como se muestra en la imagen. El par de apriete aplicado debe estar entre 16

4,3 Montaje con abrazaderas de laminado adecuadas



Los módulos sin marco no deben montarse con ningún terminal. Las abrazaderas laminadas deben ser aprobadas por SOLYCO Solar AG antes de la instalación. Si se utilizan abrazaderas de laminado no aprobadas, se pierden los derechos de reclamación de garantía de producto y rendimiento.

Para conocer las posiciones de fijación de los terminales del módulo, consulte el capítulo 4.4.

■ Se deben utilizar pernos M8 de montaje.

- El par de apriete de estos tornillos es de 16 – 20 Nm.
- Los terminales deben ser de al menos 10 mm en los módulos.
- Los terminales deben tener una longitud de inserción de mín 150mm.
- Asegúrese de que los terminales del módulo no producen ningún efecto de sombreado. Observe la distancia especificada de las celdas al borde en la hoja de datos.
- Utilice al menos cuatro abrazaderas para fijar los módulos a los rieles de montaje de la estructura de soporte.

4.4 Rangos de sujeción y capacidades de carga permitidas

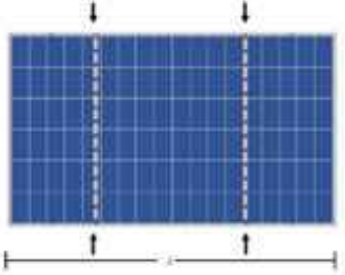
El tipo de montaje con terminales y rieles de montaje corresponde a los parámetros de prueba cuando se certifica según la IEC 61215:2016 e IEC 61730:2016.

El punto central del terminal y los bordes del terminal deben estar completamente instalados en el área de montaje permitida.

Se aplica un factor de seguridad de 1,5 a la carga de diseño. Esto da como resultado la presión y la carga de tracción que se aplicarán durante la prueba de carga mecánica (estática).



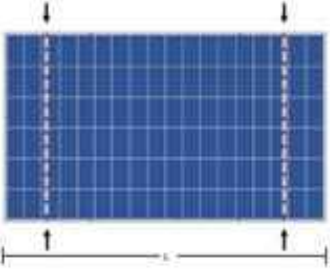
4.4.1 Conexión a los orificios de montaje interiores

<i>Descripción general</i>	<i>Descripción</i>
	Los módulos están fijados a los orificios de montaje interiores del soporte del módulo. El riel del panel corre paralelo a los lados cortos.

<i>Tipo de módulo</i>	<i>Máx. presión de carga</i>	<i>Máx. presión de succión</i>	<i>Posición de montaje</i>
R-TG 108n.3	5400Pa	2400Pa	Orificios de montaje interiores
R-TG 108p.3	5400Pa	2400Pa	„
R-BF 108p.3	5400Pa	2400Pa	„
R-BF 120p.2	5400Pa	2400Pa	„
R-WF 108p.3	5400Pa	2400Pa	„
R-WF 120p.2	5400Pa	2400Pa	„
R-WF 60p	5400Pa	2400Pa	„
R-WF 48p	5400Pa	2400Pa	„
R-WF 120p.2 CH	5400Pa	2400Pa	„
C-TG 144p.2	2400Pa	2400Pa	„
C-WF 144p.2	2400Pa	2400Pa	„



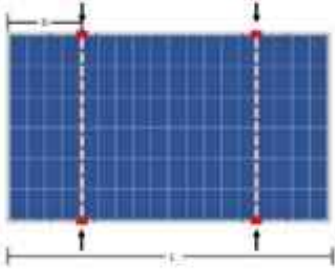
4.4.2 Montaje en orificios de montaje externos

<i>Descripción general</i>	<i>Descripción</i>
	Los módulos se fijan al carril del módulo en las posiciones de montaje especificadas en el lado largo mediante abrazaderas de módulo. El riel del panel corre paralelo a los lados cortos.

<i>Tipo de módulo</i>	<i>Máx. presión de carga</i>	<i>Máx. presión de succión</i>	<i>Posición de montaje</i>
R-TG 108n.3	2400Pa	2400Pa	Orificios de montaje exteriores
R-TG 108p.3	2400Pa	2400Pa	„
R-BF 108p.3	2400Pa	2400Pa	„
R-BF 120p.2	2400Pa	2400Pa	„
R-WF 108p.3	2400Pa	2400Pa	„
R-WF 120p.2	2400Pa	2400Pa	„
R-WF 60p	2400Pa	2400Pa	„
R-WF 48p	2400Pa	2400Pa	„
R-WF 120p.2 CH	2400Pa	2400Pa	„
C-TG 144p.2	2400Pa	2400Pa	„
C-WF 144p.2	3600Pa	3600Pa	„



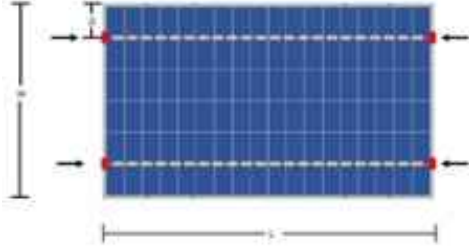
4.4.3 Fijación en cuatro puntos en el lado largo del módulo

<i>Descripción general</i>	<i>Descripción</i>
	Los módulos se fijan al carril del módulo en las posiciones de montaje especificadas en el lado largo mediante abrazaderas de módulo. El riel del panel corre paralelo a los lados cortos.

<i>Tipo de módulo</i>	<i>Máx. presión de carga</i>	<i>Máx. presión de succión</i>	<i>Posición de montaje</i>
R-TG 108n.3	2400Pa	2400Pa	$D = \frac{1}{4} L \pm 50\text{mm}$
R-TG 108p.3	2400Pa	2400Pa	„
R-BF 108p.3	3600Pa	1600Pa	„
R-BF 120p.2	3600Pa	1600Pa	„
R-WF 108p.3	3600Pa	1600Pa	„
R-WF 120p.2	3600Pa	1600Pa	„
R-WF 60p	5400Pa	2400Pa	„
R-WF 48p	5400Pa	2400Pa	„
R-WF 120p.2 CH	3600Pa	1600Pa	„
C-TG 144p.2	2400Pa	2400Pa	„
C-WF 144p.2	5400Pa	3600Pa	„



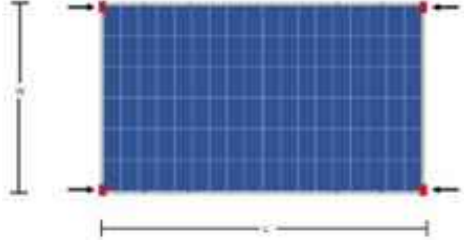
4.4.4 Fijación en cuatro puntos en el lado corto del módulo

<i>Descripción general</i>	<i>Descripción</i>
	Los módulos se fijan al carril del módulo en las posiciones de montaje especificadas en el lado corto mediante abrazaderas de módulo. El riel del panel corre paralelo a los lados largos.

<i>Tipo de módulo</i>	<i>Máx. presión de carga</i>	<i>Máx. presión de succión</i>	<i>Posición de montaje</i>
R-TG 108n.3	2400Pa	2400Pa	$D = 1/5 L \pm 50\text{mm}$
R-TG 108p.3	2400Pa	2400Pa	„
R-BF 108p.3	3600Pa	1600Pa	„
R-BF 120p.2	3600Pa	1600Pa	„
R-WF 108p.3	3600Pa	1600Pa	„
R-WF 120p.2	3600Pa	1600Pa	„
R-WF 60p	5400Pa	2400Pa	„
R-WF 48p	5400Pa	2400Pa	„
R-WF 120p.2 CH	3600Pa	1600Pa	„
C-WF 144p.2	5400Pa	3600Pa	„
C-TG 144p.2	2400Pa	2400Pa	$D = 50\text{mm} - 250\text{mm}$



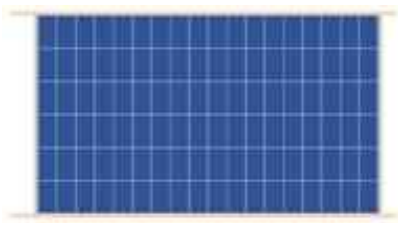
4.4.5 Fijación en las esquinas del lado del módulo corto

<i>Descripción general</i>	<i>Descripción</i>
	Los módulos están unidos al carril del módulo en las esquinas del lado corto por medio de terminales del módulo. No hay rieles de panel debajo de los módulos o debajo del marco del panel.

<i>Tipo de módulo</i>	<i>Máx. presión de carga</i>	<i>Máx. presión de succión</i>	<i>Posición de montaje</i>
R-TG 108n.3	2400Pa	2400Pa	Puntos de esquina lado corto
R-TG 108p.3	2400Pa	2400Pa	„
R-BF 108p.3	1600Pa	1600Pa	„
R-WF 108p.3	1600Pa	1600Pa	„
R-BF 120p.2	1600Pa	1600Pa	„
R-WF 120p.2	1600Pa	1600Pa	„



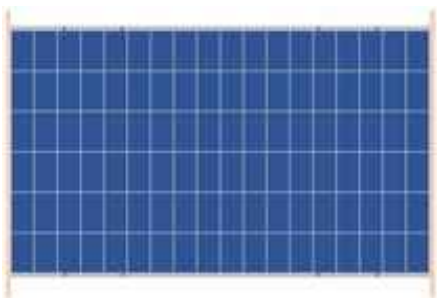
4.4.6 Montaje lateral largo: Sistema de inserción

<i>Descripción general</i>	<i>Descripción</i>
	Los módulos están unidos al lado largo con el sistema de inserción. El riel del panel corre paralelo por debajo de los lados largos.

<i>Tipo de módulo</i>	<i>Máx. presión de carga</i>	<i>Máx. presión de succión</i>	<i>Posición de montaje</i>
R-TG 108n.3	5400Pa	2400Pa	Sistema de inserción - lado largo
R-TG 108p.3	5400Pa	2400Pa	„
R-BF 108p.3	5400Pa	2400Pa	„
R-BF 120p.2	5400Pa	2400Pa	„
R-WF 108p.3	5400Pa	2400Pa	„
R-WF 120p.2	5400Pa	2400Pa	„
R-WF 60p	5400Pa	2400Pa	„
R-WF 48p	5400Pa	2400Pa	„
R-WF 120p.2 CH	5400Pa	2400Pa	„
C-WF 144p.2	2400Pa	2400Pa	„
C-TG 144p.2	2400Pa	2400Pa	„



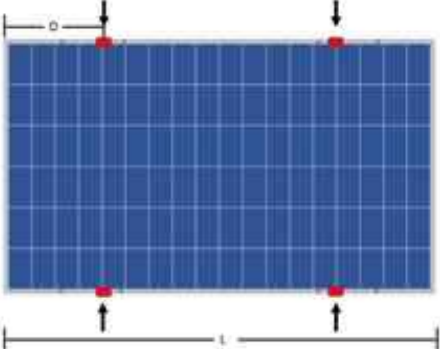
4.4.6 Montaje lateral corto – sistema de inserción

<i>Descripción general</i>	<i>Descripción</i>
	Los módulos están unidos al lado corto con el sistema de inserción. El riel del panel corre paralelo por debajo de los lados cortos.

<i>Tipo de módulo</i>	<i>Máx. presión de carga</i>	<i>Máx. presión de succión</i>	<i>Posición de montaje</i>
R-TG 108n.3	2400Pa	2400Pa	Puntos de esquina lado corto
R-TG 108p.3	2400Pa	2400Pa	„
R-BF 108p.3	1600Pa	1600Pa	„
R-BF 120p.2	1600Pa	1600Pa	„
R-WF 108p.3	1600Pa	1600Pa	„
R-WF 120p.2	1600Pa	1600Pa	„



4.4.6 Fijación con cuatro abrazaderas laminadas en el lado largo

<i>Descripción general</i>		<i>Descripción</i>	
		Los módulos se fijan al soporte del módulo mediante cuatro abrazaderas de laminado en las posiciones de montaje especificadas en el lado largo. No hay rieles de panel debajo de los módulos o debajo del marco del panel.	
<i>Tipo de módulo</i>	<i>Máx. presión de carga</i>	<i>Máx. presión de succión</i>	<i>Posición de montaje</i>
L-TG 120p.2	1600Pa	1600Pa	D = 300-400mm

5. Instalación eléctrica



Riesgo de muerte por descarga eléctrica y arco eléctrico



Respete las normas y normativas locales.

Los módulos fotovoltaicos **SOLYCO** se clasifican según **clase de aplicación A** (certificado según IEC 61730) y cumplen con la clase de protección II, siempre que se haya llevado a cabo una instalación eléctrica según normativa.

Al colocar los cables, generalmente se debe tener cuidado para asegurarse de que los cables de conexión de los módulos no están sujetos a tensiones mecánicas. Los módulos deben instalarse sin tensión.

Se deben respetar los radios de curvatura máximos permitidos de los cables de conexión. Los bucles de conductor deben evitarse o mantenerse lo más reducidos posible para minimizar el riesgo de impacto indirecto por rayo.

Los conectores abiertos deben protegerse contra la contaminación de todo tipo. Esto incluye el intervalo de tiempo de instalación, almacenamiento y transporte.

La corrosión en conectores causada por fugas causan una alta resistencia de contacto. Esto puede provocar un deterioro del rendimiento o incluso daños en el sistema.

Los cables y conectores no deben colocarse en el suelo ni exponerse a humedad elevada.

La apertura y modificación de la caja de conexiones, la extracción de los cables de conexión o el desmontaje del bastidor o de las piezas del bastidor no están **aprobados**. Utilice solo cables fotovoltaicos estandarizados con una sección transversal de al menos 4mm².

Es posible que se generen corrientes y tensiones más altas que en condiciones de prueba STC de acuerdo a la placa de identificación y la hoja de datos. **Esto debe tenerse en cuenta al diseñar equipos** como cables, fusibles y sistemas de control. Para ello, la información indicada en el módulo FV sobre la corriente de cortocircuito ISC y la tensión de circuito abierto UOC (temperatura más baja esperada en el lugar de uso) debe corregirse con un factor de 1,25 en condiciones de STC.

5.1 Interconexión



Notas: Sólo se deben interconectar módulos del mismo tipo y clase de potencia.

Límites de interconexión para conexión en serie o para módulos en una línea: Para la disposición máxima de hileras de módulos, la tensión del sistema especificada (U_{max. Sistema} = 1500 V consulte la hoja de datos).

Fórmula de cálculo para determinar el número máximo (límite de interconexión) en módulos fotovoltaicos conectados en serie:

$$\text{Max. Modulanzahl in Serie} \leq \frac{\text{max. Systemspannung (1500 V)}}{U_{OC} + Tk(U_{OC}) * \Delta T}$$

Máx. Tensión del sistema: El valor más bajo del sistema es decisivo



- Uoc: Tensión sin carga del módulo FV (consulte la hoja de datos)
- CT (Uoc): Coeficiente de temperatura de la tensión sin carga del módulo fotovoltaico
- ΔT : Diferencia de temperatura entre STC (25 °C) y la temperatura ambiente más baja

En ausencia de una protección de cadena, solo pueden conectarse en paralelo dos cadenas (consulte la fórmula de cálculo a continuación). Tenga en cuenta el valor (15A) indicado en la hoja de datos para la capacidad de carga en corriente inversa.

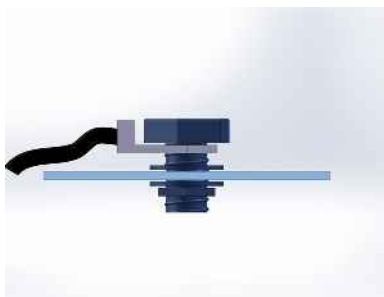
Límites de interconexión para conexión paralela o para cadenas conectadas en paralelo. Fórmula de cálculo para determinar el número máximo (límite de interconexión) de cadenas conectadas en paralelo:

$$\text{Max. Anzahl Paralleler Strings} \leq \frac{I_R}{I_{SC} + T_k (I_{SC}) * \Delta T}$$

- IR: Máx. Capacidad de carga en corriente inversa del módulo fotovoltaico según la hoja de datos
- Isc: Corriente de cortocircuito del módulo FV según la hoja de datos
- CT (Isc): Coeficiente de temperatura de la corriente de cortocircuito del módulo FV según hoja de datos
- ΔT : Diferencia de temperatura entre STC (25 °C) y la temperatura más alta del módulo fotovoltaico

5.2 Conexión a tierra

Incluso si los módulos están certificados de acuerdo a la clase de protección II, las condiciones pueden requerir unión equipotencial.



Los módulos fotovoltaicos SOLYCO tienen 5,1mm (Ø) de diámetro para los orificios de tierra (6x) en los 4 polos y ofrecen la opción de instalar cables de unión equipotenciales para conectar el sistema a tierra.

Durante la instalación, se deben cumplir todas las reglas y normativas locales sobre equipos eléctricos.

Los módulos sin marco no tienen capacidad de conexión a tierra.

5.3 Compruebe antes de la puesta en marcha

Lista de comprobación previa a la puesta en marcha:

- Compruebe si hay fallos de aislamiento y comportamiento de cierre
- Compruebe la tensión de circuito abierto para detectar errores de interconexión
- ¿Se ha observado correctamente la polaridad?
- Compruebe que los conectores estén correctamente cerrados



6. Puesta a punto y mantenimiento



Respete las instrucciones de seguridad y advertencia al realizar tareas de mantenimiento y limpieza. Deben respetarse las normativas generales y locales.

