PROYECTO MODIFICADO Nº 1 DE RECUPERACIÓN DEL CAMINO NATURAL DE LA VERTIENTE SUR DEL PIRINEO (TRAMO DEL TREN IRATI)

ANEJO Nº 16 ILUMINACIÓN DEL TÚNEL DE LA FOZ DE LUMBIER

INDICE

INDICE 3
1. OBJETO 4
1.1. Antecedentes 4
2. DESCRIPCIÓN DE LA ACTUACIÓN 4
3. NUEVO DISEÑO 5
3.1. Subsistema 1. Generación y almacenamiento. 6
3.2. Subsistema 2. Alimentación y control del alumbrado. 6
3.3. Subsistema 3: Alarma e intrusión 7
4. APÉNDICE 1: MEMORIA JUSTIFICATIVA MODIFICADO 8
5. APÉNDICE 2: ESTUDIO ILUMINACIÓN 9
6. APÉNDICE 3: PLANOS 10

1. OBJETO

El presente anejo tiene por objeto definir las características técnicas de la instalación de iluminación proyectada para el túnel de la Foz de Lumbier, correspondiente al Camino Natural de la Vertiente Sur del Pirineo (Tramo del Tren Irati), incorporadas al presente Proyecto Modificado.
La actuación afecta únicamente al segundo túnel, entre los Pk 35+20 a PK.35+200 (nuevos Pk 35+490/Pk 35+670).

1.1. *Antecedentes*

El proyecto original contemplaba la instalación de un sistema de iluminación en el túnel sur de la Foz de Lumbier (PK 35+020 - PK 35+200), alimentado mediante energía fotovoltaica, mientras que el túnel norte (PK 33+890 - PK 34+040) no disponía de iluminación artificial al considerarse suficiente la iluminación natural.
La modificación del proyecto se redacta como consecuencia de las conclusiones recogidas en el Informe de Valoración de la influencia de la iluminación del túnel de la Foz de Lumbier sobre las colonias de murciélagos presentes en la zona, concluyéndose la necesidad de redefinir la solución inicialmente prevista para minimizar la afección sobre estas especies protegidas.
En particular, el informe técnico señala que la propuesta inicial presenta niveles máximos de iluminancia excesivamente elevados, alcanzando valores de hasta 735 lux, susceptibles de provocar una alteración significativa del comportamiento de las colonias e incluso el abandono del refugio.
La modificación proyectada recoge una alternativa a la iluminación inicial, que cumple con los requerimientos medioambientales, y permite compatibilizar la seguridad de los usuarios con la conservación de la fauna presente, manteniendo únicamente los niveles mínimos de iluminación necesarios para el tránsito seguro.

2. DESCRIPCIÓN DE LA ACTUACIÓN

La solución adoptada consiste en la implantación de un sistema autónomo de iluminación alimentado mediante energía fotovoltaica y gestionado mediante detección de presencia.
Las principales características de la instalación son:

- Alimentación mediante paneles solares y baterías.
- Utilización de luminarias LED de bajo consumo.
- Encendido automático mediante detectores de presencia.
- Funcionamiento sectorizado por nodos de control.
- Orientación del flujo luminoso exclusivamente hacia el firme.
- Instalación de balizas a baja altura en los hastiales del túnel.
- Sistema de monitorización remota.
- Sistema de protección frente a actos vandálicos e intrusión



3. NUEVO DISEÑO

La solución proyectada se concibe como una instalación autónoma, robusta y modular, capaz de proporcionar servicio de iluminación bajo demanda, supervisión remota y protección frente a accesos no autorizados o aperturas indebidas de armarios y nodos de campo.

La instalación se organiza en torno a un sistema principal de generación fotovoltaica y acumulación en baterías, que alimenta un inversor 24 Vdc / 230 Vac. A partir de dicho inversor se distribuye la energía en corriente alterna a la red de alumbrado del túnel y a los distintos nodos de control.

El alumbrado se resuelve mediante balizas de baja potencia alimentadas a 230 Vac, distribuidas a lo largo del túnel. Su activación se realiza por sectores o nodos, gobernados por detectores PIR exteriores, fuentes de alimentación auxiliares, relés temporizados y protecciones locales.

Complementariamente, la instalación incorpora un subsistema de alarma e intrusión con central dedicada, teclado, expansores, sirenas, comunicaciones 4G y lazos de tamper, con objeto de proteger el armario principal, nodos y elementos estratégicos de la instalación.