Un sistema fotovoltaico requiere relativamente poco mantenimiento. El efecto de limpieza combinado por la inclinación del módulo y la lluvia suele ser suficiente para la suciedad normal, como el polvo y polen. Suciedad intensa, como el follaje o los excrementos de aves deben eliminarse para evitar el sombreado parcial y, por tanto, la reducción del rendimiento. La superficie del módulo se puede limpiar con abundante agua y una esponja suave. No utilice objetos metálicos ni productos de limpieza agresivos para evitar dañar la superficie.

Además, una empresa especializada debe comprobar los siguientes elementos a intervalos fijos:

- Robustez de anclaje de la subestructura a los listones
- La integridad, el ajuste hermético y el funcionamiento libre de corrosión de las conexiones de cable, de tornillo y de abrazadera
- Funcionalidad de los componentes del fusible
- Medición de tensiones y corrientes de fase durante el funcionamiento

7. Fallo y queja

Si, a pesar de los altos estándares de calidad de nuestros módulos fotovoltaicos, tiene motivos para presentar una queja, póngase en contacto directamente con su distribuidor o póngase en contacto con:

SOLYCO Solar AG

Baseler Straße 60

12205 Berlín

+49 30 403 619 42

M: info@solyco.com

www.solyco.com

8. Eliminación y reciclaje



Notas

Los módulos solares defectuosos o antiguos deben desecharse correctamente y no deben desecharse junto con la basura doméstica.

Ofrecemos a nuestros clientes la devolución de los módulos fotovoltaicos SOLYCO y su reciclaje. Para más información, puede ponerse en contacto con nosotros por correo electrónico, por teléfono o en www.solyco.com.

SOLYCO SOLAR AG está registrado como fabricante del tipo producto Grandes Módulos Fotovoltaicos según el REG. WEEE No EN 63944028.

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

Anexo V. Ficha técnica del inversor (Fronius Tauro 50-3-D)



Designed to perform.

Principales características

- 01 Resistencia y larga vida útil
- 02 Costes más bajos y servicio eficiente
- 03 Control inteligente y sistema abierto
- 04 Flexibilidad de diseño
- 05 Reparación y sostenibilidad

Máxima flexibilidad en el diseño del sistema con mínimos costes operativos: gracias al resistente inversor Fronius Tauro, las grandes instalaciones fotovoltaicas pueden resultar aún más rentables. Ya sea con radiación solar directa o en condiciones de calor extremo, su carcasa de doble capa y la ventilación activa ofrecen el máximo rendimiento incluso en las condiciones ambientales más adversas. Además, la instalación y el mantenimiento de este resistente inversor para proyectos se realizan de forma rápida y sencilla.

Fronius Tauro. Designed to perform.

La solución para grandes instalaciones fotovoltaicas

01



02



03



04



01 Resistencia y larga vida útil

Diseñado para soportar la radiación solar directa y el calor extremo: su carcasa de doble capa y la ventilación activa hacen del Fronius Tauro un inversor duradero y resistente que ofrece el máximo rendimiento.

02 Costes más bajos y servicio eficiente

Mínimos costes operativos: el Fronius Tauro es rápido de instalar y fácil de mantener. En caso de avería, basta con sustituir la etapa de potencia afectada en lugar de todo el inversor. Esto garantiza un funcionamiento seguro y permite realizar los trabajos de mantenimiento de forma rápida y rentable.

03 Control inteligente y sistema abierto

Al igual que el resto de productos Fronius, el Fronius Tauro se puede monitorizar, controlar y mantener cómodamente mediante un smartphone o un ordenador. Con Fronius Solar.web puedes supervisar tu instalación en todo momento. La arquitectura abierta del sistema permite integrar fácilmente componentes de terceros.

04 Flexibilidad de diseño

Centralizado, descentralizado, vertical u horizontal: la serie Fronius Tauro ofrece la máxima flexibilidad en el diseño e instalación de grandes instalaciones fotovoltaicas. La flexibilidad del Tauro y la rentabilidad del Tauro ECO se pueden combinar según las necesidades. La protección contra sobretensiones y la función AC Daisy Chaining integradas reducen la necesidad de componentes y cableado adicionales.

05 Reparación y sostenibilidad

El Fronius Tauro demuestra la importancia de la sostenibilidad en cada fase del ciclo del producto. Este inversor para proyectos está diseñado para tener una larga vida útil y se ha diseñado y producido en Austria con la menor cantidad posible de componentes intercambiables. Esto hace del Tauro un dispositivo particularmente resistente que, en caso de necesitar mantenimiento, basta con cambiar las piezas individuales in situ, consiguiendo un ahorro de tiempo y recursos.



El Fronius Tauro está disponible en dos versiones:

- **Fronius Tauro** | 50 kW | 3 seguidores MPP
- **Fronius Tauro ECO** | 50 y 100 kW | 1 seguidor MPP

Datos

técnicos

			Tauro			Tauro ECO				
			50-3-D			50-3-D		100-3-D		
Datos de entrada	Número de seguidores MPP		3			1		1		
	Máxima corriente de entrada (I _{dc} máx)	A	134			87,5		175		
	Máx. corriente de entrada de la serie fotovoltaica (I _{dc} máx, string)	A	14,5			14,5		14,5		
	Máxima corriente de cortocircuito (I _{sc} máx, inversor)	A	240			178		355		
	Rango de tensión de entrada CC (U _{cc} mín - U _{cc} máx)	V	200 - 1000			580 - 1000		580 - 1000		
	Tensión de puesta en servicio (U _{dc} arranque)	V	200			650		650		
	Rango de tensión MPP (U _{mpp} mín - U _{mpp} máx)	V	400 - 870			580 - 930		580 - 930		
	Máxima potencia del generador FV (P _{cc} máx)	kWp	75			75		150		
			FV1	FV2	FV3	FV1	FV2	FV1	FV2	FV3
	Máxima corriente de entrada por campo de módulo	A	36	36	72	75	75	75	75	75
	Máxima corriente de cortocircuito	A	72	72	125	125	125	125	125	125
	Número de entradas CC		4	3	7	7	7	7	7	8
Datos de salida	Potencia nominal CA (P _{ac,r})	W	50 000			50 000		100 000		
	Máxima corriente de salida	VA	50 000			50 000		100 000		
	Corriente de salida CA (I _{ac} máx)	A	76			76		152		
	Acoplamiento a la red (U _{ac,r})	V	3~ NPE 400/230; 3~ NPE 380/220							
	Frecuencia (rango de frecuencia f _{mín} - f _{máx})	Hz	50 / 60 (45 - 65)							
	Factor de potencia (cos φ _{ac,r})		0 - 1 ind. / cap.							
Datos generales	Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	mm	755 × 1109 × 346 mm (sin montaje en pared)							
	Peso	kg	92			74		103		
	Tipo de protección		IP 65			IP 65		IP 65		
	Clase de protección		1			1		1		
	Consumo nocturno	W	< 16			< 16		< 16		
	Refrigeración		Tecnología de Ventilación Activa y sistema de doble capa							
	Instalación		Interior y exterior ¹							
	Rango de temperatura ambiente	°C	-40 bis +65 °C ²							
	Certificados y cumplimiento de normas ³		AS/NZS 4777.2:2020 IEC62109-1/-2 VDE-AR-N 4105:2018 IEC62116 EN50549-1:2019 & EN50549-2:2019 VDE-AR-N 4110:2018 CEI 0-16:2019 CEI 0-21:2019							
Tecnología de conexión	CA	Diámetro del cable	mm²	35 - 240			35 - 240		70 - 240	
		Material conductor		Al y Cu						
		Terminales de conexión		Terminal de cable o pinzas en V						
		Opción con un único núcleo (cable unipolar)		Prensaestopa: 5 × M40 (10 - 28 mm)						
		Opción con varios núcleos (cable multipolar)		Prensaestopa: 1 × conexión multipolar Ø 16 - 61,4 mm + 1 × M32						
		Opción de conexión en serie de la CA (cable unipolar)		Prensaestopa: 10 × M32 (10 - 25 mm)						
	CC	Diámetro del cable	mm²	4 - 6						
		Material conductor		Cu						
		Terminales de conexión		DC-Direktanschluss Stäubli Multi Contact MC4						
Rendi- miento	Máx. rendimiento		98,5			98,5		98,5		
	Rendimiento europeo (η _{EU})		98,3			98,2		98,2		
	Rendimiento de adaptación MPP		> 99,9			> 99,9		> 99,9		

¹ Posibilidad de radiación solar directa² Seccionador CA integrado en el inversor: desde -30 hasta +65 °C³ Certificados previstos. Para ver los certificados actuales, consulta www.fronius.com/tauro-cert

			Tauro	Tauro ECO	
			50-3-D	50-3-D	100-3-D
Equipamiento de seguridad	Seccionador CC		Integrado		
	Comportamiento de sobrecarga		Desplazamiento al punto de trabajo, limitación de potencia		
	Protección contra polaridad inversa		Integrado		
	RCMU		Integrado		
	Medición de aislamiento CC		Integrado		
	Protección contra sobretensiones CC/CA		Tipo 1 + 2 integrados ⁴ , tipo 2 opcional		
	Fusible de serie fotovoltaica		Integrado, 15 A o 20 A		
Interfaces	WLAN		Fronius Solar.web, Modbus TCP Sunspec, Fronius Solar API (JSON)		
	Ethernet LAN RJ45 ⁶		10/100 Mbit; máx. 100 m Fronius Solar.web, Modbus TCP Sunspec, Fronius Solar API (JSON)		
	USB (tipo A)		1 A @ 5 V máx. ⁵		
	Desconexión por cable (WSD)		Parada de emergencia		
	2 x RS485		Modbus RTU SunSpec		
	6 entradas digitales 6 salidas digitales		Interfaz programable para el receptor de control de ondas, gestión de energía, control de carga		
	Datalogger y Servidor web ⁶		Integrado		

⁴ Tipo 1 + 2: I_{imp} 5 kA

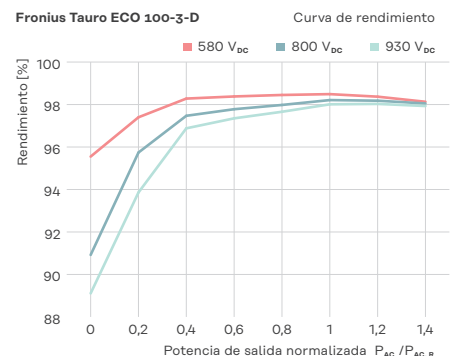
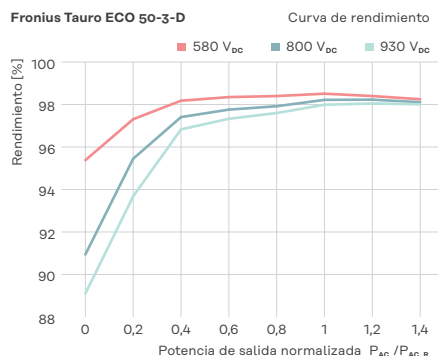
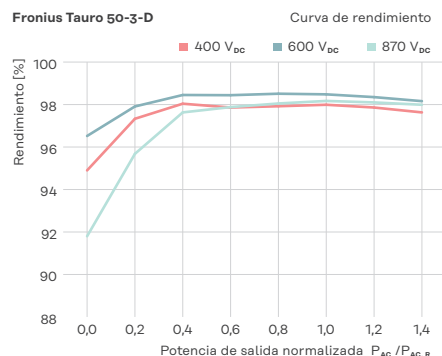
⁵ Solo para suministro eléctrico

⁶ Para la comunicación con varios inversores se utiliza una conexión Ethernet. Cada inversor se comunica de forma individual con la red/internet a través de su Datalogger integrado

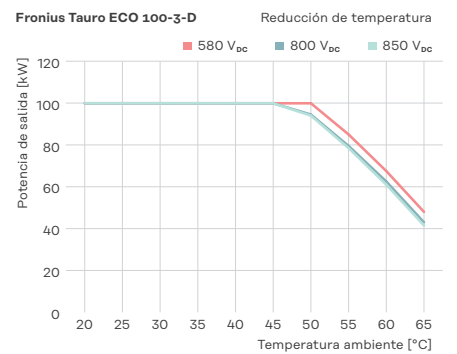
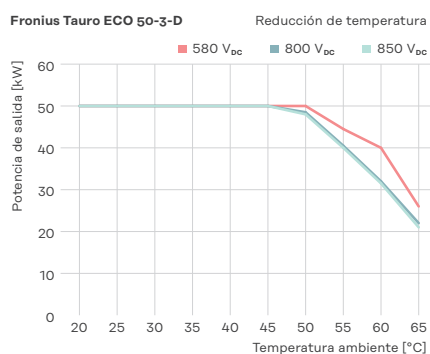
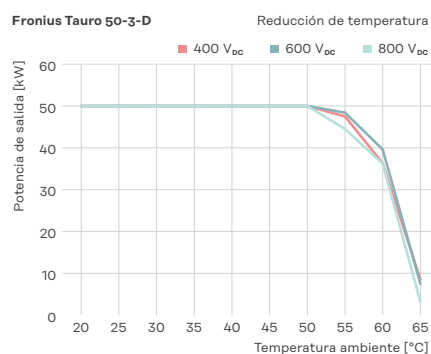
Eficiencia demostrable

Su eficiencia habla por sí sola: el Fronius Tauro impresiona por ofrecer el máximo rendimiento de forma constante a temperaturas de hasta 50 °C.

Rendimiento



Reducción de potencia



Más información sobre el producto: www.fronius.com/tauro

Fronius México S.A. de C.V.
Carretera Monterrey-Saltito 3279
Landus Business Park
Santa Catarina, NL 66367
México
pv-sales-mexico@fronius.com

Fronius España S.L.U.
Parque Empresarial La Carpetania
Calle Miguel Faraday 2
28906 Getafe, Madrid
España
pv-sales-spain@fronius.com

Fronius International GmbH
Froniusplatz 1
4600 Wels
Austria
pv-sales@fronius.com
www.fronius.com

ESV01 Mar 2022

El texto y las ilustraciones corresponden al estado de la técnica en el momento de la impresión. Sujeto a cambios sin previo aviso. A pesar de la cuidadosa edición, toda la información se proporciona sin garantía. Fronius no asume ninguna responsabilidad a este respecto. Copyright © 2022 Fronius™. Todos los derechos reservados.

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

Anexo VI. Ficha técnica del soporte (Sunfer Energy 40V)

Ficha técnica

Soporte inclinado para terreno para 1 fila de módulos

40V




- Soporte inclinado de 1 fila de módulos para terreno.
- Anclaje a hormigón.
- Disposición de los módulos: Vertical.
- Inclinação estándar 30°.
- Inclinações disponíveis bajo pedido: 5°-10°-15°-20°-25°-35°
- Altura libre en punto más desfavorable 500 mm.
- Válido para espesores de módulos de 30 hasta 45 mm.
- Kits disponibles de 1 hasta 4 módulos.
- Tornillería de anclaje no incluida.

NOTA:

Debido a las tolerancias del producto NO colocar los anclajes en la losa de hormigón antes de tener montado el pórtico. Una vez ensamblado el pórtico, marcar los agujeros de anclaje y perforar la losa para colocar los anclajes.

Se recomienda realizar un estudio geotécnico del terreno

Viento: Hasta 150 Km/h (Ver documento de velocidades del viento)
Materiales: Perfilera de aluminio EN AW 6005A T6
Tornillería de acero inoxidable A2-70
Comprobar el buen estado y la capacidad portante del terreno antes de cualquier instalación.

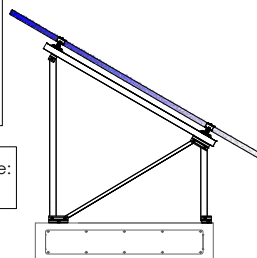
Para módulos de hasta 2279x1150 - Sistema Kit

2279x1150

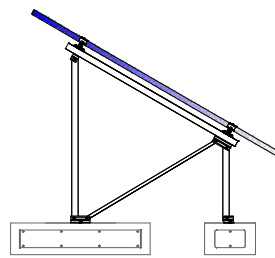


 Carga de nieve:
40 kg/m²

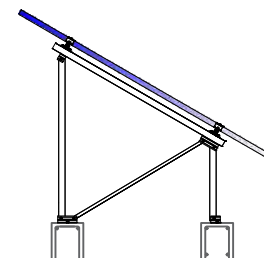
Ejemplos de cimentaciones



ZAPATA DESCENTRADA



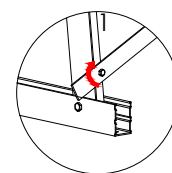
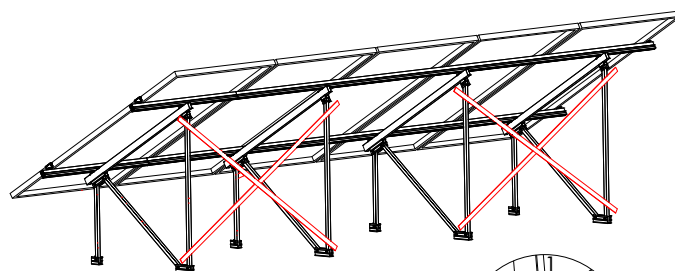
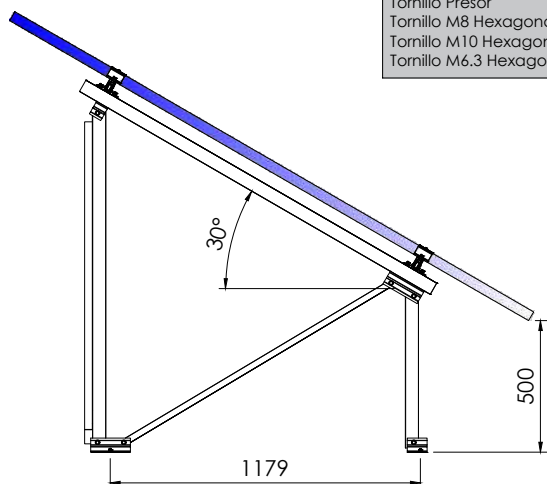
ZAPATA AISLADA



MICROPILOTE

Par de apriete:

Tornillo Presor 7 Nm
Tornillo M8 Hexagonal 20 Nm
Tornillo M10 Hexagonal 40 Nm
Tornillo M6.3 Hexagonal 10 Nm



Herramientas necesarias:

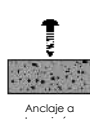


Seguridad:



100% Reciclable

Marcado
ES19/86524 CE



Velocidades de viento

Soporte inclinado para terreno para 1 fila de módulos

40V
Sistema kit



- **Cargas de viento:** Según túnel del viento en modelo computacional CFD
- **Cálculo estructural:** Modelo computacional comprobado mediante EUROCÓDIGO 9 "PROYECTO ESTRUCTURAS DE ALUMINIO"

 Cuadro de velocidades máx. admisibles de viento					
Tamaño del módulo	1	2	3	4	nº de módulos
2279x1150	150	150	150	130	Velocidad de viento km/h

Tabla 1 - Velocidades máximas de viento admisibles.

- Para garantizar la resistencia a la velocidad máxima de diseño se deberán utilizar anclajes adecuados y utilizar el lastre indicado por el fabricante para cada situación.

Reservado el derecho a efectuar modificaciones · Las ilustraciones de productos son a modo de ejemplo y pueden diferir del original.

Para cumplir con las velocidades máximas admisibles de viento especificadas en la tabla 1, se deberán respetar todas las instrucciones indicadas en los planos de montaje.
Se debe comprobar que los puntos de anclaje para los módulos son compatibles con las especificaciones del fabricante.

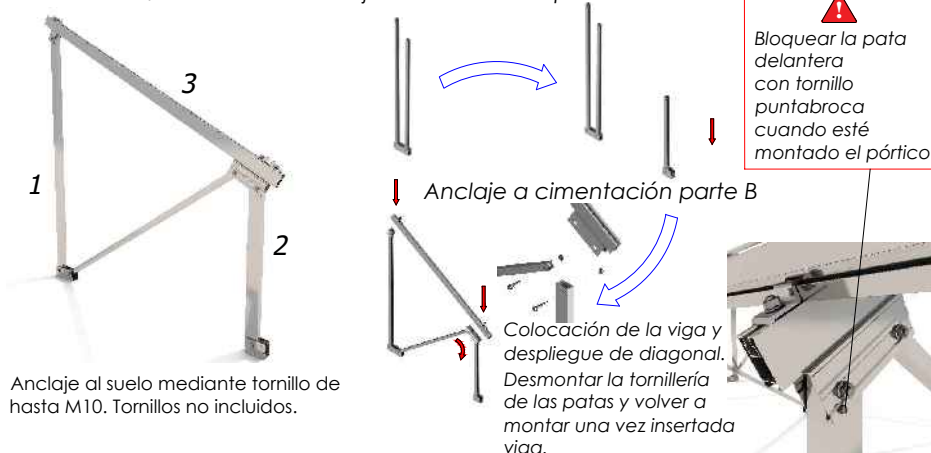
*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

Anexo VII. Montaje del soporte

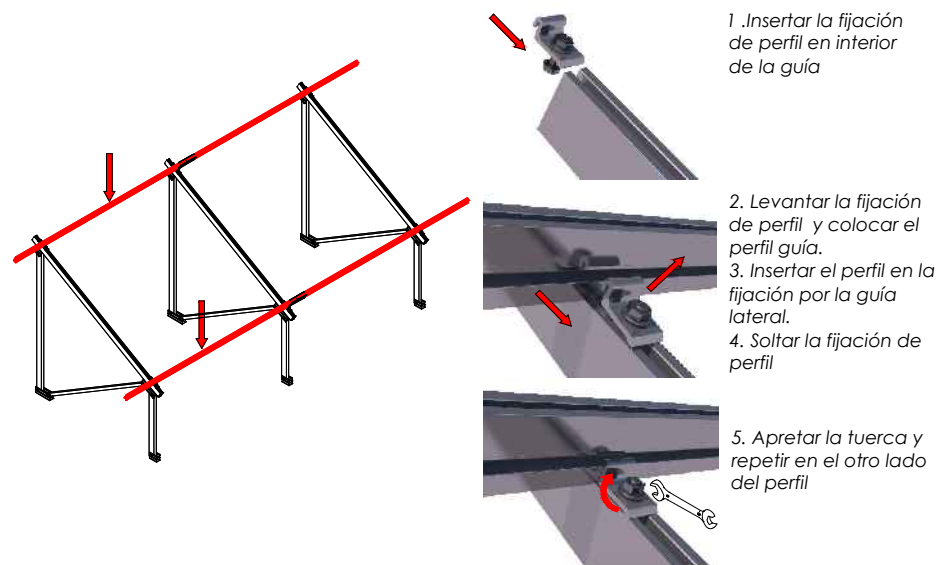
Despliegue de triángulos y unión de ensamblaje A y B

Piezas de pórtico:

Anclaje a cimentación parte A



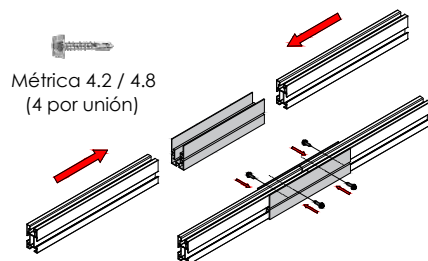
Montaje del perfil guía sobre el triángulo



Unir los perfiles con las piezas UG1

Introducir los perfiles dentro del carril del del elemento de unión UG1 a través de las ranuras laterales.

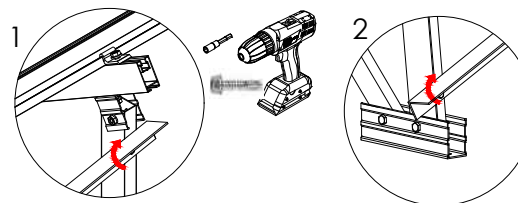
Una vez dentro, fijar la unión con los tornillos de bloqueo, siempre a la altura de la ranura lateral.



Soporte inclinado para terreno.
1 fila de módulos. Vertical.

40V
SUNFER

Fijar arriostramientos con autorroscantes



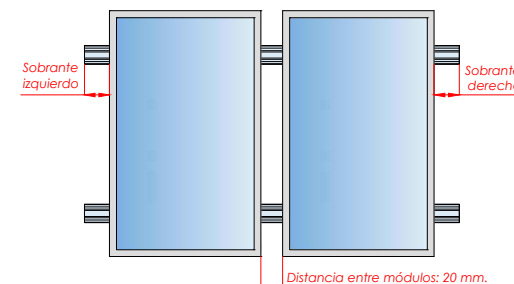
*Consultar hoja 2/2

Métrica 6.3 (2 por arriostramiento)

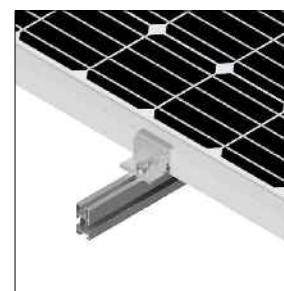
Ubicar los módulos sobre los perfiles

Distribuir los módulos para que su colocación sea simétrica a lo largo del soporte, dejando la misma distancia de sobrante en los extremos.

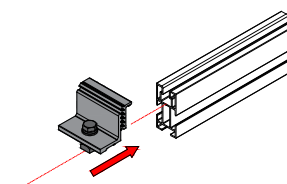
Dejar una separación entre módulos de 20 mm para poner el presor central que fijará los módulos al perfil.



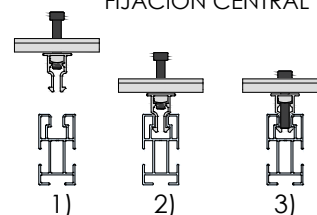
Fijación de los módulos con los presores y colocación de las tapas G1



FIJACIÓN LATERAL



FIJACIÓN CENTRAL



1) Alinear presor con el perfil
2) Bajar hasta hacer clic
3) Roscar el tornillo.



Introducir tapas G1 (x4) en los 4 perfiles extremos del kit



Tamaño máx.
2279x1150



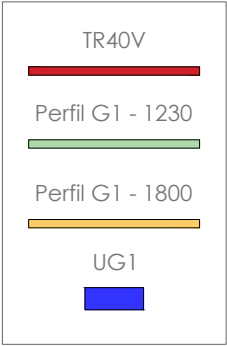
Marcado
ES19/86524 CE

Nota:

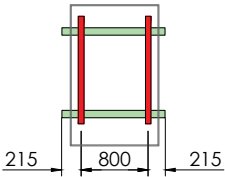
- Comprobar el buen estado del terreno y la capacidad portante del mismo.
- Se recomienda realizar un estudio geotécnico del terreno.

Soporte inclinado para terreno.
1 fila de módulo. Vertical.

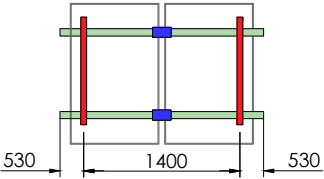
40V
SUNFER



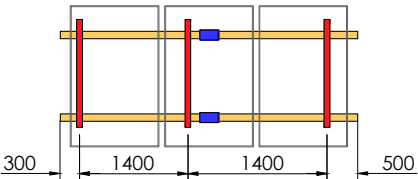
1



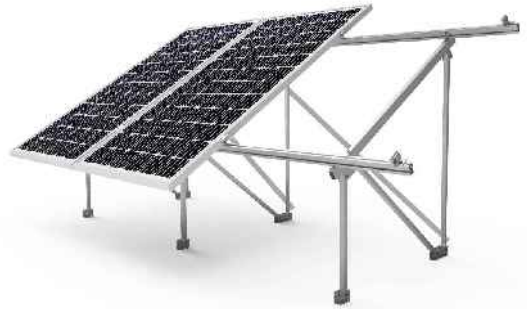
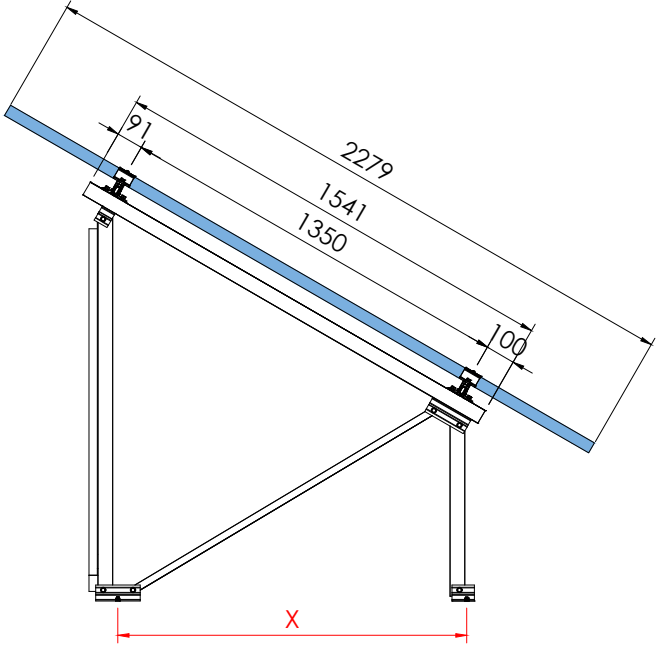
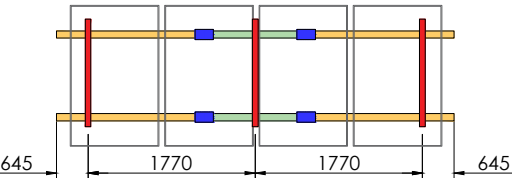
2



3

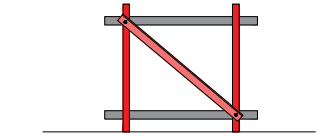


4

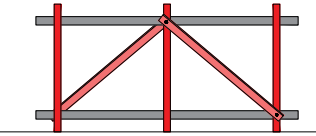


Distancia anclajes

INCLINACIÓN	15°	30°
X(mm)	1318	1178



Arriostramiento para 2 triángulos



Arriostramiento para 3 triángulos

Par de apriete:

Tornillo Presor	7 Nm
Tornillo M8 Hexagonal	20 Nm
Tornillo M10 Hexagonal	40 Nm
Tornillo M4.2/4.8 Hexagonal	6 Nm
Tornillo M6.3 Hexagonal	10 Nm



TR40V x4



S10



S11



S08 x2



UG1 x4



G1 - 1230



G1 - 1800



Tapa G1

40V1	2	4	-	1	-	2	-	4
40V2	2	4	2	1	2	4	-	4
40V3	3	4	4	2	2	-	4	4
40V4	3	4	6	2	4	2	4	4



Marcado
ES19/86524

2/2

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

Anexo VIII. Ficha técnica del cableado de CC (PRYSMIAN PRYSOLAR – H1Z2Z2-K)

PRYSMIAN PRYSOLAR - H1Z2Z2-K



L C I E

Tensión asignada: 1,0/1,0 kV (1,2/1,2 kVac máx.) (1,8/1,8 kVdc máx.)

Norma diseño: UNE-EN 50618 / IEC 62930

Designación genérica: H1Z2Z2-K



N° DoP 1017844

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
<https://es.prysmiangroup.com/dop>



WET-I 1500

NUEVO

Test Prysmian Group para asegurar el comportamiento del cable inmerso en agua por periodos prolongados.

Simula una situación similar a la que el cable está expuesto en una planta FV.

Condiciones del test:

- 1800 V DC (Máx voltaje)
- Agua a 70 °C
- > 1500 ciclos



No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2
NFC 32070-C2



Libre de halógenos
IEC 62821-1
UNE-EN 50525-1



Baja opacidad de humos
UNE-EN 61034-2
IEC 61034-2



Máxima Resistencia al agua en dc (AD8 + test especial WET-I 1500)



Resistencia al frío



Cable flexible



Resistencia a los rayos ultravioleta



Resistencia a los golpes



Resistencia a los agentes químicos



Resistencia al ozono



Resistencia al calor húmedo

• Temperatura de servicio: -40 °C, +90 °C (Cable termoestable), +120°C (20 000h).

• Ensayo de tensión durante 5 min: 6500 Vac / 15000 Vdc.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): E_{ca}.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo: UNE-EN 60332-1-2.

Normativa de fuego completa (incluidas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama:
UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2; NFC 32070-C2.
- Libre de halógenos:
IEC 62821-1 Anexo B, UNE-EN 50525-1 Anexo B.
- Baja opacidad de humos:
UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.

PRYSMIAN PRYSOLAR - H1Z2Z2-K



Tensión asignada: 1,0/1,0 kV (1,2/1,2 kVac máx.) (1,8/1,8 kVdc máx.)
Norma diseño: UNE-EN 50618 / IEC 62930
Designación genérica: H1Z2Z2-K



✓ Ensayos adicionales cable PRYSMIAN PRYSOLAR		
Vida estimada	30 años *	
Protección frente al agua	AD8 (test ac) **	EN 50525-2-21
	WET-I 1500	Ensayo mejorado de Prysmian Group específico FV: >1500 ciclos sumergido en agua a 70 °C con la máxima tensión continua (1800 Vdc)
Resistencia a los rayos UVA	IEC 62930 Anexo E; UNE-EN 50618 Anexo E 720 h (360 ciclos)	
Certificación	Bureau Veritas LCIE	
Servicios móviles	Sí	
Doble aislamiento (clase II)	Sí	
Temperatura máxima del conductor	90 °C (120 °C 20 000 h) 250 °C (cortocircuito)	
Adecuado para sistemas anti-PID	Tensión máxima eficaz: 1200 V (>906 V) Tensión máxima de pico: 1697 V (>1468 V)	
Máxima tensión de tracción	50 N/mm² durante el tendido 15 N/mm² en operación (instalado)	
Resistencia al ozono	IEC 62930 Tab.3 según IEC 60811-403; UNE-EN 50618 Tab.2 según UNE-EN 50396 tipo de prueba B	
Resistencia a ácidos y bases	IEC 62930 y UNE-EN 50618 Anexo B 7 días, 23 °C N-ácido oxálico, N-hidróxido sódico (según IEC 60811-404; UNE-EN 60811-404).	
Prueba de contracción	IEC 62930 Tab. 2 según IEC 60811-503; UNE-EN 50618 Tab. 2 según UNE-EN 60811-503 (máxima contracción 2 %)	
Resistencia al calor húmedo	IEC 62930 Tab.2 y UNE-EN 50618 Tab.2 1000 h a 90 °C y 85 % de humedad para IEC 60068-2-78, UNE-EN- 60068-2-78	
Resistencia de aislamiento a largo plazo (dc)	IEC 62821-2; UNE-EN 50395-9 (240 h/85 °C agua /1,8 kVdc)	
Respetuoso con el medio ambiente	Directiva RoHS 2014/35/UE de la Unión Europea	
Ensayo de penetración dinámica	IEC 62930 Anexo D; UNE-EN 50618 Anexo D	
Doblado a baja temperatura	Doblado y alargamiento a -40 °C según IEC 60811-504 y -505 y UNE-EN 50618 Tab.2 según N 60811-1-4 y UNE-EN 60811-504 y -505	
Resistencia al impacto en frío	Resistencia al impacto a -40 °C según IEC 62930 Anexo C según IEC 60811-506 y UNE-EN 50618 Anexo C según UNE-EN 60811-506	
Durabilidad del marcado	IEC 62930; UNE-EN 50396	

* Para la estimación de la vida del cable se utilizado el ensayo de durancia térmica según la IEC 60216.
** La condición AD8 habitual es una autodeclaración de fabricante sin norma de referencia. Declara la posibilidad de funcionamiento del cable permanentemente sumergido pero el ensayo habitual está pensado para corriente alterna y hasta 450/750 V de tensión asignada del cable. Situación muy alejada de la realidad de las instalaciones fotovoltaicas. Los cables de Prysmian superan el ensayo especial WET-I 1500 a 1800 V en corriente continua.