El sistema está formado por tres subsistemas:

3.1. Subsistema 1. Generación y almacenamiento.

Finalidad:

Este subsistema tiene como finalidad asegurar el suministro energético autónomo de la instalación, garantizando la disponibilidad de energía para alumbrado, control y seguridad sin dependencia de red exterior.

Equipos principales:

Los elementos básicos considerados en este subsistema son:

- 2 módulos fotovoltaicos bifaciales TOPCon de 720 Wp.
- Columna acero galvanizado de 6 m de altura, con cruceta para soporte y fijación de módulos FV.
- 1 regulador MPPT principal.
- Protección contra sobretensiones en continua.
- Seccionador DC 2P.
- 4 baterías GEL de ciclo profundo de 12 V y 220 Ah.
- Interconexión de baterías, regulador e inversor.
- 1 inversor principal 24 Vdc / 230 Vac.
- Protección general de salida AC mediante magnetotérmico, diferencial selectivo y SPD en alterna.
- Embarrado y distribución DC.
- Sensores de batería y equipo de monitorización.
- Interruptor ON/OFF para bypass horario.
- Armario principal exterior IP66 y sistema de puesta a tierra.

3.2. Subsistema 2. Alimentación y control del alumbrado.

Finalidad:

Este subsistema tiene por objeto distribuir la energía en alterna a lo largo del túnel y gestionar el encendido local del alumbrado mediante nodos autónomos de detección y temporización.

Equipos principales:

Se incluyen como equipos fundamentales:

- 90 (74 túnel 150) balizas de 3000 K, IP55, 230 Vac, 1,7 W.
- 90 (74 túnel 150) cajas de registro para baliza.
- 18 (16 túnel 150) cajas nodales de seguridad con cerradura.
- 18 (16 túnel 150) detectores PIR exteriores de 180° con discriminación animal.
- 18 (16 túnel 150) fuentes nodales 230/12 Vcc para alimentación de detector y relé.
- 18 (16 túnel 150) relés temporizados nodales.
- 18 (16 túnel 150) protecciones nodales magnetotérmicas y diferenciales.
- Microswitch de tamper en nodos.
- Canalización principal en tubo de acero rígido y flexible Ø32 mm.
- Cableado principal de alimentación y derivaciones a balizas.

- Soportes, anclajes y pequeño material eléctrico.

3.3. Subsistema 3: Alarma e intrusión

Finalidad:

Este subsistema se diseña para proteger el armario principal, los nodos de campo y los elementos sensibles de la instalación frente a apertura no autorizada, sabotaje o intrusión.

Equipos principales:

Los equipos básicos incluidos son:

- Central de intrusión con comunicación LAN/Ethernet.
- Teclado cableado de operación.
- Fuente DC/DC 24/12 V para alimentación de la central.
- 4 tarjetas expansoras de 8 zonas / 4 salidas.
- Router 4G LTE para comunicaciones remotas.
- 4 sirenas cableadas.
- Canalizaciones metálicas Ø25 mm.
- Cable de alimentación, cable de datos RS-485 y cableado auxiliar de campo.
- Lazos de tamper y pequeño material de conexionado.

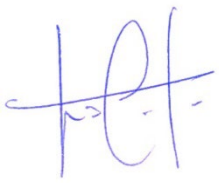
Madrid, septiembre 2026

El Director de Obra



Fdo. Juan Manuel Alameda Villamayor
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

El autor del proyecto modificado



Fdo. Luis Cañada López
Ingeniero Agrónomo

4. APÉNDICE 1: MEMORIA JUSTIFICATIVA MODIFICADO

MEMORIA JUSTIFICATIVA ILUMINACIÓN TUNELES
Proyecto MODIFICADO DE RECUPERACIÓN DEL CAMINO NATURAL DE LA VERTIENTE SUR DEL PIRINEO (TRAMO DEL TREN IRATI)

1. Objeto

La presente memoria tiene por objeto justificar la solución adoptada para la instalación del sistema autónomo de alumbrado, control y seguridad del túnel, estructurada en tres subsistemas funcionales: generación y almacenamiento de energía, alimentación y control del alumbrado, y alarma e intrusión.

La solución proyectada se concibe como una instalación autónoma, robusta y modular, capaz de proporcionar servicio de iluminación bajo demanda, supervisión remota y protección frente a accesos no autorizados o aperturas indebidas de armarios y nodos de campo.

2. Descripción general de la solución

La instalación se organiza en torno a un sistema principal de generación fotovoltaica y acumulación en baterías, que alimenta un inversor 24 Vdc / 230 Vac. A partir de dicho inversor se distribuye la energía en corriente alterna a la red de alumbrado del túnel y a los distintos nodos de control.