Construcción

- 1. Conductor
Metal: cobre recocido estañado.
Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor:
90 °C (120 °C, por 20 000 h). 250 °C en cortocircuito.

- 2. Aislamiento
Material: compuesto reticulado libre de halógenos según tabla B.1 de anexo B de EN 50618.

- 3. Cubierta
Material: compuesto reticulado libre de halógenos según tabla B.1 de anexo B de EN 50618.
Colores: negro o rojo.

Aplicaciones

Especialmente diseñado para instalaciones solares fotovoltaicas interiores, exteriores, industriales, agrícolas, fijas o móviles (con seguidores...). Pueden ser instalados en bandejas, conductos y equipos.

Especialmente resistente a la acción del agua (AD8 + test especial para corriente continua WET-I 1500), en instalaciones subterráneas bajo tubo o conducto.

Indicado para el lado de corriente continúa en instalaciones de autoconsumo solar fotovoltaico.

Sistemas de corriente continua (ITC-BT 53, UNE-HD 60364-7-712).

PRYSMIAN PRYSOLAR - H1Z2Z2-K



L C I E

Tensión asignada: 1,0/1,0 kV (1,2/1,2 kVac máx.) (1,8/1,8 kVdc máx.)

Norma diseño: UNE-EN 50618 / IEC 62930

Designación genérica: H1Z2Z2-K



Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Diámetro máximo del conductor (mm) (1)	Diámetro exterior del cable (valor máximo) (mm)	Radio mínimo de curvatura dinámico (mm)	Radio mínimo de curvatura estático (mm)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (W/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Intensidad admisible al aire. T ambiente 60 °C y T conductor 120 °C (3)	Intensidad admisible bajo tubo enterrado (4) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2)
1x1,5	1,8	5,4	22	16	33	13,7	24	30	24	27,4
1x2,5	2,4	5,9	24	18	45	8,21	34	41	32	16,42
1x4	3,0	6,6	26	20	61	5,09	46	55	42	10,18
1x6	3,9	7,4	30	22	80	3,39	59	70	53	6,78
1x10	5,1	8,8	35	26	124	1,95	82	98	70	3,90
1x16	6,3	10,1	40	30	186	1,24	110	132	91	2,48
1x25	7,8	12,5	63	50	286	0,795	140	176	116	1,59
1x35	9,2	14,0	70	56	390	0,565	182	218	140	1,13
1x50	11,0	16,3	82	65	542	0,393	220	276	166	0,786
1x70	13,1	18,7	94	75	742	0,277	282	347	204	0,554
1x95	15,1	20,8	125	83	953	0,210	343	416	241	0,42
1x120	17,0	22,8	137	91	1206	0,164	397	488	275	0,328
1x150	19,0	25,5	153	102	1500	0,132	458	566	311	0,264
1x185	21,0	28,5	171	114	1843	0,108	523	644	348	0,216
1x240	24,0	32,1	193	128	2304	0,0817	617	775	402	0,1634

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación monofásica o corriente continua en bandeja perforada al aire (40 °C). Con exposición directa al sol, multiplicar la corriente por 0,85.

→ XLPE2 con instalación tipo F → columna 13. (UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52).

(3) Instalación de conductores separados con renovación eficaz del aire en toda su cubierta (cables suspendidos).

(4) Instalación bajo tubo enterrada con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K·m/W y temperatura del terreno 25 °C. XLPE2 con instalación tipo D1 (Cu) (monofásica o continua).

Temperatura ambiente 60 °C (a la sombra) y temperatura máxima en el conductor 120 °C. Valor que puede soportar el cable, 20 000 h a lo largo de su vida estimada (30 años).

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

***Anexo IX. Ficha técnica del cableado de CA (AFUMEX CLASS 1000V (AS) –
RZ1-K (AS))***

AFUMEX CLASS 1000 V (AS) - RZ1-K (AS)



Tensión asignada: 0,6/1 kV
 Norma diseño: UNE 21123-4
 Designación genérica: RZ1-K (AS)

C_{ca}-s1b,d1,a1

N° DoP 1003875

DESCÁRGATE la DoP
 (declaración de prestaciones)
<https://es.prysmiangroup.com/dop>



No propagación de la llama
 UNE-EN 60332-1-2
 IEC 60332-1-2



No propagación de incendio
 UNE-EN 50399
 UNE-EN 60332-3-24
 IEC 60332-3-24



Libre de halógenos
 UNE-EN 60754-2
 UNE-EN 60754-1
 IEC 60754-2
 IEC 60754-1



Baja emisión de gases tóxicos
 UNE-EN 60754-2
 NFC 20454, It=1
 DEF-STAN 02-713



Baja emisión de humos
 UNE-EN 50399



Baja opacidad de humos
 UNE-EN 61034-2
 IEC 61034-2



Baja emisión de gases corrosivos
 UNE-EN 60754-2
 IEC 60754-2
 NFC 20453



Baja emisión de calor
 UNE-EN 50399



Reducido Desprendimiento De gotas / partículas inflamadas
 UNE-EN 50399



Resistencia a la absorción del agua



Resistencia al frío



Cable flexible



Resistencia a los rayos ultravioleta



Alta seguridad

- Temperatura de servicio: -25 °C, +90 °C. (Cable termoestable).
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 3500 V.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): C_{ca}-s1b,d1,a1.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo:
 UNE-EN 60332-1-2; UNE-EN 50399;
 UNE-EN 60754-2; UNE-EN 61034-2.

Normativa de fuego completa (incluidas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama:

UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2

- No propagación del incendio:
 UNE-EN 50399; UNE-EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24.
- Libre de halógenos:
 UNE-EN 60754-2; UNE-EN 60754-1;
 IEC 60754-2; IEC 60754-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos:
 UNE-EN 60754-2; NFC 20454; DEF STAN 02-713.
- Baja emisión de humos:
 UNE-EN 50399.
- Baja opacidad de humos:
 UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Baja emisión de gases corrosivos:
 UNE-EN 60754-2; IEC 60754-2; NFC 20453.
- Baja emisión de calor:
 UNE-EN 50399.
- Reducido desprendimiento de gotas/partículas inflamadas:
 EN 50399.

AFUMEX CLASS 1000 V (AS) - RZ1-K (AS)



Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21123-4
Designación genérica: RZ1-K (AS)

**Máxima pelabilidad**

Gracias a la capa especial antiadherente se puede retirar la cubierta fácil y rápidamente. Un importante ahorro de tiempo de instalación.

**Limpio y ecológico**

La ausencia de talco y aceites de silicona permite un ambiente de trabajo más limpio y con menos partículas contaminantes.

Aplicaciones

Cable de fácil pelado especialmente adecuado para instalaciones en locales de pública concurrencia: salas de espectáculos, centros comerciales, escuelas, hospitales, edificios de oficinas, pabellones deportivos, etc.

En centros informáticos, aeropuertos, naves industriales, parkings y túneles de carreteras, locales de difícil ventilación y/o evacuación, etc.

En toda instalación donde el riesgo de incendio no sea despreciable: instalaciones en montaje superficial, canalizaciones verticales en edificios o sobre bandejas, etc., o donde se requieran las mejores propiedades frente al fuego y/o la ecología de los productos en edificios o sobre bandejas, etc., o donde se requieran las mejores propiedades frente al fuego y/o la ecología de los productos de construcción.

Líneas generales de alimentación (ITC-BT 14). -Derivaciones individuales ITC-BT 15) -Instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT 20). -Locales de pública concurrencia (ITC-BT 28). -Locales con riesgo de incendio o explosión (adecuadamente canalizado) (ITC-BT 29). -Industrias (Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales R.D. 2267/2004. -Edificios en general (Código técnico de la Edificación, R.D. 314/2006, art. 11).

NOTA: para tuneles ferroviarios consultar a Prysmian. La normativa europea exige clase B2_{ca}-s1a, d1, a1.

Construcción

1. Conductor

Metal: cobre recocido.

Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.

Temperatura máxima en el conductor: 90 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito.

2. Aislamiento

Material: mezcla de polietileno reticulado (XLPE), tipo DIX3 según UNE HD 603-1.

Colores: marrón, negro, gris, azul, amarillo/verde según UNE 21089-1. Unipolares color natural.

3. Elemento separador

Capa especial antiadherente.

4. Relleno (si aplica)

Material: mezcla LSOH libre de halógenos.

5. Cubierta

Material: mezcla especial libre de halógenos tipo AFUMEX UNE 21123-4.

Color: verde.

AFUMEX CLASS 1000 V (AS) - RZ1-K (AS)



Tensión asignada: 0,6/1 kV
 Norma diseño: UNE 21123-4
 Designación genérica: RZ1-K (AS)



Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm ²)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C Ω/km	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Intensidad admisible enterrado (3) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2)	
							cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
1x1,5	0,7	7	67	13,3	21	21	26,5	21,36
1x2,5	0,7	7,5	79	7,98	30	27	15,92	12,88
1x4	0,7	8	97	4,95	40	35	9,96	8,1
1x6	0,7	8,5	120	3,3	52	44	6,74	5,51
1x10	0,7	9,6	167	1,91	72	58	4	3,31
1x16	0,7	10,6	226	1,21	97	75	2,51	2,12
1x25	0,9	12,3	321	0,78	122	96	1,59	1,37
1x35	0,9	13,8	421	0,55	153	117	1,15	1,01
1x50	1	15,4	579	0,38	188	138	0,85	0,77
1x70	1,1	17,3	780	0,27	243	170	0,59	0,56
1x95	1,1	19,2	995	0,20	298	202	0,42	0,43
1x120	1,2	21,3	1240	0,16	350	230	0,34	0,36
1x150	1,4	23,4	1529	0,12	401	260	0,27	0,31
1x185	1,6	25,6	1826	0,10	460	291	0,22	0,26
1x240	1,7	28,6	2383	0,08	545	336	0,17	0,22
1x300	1,8	31,3	2942	0,06	630	380	0,14	0,19
1x400	2	36	3921	0,05		446	0,11	0,17
2x1,5	0,7	10	134	13,3	23	24	30,98	24,92
2x2,5	0,7	10,9	169	7,98	32	32	18,66	15,07
2x4	0,7	11,8	213	4,95	44	42	11,68	9,46
2x6	0,7	12,9	271	3,3	57	53	7,90	6,42
2x10	0,7	15,2	399	1,91	78	70	4,67	3,84
2x16	0,7	17,7	566	1,21	104	91	2,94	2,45
2x25	0,9	Consultar	Consultar	0,78	135	116	1,86	1,59
2x35	0,9	Consultar	Consultar	0,55	168	140	1,34	1,16
2x50	1	Consultar	Consultar	0,38	204	166	0,99	0,88
3 G 1,5	0,7	10,4	150	13,3	23	24	30,98	24,92
3 G 2,5	0,7	11,4	193	7,98	32	32	18,66	15,07
3 G 4	0,7	12,4	250	4,95	44	42	11,68	9,46
3 G 6	0,7	13,6	324	3,3	57	53	7,90	6,42
3 G 10	0,7	16	486	1,91	78	70	4,67	3,84
3 G 16	0,7	18,7	696	1,21	104	91	2,94	2,45
3 x 25	0,9	Consultar	Consultar	0,78	115	96	1,62	1,38
3 x 35	0,9	Consultar	Consultar	0,55	143	117	1,17	1,01
3 x 50	1	Consultar	Consultar	0,38	174	138	0,86	0,77
3 x 70	1,1	Consultar	Consultar	0,27	223	170	0,6	0,56
3 x 95	1,1	Consultar	Consultar	0,20	271	202	0,43	0,42
3 x 120	1,2	Consultar	Consultar	0,16	314	230	0,34	0,35
3 x 150	1,4	Consultar	Consultar	0,12	359	260	0,28	0,3
3 x 185	1,6	Consultar	Consultar	0,10	409	291	0,22	0,26
3 x 240	1,7	Consultar	Consultar	0,08	489	336	0,17	0,21
3 x 300	1,8	Consultar	Consultar	0,06	549	380	0,14	0,18.../...

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C).

→ XLP3 con instalación tipo F → columna 11 (1x trifásica).

→ XLP2 con instalación tipo E → columna 12 (2x, 3G monofásica).

→ XLP3 con instalación tipo E → columna 10b (3x, 4G, 4x, 5G trifásica).

(3) Instalación enterrada, directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K.m /W.

→ XLPE3 con instalación tipo Método D1/D2 (Cu) → 1x, 3x, 4G, 4x, 5G trifásica.

→ XLPE2 con instalación tipo D1/D2 (Cu) → 2x, 3G monofásica.

Según UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

AFUMEX CLASS 1000 V (AS) - RZ1-K (AS)



Tensión asignada: 0,6/1 kV
 Norma diseño: UNE 21123-4
 Designación genérica: RZ1-K (AS)



Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Intensidad admisible enterrado (3) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2) y (3)	
							cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
.../... 3 x 25/16	0,9/0,7	Consultar	Consultar	0,780/1,21	115	96	1,62	1,38
3 x 35/16	0,9/0,7	Consultar	Consultar	0,554/1,21	143	117	1,17	1,01
3 x 50/25	1,0/0,9	Consultar	Consultar	0,386/0,780	174	138	0,86	0,77
3 x 70/35	1,1/0,9	Consultar	Consultar	0,272/0,554	223	170	0,6	0,56
3 x 95/50	1,1/1,0	Consultar	Consultar	0,206/0,386	271	202	0,43	0,42
3 x 120/70	1,2/1,1	Consultar	Consultar	0,161/0,272	314	230	0,34	0,35
3 x 150/70	1,4/1,1	Consultar	Consultar	0,129/0,272	359	260	0,28	0,3
3 x 185/95	1,6/1,1	Consultar	Consultar	0,106/0,206	409	291	0,22	0,26
3 x 240/120	1,7/1,2	Consultar	Consultar	0,0801/0,161	489	336	0,17	0,21
3 x 300/150	1,8/1,4	Consultar	Consultar	0,0641/0,129	549	380	0,14	0,18
4 G 1,5	0,7	11,2	173	13,3	20	21	26,94	21,67
4 G 2,5	0,7	12,3	227	7,98	28	27	16,23	13,1
4 G 4	0,7	13,4	298	4,95	38	35	10,16	8,23
4 G 6	0,7	14,7	391	3,3	49	44	6,87	5,59
4 G 10	0,7	17,5	593	1,91	68	58	4,06	3,34
4 G 16	0,7	20,4	855	1,21	91	75	2,56	2,13
4 x 25	0,9	24,3	1267	0,78	115	96	1,62	1,38
4 x 35	0,9	28,4	1792	0,55	143	117	1,17	1,01
4 x 50	1,0	32,5	2439	0,38	174	138	0,86	0,77
4 x 70	1,1	37,1	3359	0,27	223	170	0,6	0,56
4 x 95	1,1	41,2	4276	0,20	271	202	0,43	0,42
4 x 120	1,2	46,7	5500	0,16	314	230	0,34	0,35
4 x 150	1,4	51,8	6750	0,12	359	260	0,28	0,3
4 x 185	1,6	57,6	8172	0,10	409	291	0,22	0,26
4 x 240	1,7	64,4	10642	0,08	489	336	0,17	0,21
5 G 1,5	0,7	12	202	13,3	20	21	26,94	21,67
5 G 2,5	0,7	13,3	266	7,98	28	27	16,23	13,1
5 G 4	0,7	14,5	351	4,95	38	35	10,16	8,23
5 G 6	0,7	16	467	3,3	49	44	6,87	5,59
5 G 10	0,7	19	711	1,91	68	58	4,06	3,34
5 G 16	0,7	22,2	1028	1,21	91	75	2,56	2,13
5 G 25	0,9	26,6	1529	0,78	115	96	1,62	1,38
5 G 35	0,9	31,4	2169	0,55	143	117	1,17	1,01
5 G 50	1,0	35,2	2969	0,38	174	138	-	-

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C).

→ XLP3 con instalación tipo F → columna 11 (1x trifásica).

→ XLP2 con instalación tipo E → columna 12 (2x, 3G monofásica).

→ XLP3 con instalación tipo E → columna 10b (3x, 4G, 4x, 5G trifásica).

(3) Instalación enterrada, directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K.m / W.

→ XLPE3 con instalación tipo Método D1/D2 (Cu) → 1x, 3x, 4G, 4x, 5G trifásica.

→ XLPE2 con instalación tipo D1/D2 (Cu) → 2x, 3G monofásica.

Según UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

Anexo X. Ficha técnica del proyector LED (SETGA BRIGO)

AL | Aluminio inyectado
Injected aluminium

IP68 / IP67

IK08 / IK10

TECNOLOGÍA DEL COLOR / COLOUR TECHNOLOGY

Tª COLOR FIJA
FIXED COLOR TªTª COLOR VARIABLE (Opcional)
VARIABLE COLOR Tª (Optional)

ACABADOS / FINISHING

RAL 7021 (Estándar)
RAL 7021 (Standard)CUALQUIER RAL (Consultar)
ANY RAL (Consult)

ESPECIFICACIONES / SPECIFICATIONS



24, 36, 48, 60 LEDs

Clase I/II
Class I/II

220 - 240V / 50 - 60Hz



13 - 135 W



-10°C a/to 45°C



321,3 cm²



CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Alta resistencia en ambientes adversos como zonas marinas o de elevada polución.
Cuerpo de aluminio inyectado EN AC-44100 (L-2520) y bastidor de aluminio 5754.
Brazo de anclaje de acero inoxidable AISI304 mecanizado con regulación $\pm 90^\circ$.
Cierre de vidrio templado extraclaro serigrafiado (también disponible opción en PC).
Conector estanco (alimentación y control).

EQUIPAMIENTO ELECTRÓNICO

Driver electrónico de corriente constante regulable incluido.
Montaje en bastidor de aluminio extraíble para un fácil mantenimiento.
Protección ante sobretensión, cortocircuito, circuito abierto y sobretensiones ($\geq 10\text{kV}$).
Sistema autónomo de regulación en tiempos y niveles (AST / ORT / ...).
Factor de potencia a carga máxima ≥ 0.97 .

*Consulte a nuestro departamento técnico cómo optimizar su instalación.

CERTIFICACIONES / CERTIFICATIONS



UNE-EN-60598-1 & 2-3, UNE-EN 62262, UNE-EN 62471, UNE-EN 61000-3-2, UNE-EN 55015, UNE-EN 61347-2-13, UNE-EN 61547, UNE-EN 62031, UNE-EN 62384, Light Pollution (F.H.S.): <1%

MÓDULO ÓPTICO

OPTICAL PRO FOCUSED SYSTEM (OPFSystem®):
24-60 LEDs de alto rendimiento.
PCB LED de elevada reproducción cromática (CRI 80-90).
Tª de color 2200K-4000K (consultar para mayor variedad).
Máxima precisión óptica (PMMA/PC).
Fotometría multiconfigurable.

EXTRAS CONFIGURABLES

Conector NEMA / Conector Zhaga.
Reprogramación mediante NFC o tecnologías alámbricas.
Integración de sensorización dispositivos IoT.
Interfaz de comunicaciones intra-luminaria D4i.
Control: 1-10V / 0-10V / DALI / DALI-2.
Longitud de cable a medida.
Conector rápido IP68.

MECHANICAL CHARACTERISTICS

High resistance in adverse environments such as marine areas or high-pollution areas.
Injected EN AC-44100 (L2520) aluminum body and 5754 alluminium frame.
Clamping arm in AISI304 stainless steel with $\pm 90^\circ$ regulation.
Silk-screened extra-clear tempered glass closure (also available PC option).
Watertight connector (power supply and control).

ELECTRONIC EQUIPMENT

Adjustable constant current electronic driver.
Removable aluminum frame mount located at the base of the pole/bracket for easy maintenance.
Protection against overtemperature, short circuit, open circuit and overvoltage ($\geq 10\text{kV}$).
Autonomous dimming system adjustable in times and levels (AST / ORT / ...).
Power factor at maximum load ≥ 0.97 .

* Consult our technical department how to optimize your installation.

OPTICAL MODULE

OPTICAL PRO FOCUSED SYSTEM (OPFSystem®):
24-60 high performance LEDs.
LED PCB with high color-rendering (CRI 80 to 90).
Color temperature 2200K-4000K (ask for more variety).
Maximum optical precision (PMMA/PC).
Multiconfigurable photometries.

CONFIGURABLE EXTRAS

NEMA connector / Zhaga connector.
Reprogramming by near field (NFC) or wireline technologies.
Integration of sensorization of IoT devices.
D4i intra-luminaire communications interface.
Control: 1-10V / 0-10V / DALI / DALI-2.
Custom cable length.
IP68 quick connector.



MADE IN SPAIN



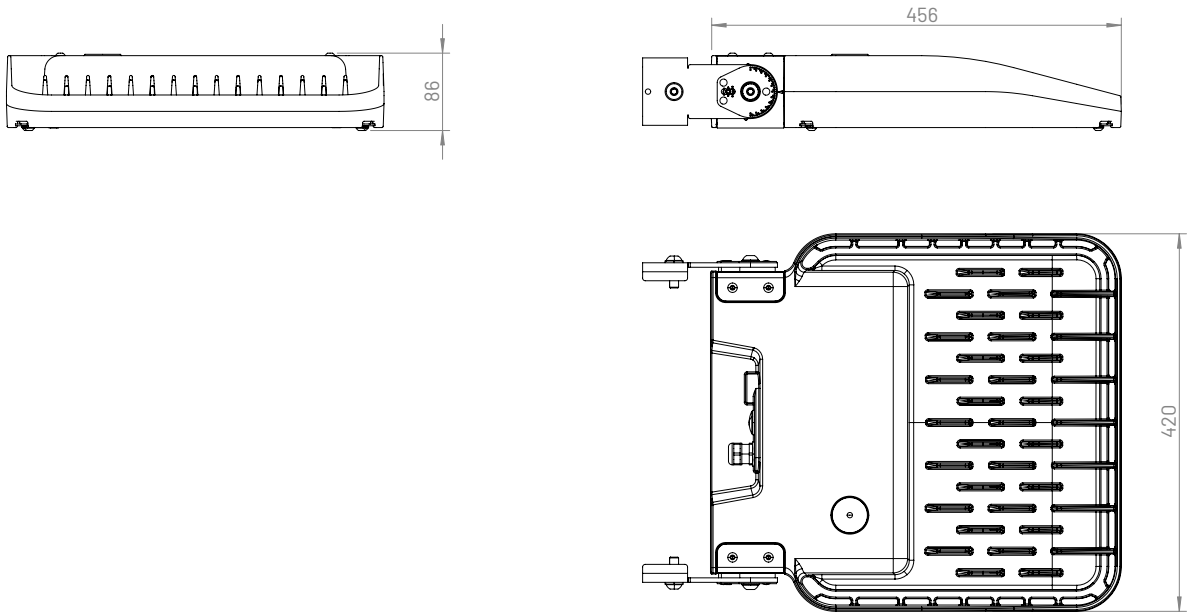
greeNative



FOR A LIVEABLE
TOMORROW
www.setga.es

Información susceptible de cambios (27/09/2022) - Data subject to change (09/27/2022)

DIMENSIONES (mm) / DIMENSIONS (mm)



MONTAJE / MOUNTING



Montaje en lira
Plate mounting



Montaje en columna
Post mounting

VERSIONES / VERSIONS

MODELO MODEL	Nº LEDs Nº LEDs	PESO WEIGHT (kg)	Tª COLOR ⁽¹⁾ COLOUR Tª ⁽¹⁾ (K)	IRC CRI	POTENCIA ⁽²⁾ POWER ⁽²⁾ (W)	CORRIENTE CURRENT (mA)	FLUJO TOTAL TOTAL FLUX (Lm)
BRG	24	12,8	2200 - 4000	80 - 90	13 - 55	150 - 700	1667 - 6418
BRG	36	12,8	2200 - 4000	80 - 90	17 - 78	150 - 700	2262 - 9182
BRG	48	12,9	2200 - 4000	80 - 90	23 - 105	150 - 700	2956 - 12299
BRG	60	12,9	2200 - 4000	80 - 90	30 - 135	150 - 700	3898 - 15767

Valores informativos sujetos a modificación en función de las necesidades de cada proyecto.

Informative values subject to modification depending on the needs of each project.

⁽¹⁾ Circadionic®: Espectro luminoso adaptativo (Opción configurable).

⁽¹⁾ Circadionic®: Adaptative light spectrum (Configurable option).

⁽²⁾ Se incluyen pérdidas producidas en el driver/fuente de alimentación (tolerancia ±5%).

⁽²⁾ Losses produced in the driver/power supply are included (tolerance ±5%).

*Vida útil estimada del sistema L80B10 (Tq<25°C): ≥100.000 horas.

*Estimated useful life of the system L80B10 (Tq <25°C): ≥100.000h.

* Disponibilidad de brazos desarrollados a medida bajo consulta.
* Availability of custom arms developed under request.

CARACTERIZACIÓN FOTOMÉTRICA / PHOTOMETRIC CHARACTERIZATION

BRG S01	-	024	-	0150	-	0001	-	0822	-	0830	-	00S2
Colección + Serie Collection + Serie		LEDs LEDs		Corriente Current		Fotometría Photometry		IRC, Tª color CRI, Colour Tª		IRC, Tª color CRI, Colour Tª		Código Flujo Flux Code

*En los apartados de IRC y Tª color, los 2 primeros dígitos hacen referencia al valor de uno (08 = IRC 80), mientras que los dos segundos hacen referencia al valor del otro (22 = 2200K).

In the CRI and Color Tª sections, the first 2 digits refer to the value of one (08 = CRI 80), while the second two refer to the value of the other (22 = 2200K).

Anexo XI. Alineación del Trabajo con los ODS

En 2015, los 193 países miembros de las Naciones Unidas aprobaron la Agenda 2030, la cual está compuesta por diecisiete Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) acompañados de 169 metas, que buscan tener un impacto positivo en la economía, la sociedad y el medioambiente. Forman parte de una agenda todavía más ambiciosa que la de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) (vigentes entre los años 2000 y 2015). A diferencia de estos últimos, los ODS incorporan nuevos objetivos como la paz y la justicia, el fin de la pobreza, la participación colectiva y la preocupación por el cambio climático.

De esta manera, la Agenda 2030 constituye un plan de acción para el desarrollo sostenible. Los gobiernos se han comprometido a alinearse con estos objetivos ODS de manera que se logre la paz universal, se erradique la pobreza en todos los extractos sociales y se asegure el crecimiento económico y social. Esto se debe llevar a cabo, por supuesto, respetando los derechos humanos y garantizando la igualdad de género.

Este anexo alinea el presente Trabajo con los ODS 7, 9 y 13, los cuales se detallan a continuación.

7. Energía asequible y no contaminante

Este objetivo se basa en garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna. Se busca promover el uso de fuentes de energía renovable y mejorar la eficiencia energética de manera que se reduzca la dependencia de los combustibles fósiles, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático y a la transición hacia un sistema energético más sostenible y resiliente.

Este Trabajo se alinea con este objetivo al aumentar la proporción de energía renovable en el mix energético gracias a la instalación de paneles solares fotovoltaicos para el autoconsumo en el túnel. De esta manera, se promueve una alternativa limpia y segura, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles y disminuyendo las emisiones de gases de efecto invernadero. Esto contribuye a la mitigación del cambio climático, al tiempo que impulsa el desarrollo sostenible a largo plazo.

9. Agua, industria, innovación e infraestructura

Este objetivo busca desarrollar infraestructuras resilientes (así como modernizar las existentes), promoviendo la industrialización sostenible y fomentando la innovación, la investigación y la eficiencia energética.

Con el objetivo de disminuir la dependencia del consumo de red, el sistema fotovoltaico a instalar pretende reducir significativamente la facturación eléctrica a través de una generación limpia, eficiente y con bajos costes de mantenimiento. De esta manera, en el Trabajo se busca diseñar un sistema fotovoltaico óptimo y sustituir el alumbrado existente por uno de tecnología LED, apostando así por la eficiencia energética y la innovación en la infraestructura.

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

13. Acción por el clima

Este objetivo se centra en combatir el cambio climático y sus impactos. Busca fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación frente a fenómenos climáticos extremos. De esta manera, se promueven acciones para reducir la emisión de gases de efecto invernadero y aumentar el uso de energías renovables, evolucionando así hacia un sistema energético más sostenible.

Al emplear paneles solares fotovoltaicos como fuente de energía, el Trabajo propone reducir la dependencia de los combustibles fósiles y disminuir la emisión de gases de efecto invernadero, lo que ayuda a mitigar el cambio climático y garantizar un futuro más seguro y sostenible para el planeta.

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Anexo XII. Bibliografía

- [1] «plannacionalintegradoeenergiayclima2021-2030_tcm30-546623.pdf». Accedido: 17 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/ministerio/planes-estrategias/plan-nacional-integrado-energia-clima/plannacionalintegradoeenergiayclima2021-2030_tcm30-546623.pdf
- [2] Jefatura del Estado, *Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética*, vol. BOE-A-2021-8447. 2021, pp. 62009-62052. Accedido: 17 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/l/2021/05/20/7>
- [3] «Red Eléctrica y la integración de renovables».
- [4] «Potencia instalada | Informes del sistema». Accedido: 17 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.sistemaelectrico-ree.es/informe-del-sistema-electrico/generacion/potencia-instalada>
- [5] «Informe del Sistema Eléctrico 2022.».
- [6] «InformeEnergiaRenovable2021_Resumen.pdf». Accedido: 29 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.sistemaelectrico-ree.es/sites/default/files/2022-06/InformeEnergiaRenovable2021_Resumen.pdf
- [7] «¿QUÉ ES EL ÍNDICE DE REPRODUCCIÓN CROMÁTICA EN LA ILUMINACIÓN LED?» Accedido: 1 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://megalamparas.com.gt/indice-de-reproduccion-cromatica/>
- [8] «Causas del cambio climático». Accedido: 17 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://climate.ec.europa.eu/climate-change/causes-climate-change_es
- [9] «Ayudas para la realización de instalaciones de autoconsumo con fuentes de energía renovable, en el sector residencial, las administraciones públicas, y el tercer sector con o sin almacenamiento (Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, en el ámbito territorial de la Comunidad Valenciana) - GVA.ES - Generalitat Valenciana», GVA.ES. Accedido: 1 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.gva.es/va/inicio/procedimientos?id_proc=21988
- [10] «Serie Lens / Tecnología LED - PDF Descargar libre». Accedido: 17 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://docplayer.es/30985051-Serie-lens-tecnologia-led.html>
- [11] «Electrical Characteristics of LEDs | OSRAM Opto Semiconductors». Accedido: 17 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.osram.es/os/products/led-general-lighting/tools-y-service/led-fundamentals/electrical_characteristics_of_leds.jsp
- [12] F. V. Arroyo, *El libro blanco de la iluminación*. 2013. Accedido: 17 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=555109>
- [13] «Guía sobre tecnología LED en el alumbrado».
- [14] «<http://www.luz.philips.com>....».
- [15] I. E. H. Martínez, «Maestro en Ciencias en Energías Renovables».
- [16] «Revista ElectroIndustria - Conceptos básicos acerca de los LEDs». Accedido: 17 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en:

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

- <https://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=609&ni=conceptos-basicos-acerca-de-los-leds>
- [17] «Manejo térmico del LED», Iluminet revista de iluminación. Accedido: 1 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://iluminet.com/manejo-termico-led-iluminacion/>
- [18] «3 datos Sobre las lentes para LED y su Impacto en la luz Ultravioleta». Accedido: 17 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://magnaflux.mx/Recursos/Blog/3-datos-Sobre-las-lentes-para-LED>
- [19] F. V. JORGE y G. C. ALFONSO, *Iluminación con tecnología led*. Ediciones Paraninfo, S.A., 2012.
- [20] «¿Cuánto Duran los Focos LED? - Guía LED». Accedido: 1 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.guialed.com/cuanto-duran-los-focos-led/>
- [21] A. Serrano-Tierz, A. Martínez-Iturbe, O. Guarddon-Muñoz, y J. L. Santolaya-Sáenz, «Análisis de ahorro energético en iluminación LED industrial: Un estudio de caso», *DYNA*, vol. 82, n.º 191, pp. 231-239, jun. 2015, doi: 10.15446/dyna.v82n191.45442.
- [22] L. E. P. a LED, «¿Qué es la eficacia luminosa de los LED (lúmenes por vatio)?», Lumistrips. Accedido: 1 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.es.lumistrips.com/lumistrips-blog/led_efficacy_efficiency_explained-es/
- [23] D. Palentino, «El alumbrado público de la ciudad será sustituido por un sistema más eficiente», Diario Palentino. Accedido: 17 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.diariopalentino.es/noticia/zb7066c7d-fe59-f153-2406031ffceadb2/201202/el-alumbrado-publico-de-la-ciudad-sera-sustituido-por-un-sistema-mas-eficiente>
- [24] «PYP Energía». Accedido: 17 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://pypenergia.com/blog/energias-alternativas-que-son-y-que-tipos-hay>
- [25] J. A. Alonso, «¿Qué es una planta fotovoltaica y cómo funciona? - SunFields», SunFields Empresa de Placas y Equipos Solares. Accedido: 19 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/que-es-una-planta-fotovoltaica-y-como-functiona/>
- [26] J. A. Alonso, «Módulo Fotovoltaico: El efecto fotovoltaico en un panel solar», SunFields Empresa de Placas y Equipos Solares. Accedido: 17 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/modulo-fotovoltaico-efecto-fotovoltaico/>
- [27] I. CORPORATIVA, «¿Cómo funcionan las plantas fotovoltaicas?», Iberdrola. Accedido: 17 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/que-es-energia-fotovoltaica>
- [28] «Un túnel con 3km de paneles solares», factorenergia. Accedido: 24 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.factorenergia.com/es/blog/historias-positivas/tunel-paneles-solares/>
- [29] «Autopistas reducirá su huella de carbono con la instalación de 18 plantas solares en su red de autopistas y túneles», Autopistas. Accedido: 24 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.autopistas.com/notas-de-prensa/autopistas-reducira-su-huella-de-carbono-con-la-instalacion-de-18-plantas-solares-en-su-red-de-autopistas-y-tuneles/>

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

- [30] «Sistemas fotovoltaicos aislados: ventajas, usos y dimensionamiento», Selectra. Accedido: 24 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://selectra.es/autoconsumo/info/instalacion/aislada>
- [31] E. Solar, «Esquema de instalación fotovoltaica conectada a red», Enaltia Solar. Accedido: 24 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://enaltiasolar.es/esquema-de-una-instalacion-fotovoltaica-conectada-a-red/>
- [32] J. A. Alonso, «Monocristalino vs Policristalino: Diferencias, pros y contras - SunFields», SunFields Empresa de Placas y Equipos Solares. Accedido: 19 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/monocristalino-vs-policristalino-diferencias-pros-y-contras/>
- [33] «Sielvigo, s.l. cerca del Gigawatio instalado.» Accedido: 28 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.sielvigo.es/?id=5>
- [34] S. O. Btado y O. Infraestructuras, «MINISTERIO DE FOMENTO».
- [35] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, *Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07*, vol. BOE-A-2008-18634. 2008, pp. 45988-46057. Accedido: 28 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2008/11/14/1890>
- [36] «BOE-A-2023-18537.pdf». Accedido: 5 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2023/08/19/pdfs/BOE-A-2023-18537.pdf>
- [37] «Instalaciones de energía solar fotovoltaica. Pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red | Idae». Accedido: 24 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.idae.es/publicaciones/instalaciones-de-energia-solar-fotovoltaica-pliego-de-condiciones-tecnicas-de>
- [38] «Zentrales Systemdesign mit dem Fronius Tauro». Accedido: 28 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.fronius.com/de-ch/switzerland/solarenergie/installateur-partner/info-center/blog/zentrales-systemdesign-mit-dem-fronius-tauro-07032022>
- [39] «Guia_bt_40_sep13R1.pdf». Accedido: 5 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Documents/bt/Guia_bt_40_sep13R1.pdf
- [40] «guia_bt_19_feb09R2.pdf». Accedido: 5 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Documents/bt/guia_bt_19_feb09R2.pdf
- [41] «guia_bt_18_oct05R1.pdf». Accedido: 5 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.f2i2.net/documentos/lSiF2I2/rbt/guias/guia_bt_18_oct05R1.pdf
- [42] «Datasheet SOLYCO C-TG 144p.2 450 2022-01_en», SOLYCO. Accedido: 29 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.solyco.com/wpfd_file/datasheet-solyco-c-tg-144p-2-450-2022-01_en/
- [43] «Tauro ECO 50-3-D». Accedido: 29 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.fronius.com/es/latin-america/energia-solar/instaladores-y->

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

- socios/datos-tecnicos/todos-los-productos/inversor/fronius-tauro-eco/tauro-eco-50-3-d
- [44] «40V», Sunfer Energy. Accedido: 29 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://sunferenergy.com/product/40v-sistema-para-terreno-zapata/>
- [45] «Precio final anual de la demanda nacional | OMIE». Accedido: 29 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.omie.es/es/market-results/annual/average-final-prices/spanish-demand?scope=annual&year=2022>
- [46] «documentos_5654_FV_pliego_condiciones_tecnicas_instalaciones_conectadas_a_red_C20_Julio_2011_3498eaaf.pdf». Accedido: 7 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_FV_pliego_condiciones_tecnicas_instalaciones_conectadas_a_red_C20_Julio_2011_3498eaaf.pdf
- [47] «Guia Profesional de Tramitación del Autoconsumo.».
- [48] «RequerimientosTécnicosExigibles_v13_Dic2022.pdf». Accedido: 7 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/idae/tecnologias/ahorro_y_eficiencia_energetica/alumbrado_exterior/RequerimientosTécnicosExigibles_v13_Dic2022.pdf
- [49] «Luminarias Archives», Setga | Fabricante de Iluminación Exterior. Accedido: 29 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://setga.es/categoria/luminarias/>
- [50] B. Lippke, «Downloads», SOLYCO. Accedido: 10 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.solyco.com/en/downloads/>
- [51] «Prysmian-Prysolar-1-5-1-5-kVdc-H1Z2Z2-K-Eca-MAR23.pdf». Accedido: 29 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://es.prysmiangroup.com/sites/es.prysmiangroup.com/files/media/documents/Prysmian-Prysolar-1-5-1-5-kVdc-H1Z2Z2-K-Eca-MAR23.pdf>
- [52] «Afumex-Class-1000V-RZ1-K-Cca-s1b-d1-a1-MAR23.pdf». Accedido: 29 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://es.prysmiangroup.com/sites/es.prysmiangroup.com/files/media/documents/Afumex-Class-1000V-RZ1-K-Cca-s1b-d1-a1-MAR23.pdf>
- [53] «oc_2-2022_actualizacion_base_de_precios_dgc.pdf». Accedido: 11 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/carreteras/normativa/oc_2-2022_actualizacion_base_de_precios_dgc.pdf

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

DOCUMENTO 2. PLANOS

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

A continuación, y siguiendo este índice, se adjuntan los planos:

- Plano 01. Situación
- Plano 02. Conjunto
- Plano 03. Distribución alumbrado situación actual
- Plano 04. Distribución alumbrado situación propuesta
- Plano 05. Instalación fotovoltaica
- Plano 06. Esquema unifilar instalación fotovoltaica

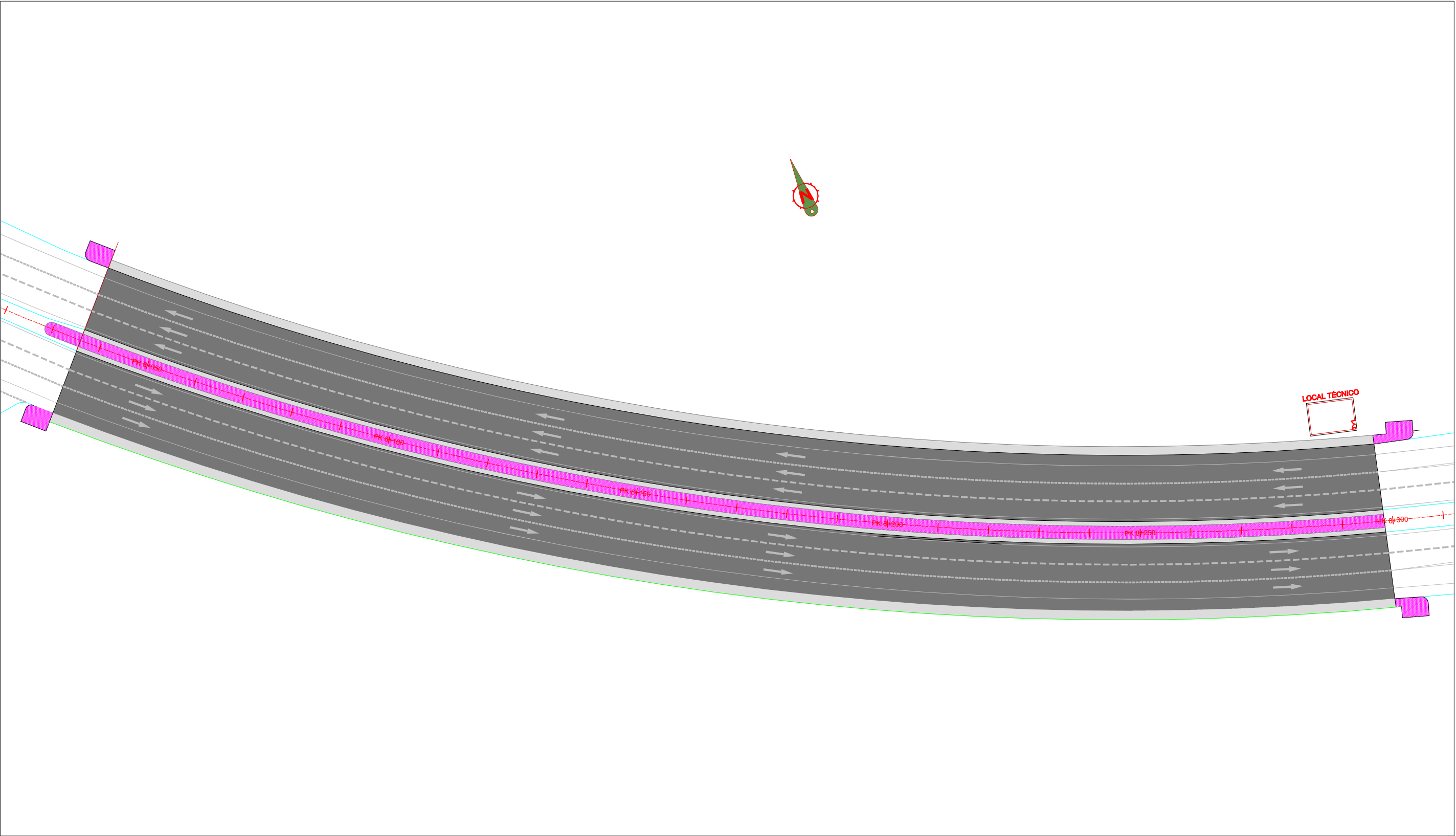


VIGO

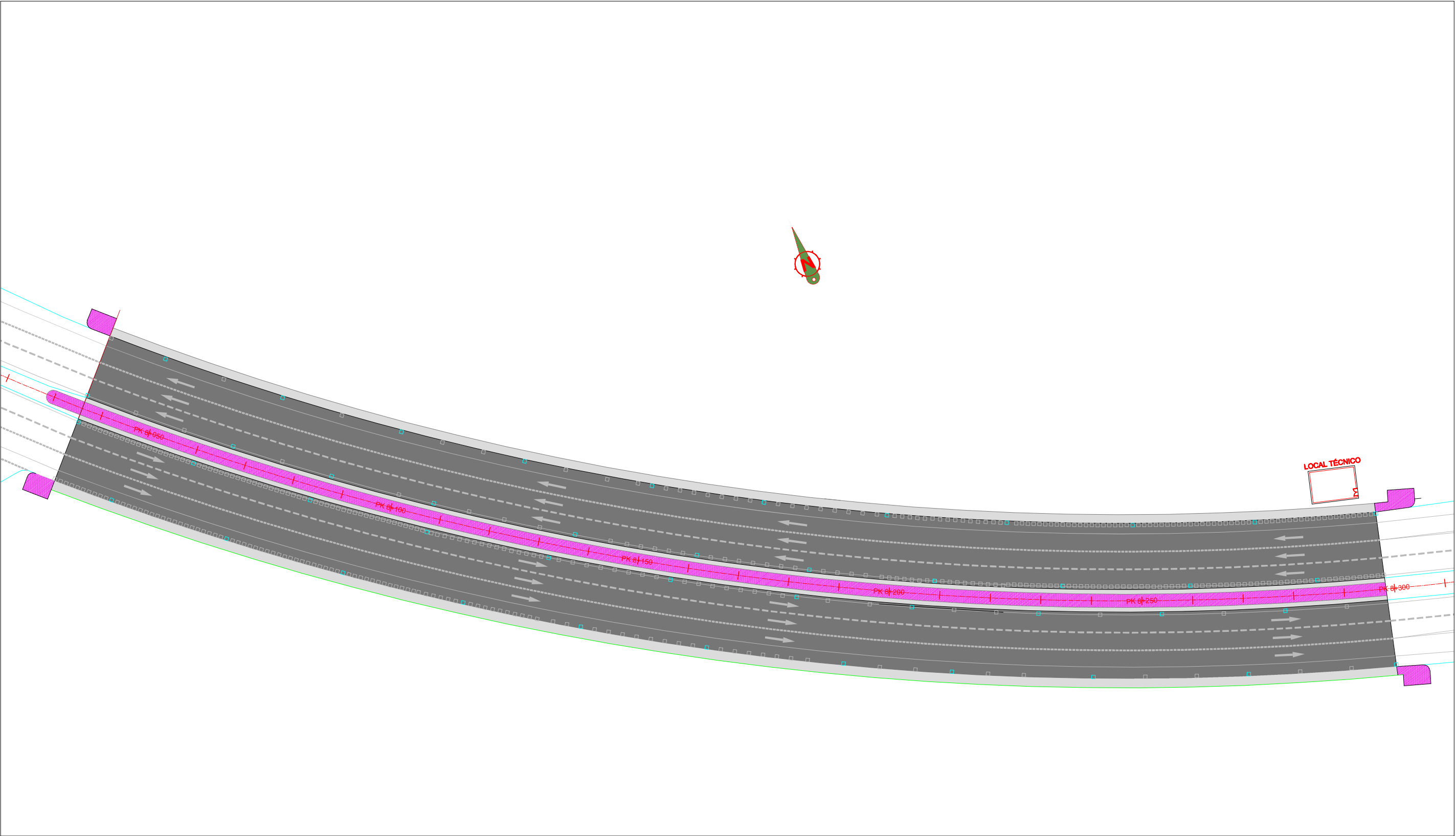


PROYECTO DE EJECUCION DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA E
INSTALACION DE ILUMINACION LED EN UN TUNEL DE CARRETERA

SITUACIÓN:	TUNEL DE VALLADARES		
FECHA	PLANO DE:	AUTORA DEL PROYECTO	PLANO N°:
07 - 08 - 2023	SITUACION	ROCIO PIRIS DE LA PEÑA	01
ESCALA			
S / E			



PROYECTO DE EJECUCION DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA E INSTALACION DE ILUMINACION LED EN UN TUNEL DE CARRETERA			
SITUACIÓN:	TUNEL DE VALLADARES		
FECHA 07 - 08 - 2023	PLANO DE: CONJUNTO	AUTORA DEL PROYECTO	PLANO N°:
ESCALA 1 / 500		ROCIO PIRIS DE LA PEÑA	02

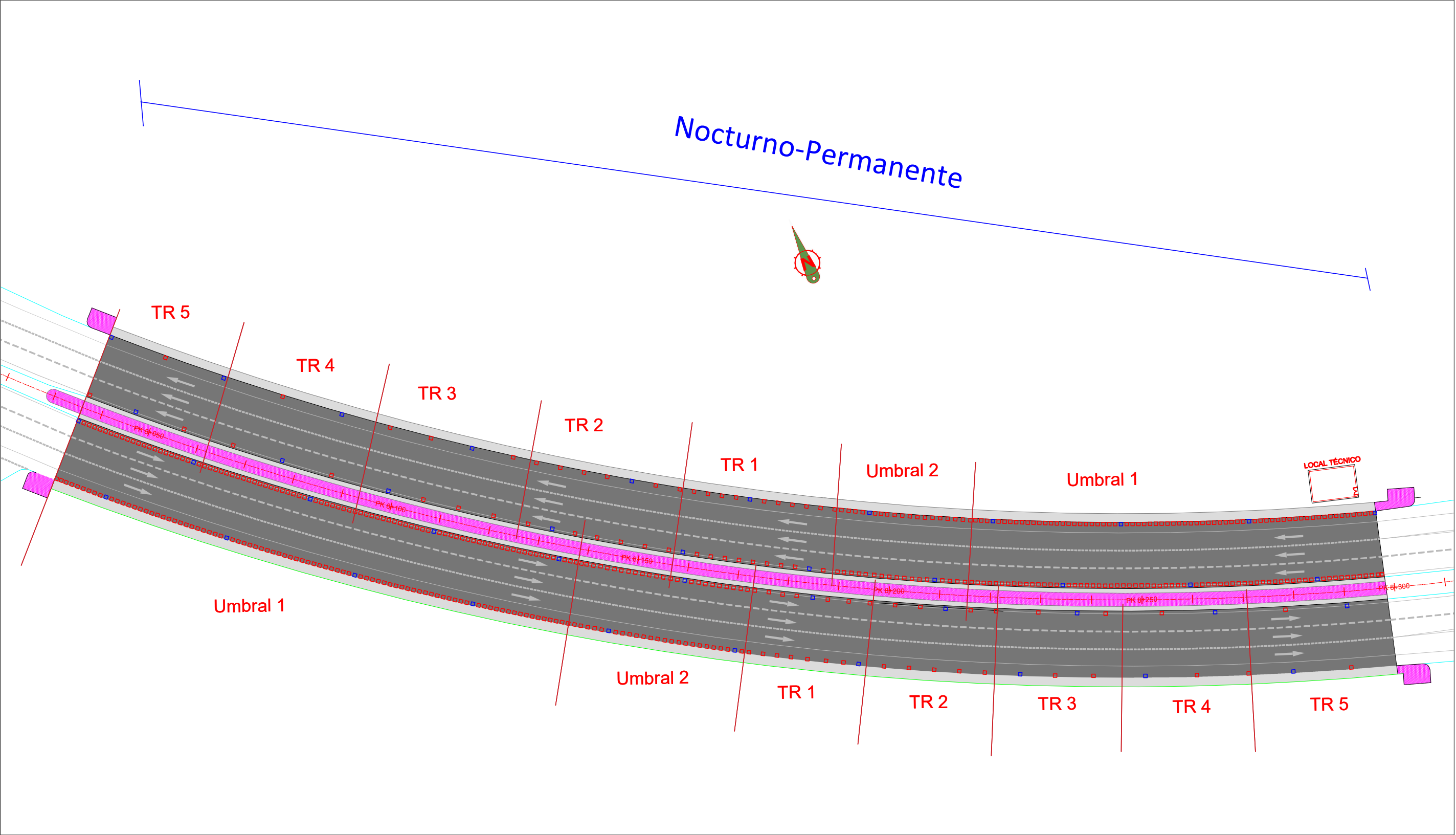


Disposición luminarias

Referencia plano	Tipo de luminaria	Actuación	Régimen de alumbrado
	Proyector VSAP 440W	Actual	Refuerzo
	Proyector VSAP 250W	Actual	Permanente

PROYECTO DE EJECUCION DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA E
INSTALACION DE ILUMINACION LED EN UN TUNEL DE CARRETERA

SITUACIÓN:	TUNEL DE VALLADARES		
FECHA 07 - 08 - 2023	PLANO DE: DISTRIBUCION ALUMBRADO SITUACION ACTUAL	AUTORA DEL PROYECTO ROCIO PIRIS DE LA PEÑA	PLANO N°: 03
ESCALA 1 / 500			



Disposición luminarias			
Referencia plano	Tipo de luminaria	Actuación	Régimen de alumbrado
	Proyector LED BRG	Propuesta	Refuerzo
	Proyector LED BRG	Propuesta	Permanente

PROYECTO DE EJECUCION DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA E INSTALACION DE ILUMINACION LED EN UN TUNEL DE CARRETERA			
SITUACIÓN:	TUNEL DE VALLADARES		
FECHA	PLANO DE:	AUTORA DEL PROYECTO	PLANO N°:
07 - 08 - 2023	DISTRIBUCION ALUMBRADO SITUACION PROPUESTA	ROCIO PIRIS DE LA PEÑA	04
ESCALA			
1 / 500			



DATOS GENERALES INSTALACION FOTOVOLTAICA		PROYECTO DE EJECUCION DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA E INSTALACION DE ILUMINACION LED EN UN TUNEL DE CARRETERA			
Identificacion	Unidades	TUNEL DE VALLADARES			
Panel fotovoltaico	288	SITUACIÓN:			
Strings	16	FECHA	PLANO DE:	AUTORA DEL PROYECTO	PLANO N°:
Paneles por string	18	07 - 08 - 2023	INSTALACION FOTOVOLTAICA	ROCIO PIRIS DE LA PEÑA	05
Inversores	2	ESCALA			
Strings por inversor	8	1 / 300			

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

DOCUMENTO 3. PLIEGO DE CONDICIONES

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

1. Objeto

Las obras incluidas en el presente documento tienen como objetivo mejorar la eficiencia energética en las instalaciones del túnel de Valladares, situado en la carretera de Vigo VG-20, en la provincia de Pontevedra. Con ello se pretende impulsar la sostenibilidad económica, reducir la dependencia energética de los combustibles fósiles y promover la eficiencia energética en la industria.

En primer lugar, respecto al alumbrado, se propone la sustitución de las luminarias actuales por luminarias de tecnología LED. En segundo lugar, en cuanto a la instalación de sistemas de generación de energía eléctrica para autoconsumo, se plantea instalar una planta fotovoltaica dentro del dominio público de la autovía y próximo al CGBT que alimenta el túnel en cuestión.

En este apartado, se define la normativa que deberá cumplir la instalación de acuerdo con:

- El “Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red” publicado por el IDAE para las instalaciones de energía solar fotovoltaica ([46]).
- La “Guía Profesional de Tramitación del Autoconsumo” del IDAE ([47]).
- El documento de “Requerimientos técnicos exigibles para luminarias con tecnología LED de alumbrado exterior” creado por el CEI y a iniciativa del IDAE ([48]).

Así, el ámbito de aplicación de este pliego se extiende a todos los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de las instalaciones.

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

2. Normativa

Siguiendo la Guía Profesional de Tramitación del Autoconsumo del IDAE y el documento de Requerimientos técnicos exigibles para luminarias con tecnología LED de alumbrado exterior, también del IDAE, serán de aplicación las normativas que se detallan a continuación. En el caso del primer documento, este especifica las siguientes ([47]):

- **Ley 24/2013**, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico (texto consolidado). BOE nº 310 de 27 de diciembre de 2013.
- **Ley 49/1960**, de 21 de julio, sobre propiedad horizontal (texto consolidado). BOE nº177 de 23 de julio de 1970.
- **Real Decreto-ley 15/2018**, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores. BOE nº 242 de 6 de octubre de 2018.
- **Real Decreto-ley 23/2020**, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica. BOE núm. 340, de 30/12/2020.
- **Real Decreto-ley 12/2021**, de 24 de junio, por el que se adoptan medidas urgentes en el ámbito de la fiscalidad energética y en materia de generación de energía, y sobre gestión del canon de regulación y de la tarifa de utilización del agua BOE nº 151 de 25 de junio de 2021.
- **Real Decreto-ley 19/2021**, de 5 de octubre, de medidas urgentes para impulsar la actividad de rehabilitación edificatoria en el contexto del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. BOE nº 239 de 06 de octubre de 2021.
- **Real Decreto-ley 29/2021**, de 21 de diciembre, por el que se adoptan medidas urgentes en el ámbito energético para el fomento de la movilidad eléctrica, el autoconsumo y el despliegue de energías renovables. (texto consolidado). BOE nº 305, de 22/12/2021.
- **Real Decreto-ley 6/2022**, de 29 de marzo, por el que se adoptan medidas urgentes en el marco del Plan Nacional de respuesta a las consecuencias económicas y sociales de la guerra en Ucrania. BOE nº 76, de 30 de marzo de 2022.
- **Real Decreto-ley 11/2022**, de 25 de junio, por el que se adoptan y se prorrogan determinadas medidas para responder a las consecuencias económicas y sociales de la guerra en Ucrania, para hacer frente a situaciones de vulnerabilidad social y económica, y para la recuperación económica y social de la isla de La Palma. BOE nº 152, de 26 de junio de 2022.
- **Real Decreto-ley 14/2022** de 1 de agosto, de medidas de sostenibilidad económica en el ámbito del transporte, en materia de becas y ayudas al estudio, así como de medidas de ahorro, eficiencia energética y de reducción de la dependencia energética del gas natural. BOE nº 184, de 02 de agosto de 2022.
- **Real Decreto-ley 18/2022**, de 18 de octubre, por el que se aprueban medidas de refuerzo de la protección de los consumidores de energía y de contribución a la reducción del consumo de gas natural en aplicación del «Plan + seguridad para tu energía (+SE)», así como medidas en materia de retribuciones del personal al servicio del sector público y de protección de las personas trabajadoras agrarias eventuales afectadas por la sequía. BOE nº 251, de 19 de octubre de 2022.

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

- **Real Decreto-ley 20/2022**, de 27 de diciembre, de medidas de respuesta a las consecuencias económicas y sociales de la Guerra de Ucrania y de apoyo a la reconstrucción de la isla de La Palma y a otras situaciones de vulnerabilidad. BOE nº 311, de 28 de diciembre de 2022.
- **Real Decreto 900/2015**, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo. BOE nº 423 de 10 de octubre de 2015.
- **Real Decreto 244/2019**, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. BOE nº 83 de 6 de abril de 2019.
- **Real Decreto 1955/2000**, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica (texto consolidado). BOE nº 310 de 27 de diciembre de 2000.
- **Real Decreto 842/2002**, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión (texto consolidado). BOE nº 224 de 18 de septiembre de 2002.
- **Real Decreto 1110/2007**, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico (texto consolidado). BOE nº 224 de 18 de septiembre de 2007.
- **Real Decreto 1699/2011**, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia. BOE nº 3295 de 8 de diciembre de 2011.
- **Real Decreto 1048/2013**, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de distribución de energía eléctrica. BOE nº 312 de 30 de diciembre de 2013.
- **Real Decreto 337/2014**, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23. BOE nº 139 de 9 de junio de 2014.
- **Real Decreto 413/2014**, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos. BOE nº 140 de 10 de junio de 2014.
- **Real Decreto 647/2020**, de 7 de julio, por el que se regulan aspectos necesarios para la implementación de los códigos de red de conexión de determinadas instalaciones eléctricas. BOE nº 187, de 08 de julio de 2020.
- **Real Decreto 1183/2020**, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica. BOE nº 187, de 08 de julio de 2020.
- **Real Decreto Legislativo 2/2004** de 5 de marzo por el que se aprueba el texto refundido de la Ley Reguladora de las Haciendas Locales. BOE nº 59 de 9 de marzo de 2004.
- **Orden TED/749/2020**, de 16 de julio, por la que se establecen los requisitos técnicos para la conexión a la red necesarios para la implementación de los códigos de red de conexión (texto consolidado). BOE nº 208 de 01 de agosto de 2020.
- **Orden TED/1247/2021**, de 15 de noviembre, por la que se modifica, para la implementación de coeficientes de reparto variables en autoconsumo colectivo, el

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

anexo I del Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. BOE nº 274 de 16 de noviembre de 2021.

- **Circular 1/2021**, de 20 de enero, de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, por la que se establece la metodología y condiciones del acceso y de la conexión a las redes de transporte y distribución de las instalaciones de producción de energía eléctrica. BOE nº 19, de 22 de enero de 2021.
- **Reglamento (UE) 2016/631 DE LA COMISIÓN** de 14 de abril de 2016 que establece un código de red sobre requisitos de conexión de generadores a la red y su Corrección de errores.
- **Norma técnica** de supervisión de la conformidad de los módulos de generación de electricidad según el Reglamento UE 2016/631. Versión 2.1.

Específicamente, y según el documento de Requerimientos técnicos exigibles para luminarias con tecnología LED de alumbrado exterior, para las luminarias de tecnología led de alumbrado exterior aplicarán las siguientes ([48]):

- **Real Decreto 187/2016**, de 6 de mayo, por el que se regulan las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión. Por el que se traspone la DIRECTIVA 2014/35/UE sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de comercialización de material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.
- **Real Decreto 186/2016**, de 6 de mayo, por el que se regula la compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos. Por el que se traspone la DIRECTIVA 2014/30/UE sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética.
- **Real Decreto 219/2013**, de 22 de marzo, sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos.
- **Real Decreto 187/2011**, de 18 de febrero, relativo al establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía Reglamento Nº 1194/2012 de la Comisión de 12 de diciembre de 2012, por el que se aplica la Directiva de Ecodiseño 2009/125/CE a las lámparas direccionales, lámparas LED y sus equipos. Incluidas sus modificaciones posteriores.
- **Real Decreto 1890/2008**, que aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07 y su Guía de Interpretación.
- **Real Decreto 842/2002** por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus instrucciones Técnicas Complementarias ITC-BT-01 a ITC-BT-51.
- **Reglamento (UE) 2019/2020.**
- **Reglamento Delegado (UE) 2019/2015.**
- **Legislación autonómica y local aplicable.**

A su vez, deberán cumplir con ciertos requisitos de seguridad ([48]):

- **UNE EN 60598-1 Luminarias.** Requisitos generales y ensayos.
- **UNE EN 60598-2-3 o UNE EN 60598-2-5 Luminarias.** Requisitos particulares. Luminarias de alumbrado público o proyectores.
- **UNE EN 62471** Seguridad fotobiológica de lámparas y aparatos que utilizan lámparas, o por su norma de aplicación IEC/TR 62778.

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

- **Certificado sobre el grado de hermeticidad de la luminaria:** conjunto óptico y general, según norma UNE-EN 60598. (Este ensayo puede incluirse también en los requisitos de seguridad de la luminaria).
- **Ensayo de grado de protección contra los impactos mecánicos externos según norma UNE-EN 62262.** (Este ensayo puede incluirse también en los requisitos de seguridad de la luminaria).

Respecto a la compatibilidad electromagnética aplicarán ([48]):

- **UNE-EN 61000-3-2.** Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 3-2: Límites. Límites para las emisiones de corriente armónica (equipos con corriente de entrada 16 A por fase).
- **UNE-EN 55015.** Límites y métodos de medida de las características relativas a la perturbación radioeléctrica de los equipos de iluminación y similares.
- **UNE-EN 61547.** Equipos para alumbrado de uso general. Requisitos de inmunidad CEM.

Por último, con respecto a los componentes de las luminarias ([48]):

- **UNE-EN 62031.** Módulos LED para alumbrado general. Requisitos de seguridad. (Este ensayo puede incluirse también en los requisitos de seguridad de la luminaria).
- **UNE-EN 61347-2-13.** Dispositivos de control de lámpara. Parte 2-13: Requisitos particulares para dispositivos de control electrónicos alimentados con corriente continua o corriente alterna para módulos LED.
- **UNE-EN 62384.** Dispositivos de control electrónicos alimentados en corriente continua o corriente alterna para módulos LED. Requisitos de funcionamiento.

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

3. Componentes y materiales iluminación led

3.1. Generalidades

El rápido avance de la tecnología LED y su extendida adopción por la sociedad para alumbrado exterior ha fomentado la incorporación al mercado de estos productos como alternativa a las luminarias convencionales. Gracias a estos avances tecnológicos, actualmente es factible y realista contar con instalaciones mucho más eficientes energéticamente que las convencionales, así como con bajos costes de mantenimiento y largas vidas útiles.

Es importante mencionar que todos los productos deben llevar el certificado “CE”, el cual garantiza que dicho elemento cumple con las leyes aplicables y la normativa vigente en ese momento.

3.2. Proyector led

Los materiales de la carcasa del proyector led deberán ser los recogidos en el documento “Requerimientos técnicos exigibles para luminarias con tecnología LED de alumbrado exterior” del CEI-IDEA, los cuales son los que figuran a continuación:

Figura 40: Proyector led



Fuente: SETGA ([49])

“Fundición de aluminio inyectado de aleación del tipo EN AC-43000, EN AC-43100, EN AC 43400, EN AC 44100, EN AC 44300, EN AC 47100 según la norma UNE EN 1706 o extrusión de aluminio tipo EN AW 6063 según la norma EN 755-9 y EN 12020 con tratamiento térmico mínimo T5/T6 según la norma EN 755-2:2009 y anodizado o aluminio laminado tipo EN AW 5754 según la norma EN 485-2 o de acero inoxidable AISI-304 - 316 o de polímero técnico de alta calidad estabilizado a radiaciones UV según UNE-EN ISO 4892-3:2014” ([48]).

Además, según la normativa del CEI ([48]), las características técnicas mínimas de los proyectores deberán contar con las siguientes especificaciones:

- Posibilidad de reemplazar independientemente los componentes integrados, como el bloque óptico (modulo y lente) y los equipos auxiliares.
- La luminaria deberá contar con al menos 3 distribuciones fotométricas distintas, incluyendo al menos una asimétrica frontal.
- El grado de protección de la luminaria deberá ser, como mínimo, IP66.
- El grado de protección mínimo de la luminaria deberá ser, como mínimo, IK08.
- El flujo hemisférico superior instalado máximo permitido (FHSinst) es del 3 %.
- La eficacia mínima de la luminaria (lm/W) varía en función del tipo del

**PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA**

LED, según se muestra a continuación:

Tabla 55: Eficacia mínima de la luminaria (lm/W)

TIPO DE LED	lm/W (CRI 70)	lm/W (CRI 80)
LED 3000K	115	105
LED 2700K	95	85
LED 2200K	85	75
LED 1800K	80	-
LED ÁMBAR	70 (No tiene CRI)	

Fuente: Elaboración propia a partir de ([48])

Cumplirán con las especificaciones fijadas en el Anexo X. Ficha técnica del proyector LED (SETGA BRIGO).

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

4. Componentes y materiales instalación fotovoltaica

4.1. Generalidades

La planta fotovoltaica instalada deberá estar provista de todos los componentes necesarios para su correcto funcionamiento, garantizando así el adecuado funcionamiento del túnel y del suministro eléctrico. De esta manera, la instalación fotovoltaica (así como la de alumbrado, cuyos requerimientos se detallan a continuación) podrán operar normalmente, es decir, sin incidentes en el túnel, averías en la red, pérdida de seguridad o alteraciones en su funcionamiento normal.

Es importante además resaltar que se deberá salvaguardar en todo momento la seguridad del personal de mantenimiento durante la explotación de estas instalaciones. Para ello, la instalación deberá contar con todos los elementos necesarios para la seguridad y protección de las personas.

Por otra parte, los materiales utilizados deberán cumplir con las especificaciones técnicas descritas en la memoria y en este pliego, teniendo además que contar con el certificado "CE".

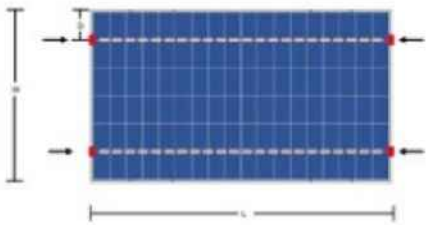
4.2. Generador fotovoltaico

Las características técnicas de los módulos fotovoltaicos deberán estar alineadas con las especificaciones indicadas por el fabricante en su ficha técnica y en el manual de instalación.

Los módulos solares deberán instalarse sin tensión en los puntos designados con, al menos, cuatro grapas o cuatro tornillos. Debido a la expansión térmica, se debe mantener una distancia mínima de 10 mm entre los módulos. Además, es necesario verificar que los cables de conexión de los módulos no estén sujetos a ningún tipo de tensión mecánica.

Así, SOLYCO especifica el siguiente montaje para los módulos:

Figura 41: Montaje de módulos fotovoltaicos

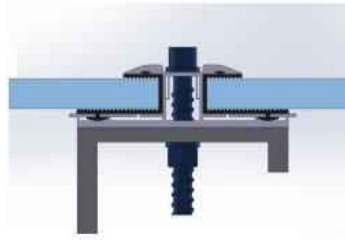
Descripción general	Descripción
	Los módulos se fijan al carril del módulo en las posiciones de montaje especificadas en el lado corto mediante abrazaderas de módulo. El riel del panel corre paralelo a los lados largos.

Fuente: SOLYCO ([50])

Para ello, se usarán las sujeciones previstas en la imagen adjunta a continuación, cumpliendo con las siguientes especificaciones, según el fabricante (Anexo IV. Instrucciones de instalación y montaje del módulo solar - [50]).

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Figura 42: Sujeción para los módulos



Fuente: SOLYCO ([50])

- El par de apriete de los tornillos deberá ser de 16 – 20 Nm.
- Los terminales deberán ser de al menos 10 mm en los módulos.
- Los terminales deben tener una longitud de inserción de, como mínimo, 150 mm.
- Se deberá asegurar que los terminales del módulo no produzcan ningún efecto de sombreado.
- Se deberán utilizar al menos cuatro abrazaderas para fijar los módulos a los rieles de montaje de la estructura de soporte.

De acuerdo con la ficha técnica del fabricante los módulos (SOLYCO), los módulos fotovoltaicos proyectados deberán cumplir con las siguientes certificaciones:

- IEC 61215:2016 (Fiabilidad del módulo).
- IEC 61730:2016 (Seguridad del módulo).
- IEC TS 62804-1:2015 (Resistencia PID).
- IEC 61701:2020 (Resistencia a la niebla salina).

Las características constructivas serán, como mínimo, las contenidas en las especificaciones fijadas en el Anexo III. Ficha técnica del módulo solar (SOLYCO C-TG 144p.2/450) y en el Anexo IV. Instrucciones de instalación y montaje del módulo solar

4.3. Estructura soporte

Las estructuras soporte deberán cumplir las especificaciones contempladas en este apartado. Tal y como se adelantó en la Figura 38, se ha elegido al fabricante Sunfer para las estructuras de soporte.

Figura 43: Soporte de los paneles



Fuente: Sunfer ([44])

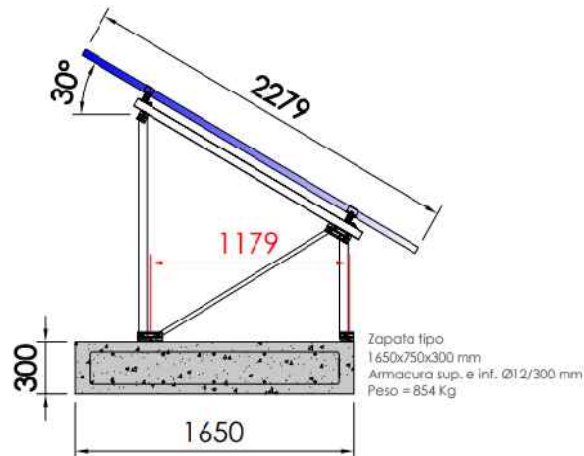
La estructura soporte deberá ser lo suficientemente resistente como para soportar las sobrecargas de viento y nieve una vez que los módulos estén colocados, y deberá cumplir con la norma EN1090-3.

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Además, el fabricante recalca que su diseño y construcción, así como el sistema de fijación de módulos, deberán estar dimensionados para que, aun en caso de dilatación térmica, no se ejerzan cargas que puedan dañar a los módulos.

La base de hormigón para la sujeción de la estructura contará con las siguientes dimensiones:

Figura 44: Base de hormigón del soporte de los paneles



Fuente: Sunfer ([44])

El diseño de la estructura para el generador fotovoltaico se llevará a cabo considerando la orientación y el ángulo de inclinación indicados en los cálculos, teniendo en cuenta la conveniencia de un montaje y desmontaje sencillo, así como la posibilidad de reemplazar algún componente si es necesario.

De esta manera, la estructura deberá estar correctamente alineada y cumplirá con las especificaciones fijadas en el Anexo VI. Ficha técnica del soporte (Sunfer Energy 40V) y en el Anexo VII. Montaje del soporte.

4.4. Inversores

Los inversores deberán poderse conectar a la red eléctrica y tener una potencia de entrada variable, para así poder aprovechar al máximo la potencia generada por el panel fotovoltaico durante el transcurso del día.

Figura 45: Inversor seleccionado



Fuente: Fronius ([38])

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

De acuerdo con la ficha técnica del fabricante (Fronius), los inversores proyectados deberán cumplir con las siguientes certificaciones:

- VDE-AR-N 4105, VDE-AR-N 4110, VDE 0126-1-1
- IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727 R25,
- AS/NZS 4777
- CEI 0-16, CEI 0-21
- EN 50549-1/-2

Asimismo, los inversores deberán adherirse a las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética (que son certificadas por el fabricante). También deberán incluir protecciones contra:

- Cortocircuitos en corriente alterna.
- Sobretensiones de red.
- Frecuencia de red fuera de los límites establecidos.
- Perturbaciones en la red.

Se deberá respetar la Directiva 2004/108/CE del Parlamento Europeo y del Consejo del 15 de diciembre de 2004, relacionada con la armonización de las legislaciones de los Estados miembros sobre compatibilidad electromagnética.

Es necesario recalcar también la importancia de que los inversores cuenten con las indicaciones necesarias para que así su supervisión y manejo sean adecuados. Contarán con un grado de protección mínimo IP 20 y, según el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red ([46]), deberán disponer de al menos los siguientes controles manuales:

- Encendido y apagado general del inversor.
- Conexión y desconexión del inversor a la interfaz CA.

En cuanto a las condiciones atmosféricas de trabajo, los inversores deberán poder operar en entornos con temperaturas de entre 0 °C y 40 °C y humedades relativas de entre 0 % y 85 %, cumpliendo además con las especificaciones fijadas en el Anexo V. Ficha técnica del inversor (Fronius Tauro 50-3-D).

4.5. Cableado

4.5.1. Cableado de corriente continua

El cableado de corriente continua deberá estar formado por conductores fabricados en cobre flexible, y deberán contar con una sección apropiada para prevenir caídas de tensión y calentamientos, máxima resistencia al agua y una tensión asignada de 1/1 kV_{DC}. Así, se deberá dimensionar su sección para que la caída de tensión no supere el 1,4 %. En cuanto a la longitud del cable, esta deberá ser tal que no existan esfuerzos y se prevenga el riesgo de enganche causado por el tráfico habitual de personas.

El cableado de corriente continua deberá ser de doble aislamiento y apropiado para su uso en el exterior, de acuerdo con lo establecido en la normativa UNE 21123 y similar al de la siguiente imagen:

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

Figura 46: Cable de corriente continua

PRYSMIAN PRYSOLAR - H1Z2Z2-K

Tensión asignada: 1,0/1,0 kV (1,2/1,2 kVac máx.) (1,8/1,8 kVdc máx.)
Norma diseño: UNE-EN 50618 / IEC 62930
Designación genérica: H1Z2Z2-K



Fuente: Prysmian Group ([51])

Según la ficha técnica del fabricante elegido (Prysmian Group), se sabe que el cableado proyectado deberá cumplir con las siguientes certificaciones:

- No propagación de la llama: UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2; NFC 32070-C2.
- Libre de halógenos: IEC 62821-1 Anexo B, UNE-EN 50525-1 Anexo B.
- Baja opacidad de humos: UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.

Cumplirán con las especificaciones fijadas en el Anexo VIII. Ficha técnica del cableado de CC (PRYSMIAN PRYSOLAR – H1Z2Z2-K).

4.5.2. Cableado de corriente alterna

El cableado de corriente alterna consistirá en conductores de cobre con una sección suficiente para prevenir caídas de tensión superiores al 0,1 %, así como sobrecalentamientos. Asimismo, la longitud del cable deberá ser tal que no existan esfuerzos y se prevenga el riesgo de enganche causado por el tráfico habitual de personas.

El cableado de alterna será de doble aislamiento y adecuado para su uso en interiores, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123 y similar al de la siguiente imagen.

Figura 47: Cable de corriente alterna

AFUMEX CLASS 1000 V (AS) - RZ1-K (AS)



Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21123-4
Designación genérica: RZ1-K (AS)



Fuente: Prysmian Group ([52])

Así, y siguiendo la ficha técnica del fabricante (Prysmian Group), el cableado proyectado deberá cumplir con las siguientes certificaciones:

- Clase de reacción al fuego (CPR): Cca-s1b,d1,a1.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo: UNE-EN 60332-1-2; UNE-EN 50399; UNE-EN 60754-2; UNE-EN 61034-2.

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

Cumplirán con las especificaciones fijadas en el Anexo IX. Ficha técnica del cableado de CA (AFUMEX CLASS 1000V (AS) – RZ1-K (AS)).

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

5. Ejecución de las instalaciones

Aparte de tener en cuenta las especificaciones anteriormente detalladas, se considerarán las siguientes cuestiones:

- El instalador le dará al usuario un comprobante donde se encuentre detallada la recepción de los componentes y materiales, así como los manuales de uso e instrucciones sobre el mantenimiento de la instalación. Ambas partes firmarán este recibo y cada uno conservará una copia. Además, para garantizar la correcta comprensión del mismo, será necesario que los manuales entregados estén disponibles en al menos una de las lenguas oficiales de España.
- Antes de poner en funcionamiento todos los componentes de la instalación (tales como módulos e inversores), será necesario simular su funcionamiento mediante pruebas en la fábrica, cuyos resultados se documentarán en un informe adjunto a los certificados de calidad.
- En línea con el anterior punto y según el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red ([46]), el instalador deberá realizar las siguientes pruebas para asegurar el correcto funcionamiento de los componentes:
 - Realización de pruebas de arranque y de parada de todos los elementos.
 - Verificación del funcionamiento y puesta en marcha de la instalación.
 - Ejecución de pruebas para garantizar el correcto funcionamiento de las medidas de protección, seguridad y alarma.

Además, se deberá:

- Prestar atención y cuidar la calidad y estado de los elementos de la instalación.
- Comprobar que la instalación cumple con su objetivo correctamente.
- Verificar el disparo de los elementos de protección.
- Garantizar la accesibilidad de todos los elementos para facilitar su mantenimiento.
- Gestionar los trámites legales necesarios para la puesta en marcha de la instalación.
- Revisar la red de tierras y asegurar el correcto funcionamiento de los circuitos de control automático.

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

DOCUMENTO 4. PRESUPUESTO

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

1. Presupuesto de la instalación de luminarias led

En este apartado se desglosa la partida del presupuesto destinado a la sustitución de las luminarias actuales por luminarias de tecnología led. Así, se adjunta una tabla donde se desglosa dicho presupuesto en todos los gastos incurridos. Para la obtención de la mayoría de los importes de las partidas se ha recurrido a la Base de precios de referencia de la Dirección General de Carreteras ([53]).

Tabla 56: Presupuesto iluminación led

		Uds.	Precio unitario	Precio total
1.1.	PROYECTOR LED 270 W, 36000 lm Y 4000 K Suministro y montaje de proyector led, hasta 36000 lm y 270 W, flujo de salida mínimo de 120 lm/W. Con regulación DALI.	231	640,34 €	147.918,54 €
1.2.	PROYECTOR LED 270 W, 36000 lm Y 4000 K Suministro y montaje de proyector led, hasta 36000 lm y 270 W, flujo de salida mínimo de 120 lm/W. Con regulación DALI.	270	640,34 €	172.891,80 €
1.3.	DESMONTAJE PROYECTORES EXISTENTES Desmontaje de proyectores existente incluyendo limpieza y medios de elevación.	501	79,00 €	39.579,00 €
1.4.	CAJA DE DERIVACION DE PVC CON FUSIBLES Suministro e instalación de caja de PVC con fusibles, así como todos los elementos necesarios para su correcta instalación.	501	35,00 €	17535,00 €
1.5.	PUESTA EN MARCHA Y DOCUMENTACIÓN Preparación de la documentación final de obra y puesta en marcha, prueba de los componentes, identificación de luminarias, definición de los parámetros operacionales de la instalación.	1	1.642,45 €	1.642,45 €
Presupuesto iluminación led:				379.566,79€

Fuente: Elaboración propia

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

2. Presupuesto de la instalación de la planta fotovoltaica

A continuación, se muestra una tabla con el desglose del presupuesto para la instalación de la planta solar fotovoltaica.

Tabla 57: Presupuesto planta solar fotovoltaica

		Uds.	Precio unitario	Precio total
2.1.	MÓDULO FOTOVOLTAICO, ESTRUCTURA Y SOPORTE Panel solar Monocristalino Bifacial de 450Wp, Tamaño: 2094 x 1038 x 35 mm, Eficiencia > 20 %, (Vmp) 41,03 V, (Imp) 10,97 A, tensión en circuito abierto (Voc) 49,33 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 11,41 A. Incluso estructura soporte para inclinación de formado por perfilera de aluminio. Montaje perfilera y fijación de los módulos.	244	563,66 €	137.533,04 €
2.2.	INVERSOR TRIFÁSICO Suministro e instalación de sistema de regulación, transformación y adaptación de corriente D.C./A.C. en B.T.	2	8.950,02 €	17.900,04 €
2.3.	CABLE RZ1-K (AS) 1X35mm². INVERSOR A CGBT Suministro e instalación de cable, denominación técnica RZ1-K (AS), sección 1X35mm ² de cobre para la interconexión entre el inversor y el CGBT.	20	7,92 €	158,40 €
2.4.	CABLE H1Z2Z2-K 1x6mm² MÓDULOS FOTOVOLTAICOS A INVERSOR Suministro e instalación de cable, denominación técnica H1Z2Z2-K, sección 1x6mm ² de cobre para la interconexión entre paneles e inversor.	1586	3,37 €	5.344,82 €
2.5.	TUBO PVC Suministro e instalación de tubo de policarbonato necesario para protección del cableado.	793	8,95 €	7.097,35 €
2.6.	PUESTA EN MARCHA Puesta en marcha de la instalación fotovoltaica, incluyendo la configuración del inversor por el fabricante y la tramitación completa de la documentación necesaria para su puesta en marcha.	1	3.900,40 €	3.900,40 €
Presupuesto planta fotovoltaica:				171.934,05 €

Fuente: Elaboración propia

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA

3. Presupuesto total

Para realizar el presupuesto total del proyecto, es imprescindible considerar más allá de las partidas específicas que lo componen. De esta manera, una vez definidas ambas partes del proyecto (la iluminación led y la planta fotovoltaica), conviene incorporar dos elementos esenciales que influyen en la viabilidad del proyecto.

Por una parte, se encuentran los **gastos generales de ejecución**. Estos están asociados a los gastos de la estructura interna de la empresa contratista. Es decir, son gastos que, aunque no estén relacionados directamente con el proyecto en sí, son necesarios para que este se desarrolle correctamente y son derivados de la actividad del contratista. Por otra parte, el **beneficio industrial** hace referencia al margen de beneficio que el contratista espera obtener como retorno por su inversión al ejecutar el proyecto.

Con todo ello, se obtiene un presupuesto total de 656.286 € (sin incluir el IVA).

Tabla 58: Presupuesto total

Capítulo 1. Iluminación led	
1.1. Proyector led máx. 270 W	147.918,54 €
1.2. Proyector led máx. 270 W	172.891,80 €
1.3. Desmontaje proyectores existentes	39.579,00 €
1.4. Caja de conexiones con fusibles	17.535,00 €
1.5. Puesta en marcha y documentación	1.642,45 €
Total Capítulo 1:	379.566,79 €
Capítulo 2. Planta fotovoltaica	
2.1. Módulo fotovoltaico, estructura y soporte	137.533,04 €
2.2. Inversor conexión red con módulo de datos	17.900,04 €
2.4. Cable RZ1-K (AS) 1x35mm ² línea evacuación hasta cuadro general fotovoltaica	158,40 €
2.5. Cable ZZ-F1(AS) 1x6mm ² módulos fotovoltaicos	5.344,82 €
2.6. Tubo PVC	7.097,35 €
2.7. Puesta en marcha	3.900,40 €
Total Capítulo 2:	171.934,05 €
Total ejecución material:	551.500,84 €
Gastos generales (13 %)	71.695,11 €
Beneficio industrial (6 %)	33.090,05 €
Total sin IVA	656.286,00 €

Fuente: Elaboración propia

*PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA
E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN LED EN UN TÚNEL DE CARRETERA*