El alumbrado se resuelve mediante balizas de baja potencia alimentadas a 230 Vac, distribuidas a lo largo del túnel. Su activación se realiza por sectores o nodos, gobernados por detectores PIR exteriores, fuentes de alimentación auxiliares, relés temporizados y protecciones locales.

Complementariamente, la instalación incorpora un subsistema de alarma e intrusión con central dedicada, teclado, expansores, comunicaciones 4G y lazos de tamper, con objeto de proteger el armario principal, nodos y elementos estratégicos de la instalación.

2.1. Comparativa de solución previa Versus Solución Actual

A continuación se resume, de forma sintética, la diferencia funcional entre la solución previa del túnel y la solución actualmente adoptada.

Aspecto	Diseño previo	Diseño actual
Maniobra del alumbrado	Dos detectores en las bocas y tres pulsadores con temporización general; el encendido afecta al túnel completo durante el tiempo ajustado.	Activación por zonas mediante nodos con detector PIR de 180° y relé temporizado; solo se enciende el tramo demandado.
Comportamiento en uso	Si el tiempo de temporización vence mientras el usuario sigue dentro, puede producirse apagado del túnel hasta una nueva actuación.	El encendido acompaña al paseante o ciclista; al desplazarse se reactivan las zonas sucesivas y se evita dejar usuarios en oscuridad.
Eficiencia y explotación	Mayor dependencia de una temporización global fija.	Menor consumo útil por encendido sectorizado, pese a incorporar equipos auxiliares; se recomienda temporización de relés no superior a 10 s.
Seguridad y supervisión	Sin sistema de intrusión ni monitorización remota.	Sistema antisabotaje con central de intrusión, tampers, y router 4G; monitorización remota del sistema

		energético y de alarmas.
Generación fotovoltaica	Solución autónoma fotovoltaica con baterías e inversor.	Se mantiene el mismo criterio de alimentación fotovoltaica autónoma.
Reducción de la intensidad lumínica de los puntos de luz y el número de luminarias	No se consideraban los factores de receptividad, superponiéndose las zonas focales.	Se ajusta la intensidad lumínica y el número de balizas al mínimo para evitar la distorsión a la fauna del túnel

Conclusión. La solución actual mejora la continuidad del servicio al usuario, reduce el consumo efectivo mediante alumbrado sectorizado, añade capacidad de antisabotaje y permite supervisión remota, manteniendo el mismo principio de alimentación fotovoltaica autónoma.

3. Subsistema 1: Generación y almacenamiento

3.1. Finalidad

Este subsistema tiene como finalidad asegurar el suministro energético autónomo de la instalación, garantizando la disponibilidad de energía para alumbrado, control y seguridad sin dependencia de red exterior.

3.2. Equipos principales

Los elementos básicos considerados en este subsistema son:

- 2 módulos fotovoltaicos bifaciales TOPCon de 720 Wp.
- Columna acero galvanizado de 6 m de altura, con cruceta para soporte y fijación de módulos FV.
- 1 regulador MPPT principal.
- Protección contra sobretensiones en continua.
- 2 Seccionadores DC 2P.
- 4 baterías GEL de ciclo profundo de 12 V y 220 Ah.
- Interconexión de baterías, regulador e inversor.
- 1 inversor principal 24 Vdc / 230 Vac.
- Protección general de salida AC mediante magnetotérmico, diferencial selectivo y SPD en alterna.
- Embarrado y distribución DC.
- Sensores de batería y equipo de monitorización.
- Interruptor ON/OFF para bypass horario.
- Armario principal exterior IP66 y sistema de puesta a tierra.

3.3. Descripción funcional

La energía producida por los módulos fotovoltaicos es regulada mediante el MPPT principal y almacenada en el banco de baterías, configurado a 24 Vdc. Desde dicho banco, el inversor genera una salida monofásica de 230 Vac destinada a alimentar el sistema de alumbrado y los equipos auxiliares.

El sistema incorpora protecciones en continua y alterna, así como monitorización de baterías y comunicación interna, con el fin de mejorar la fiabilidad, la explotación y el mantenimiento.

El armario principal concentra la generación, acumulación, conversión y protección general del sistema. Dentro de este subsistema existen equipos de control específicos asociados a la gestión energética, admitiéndose programación horaria avanzada del sistema de generación y almacenamiento. Dicha programación puede implementarse mediante lógica configurable, por ejemplo a través de Node-RED, permitiendo establecer tablas horarias de tipo mensual, de forma análoga a como se realiza en instalaciones remotas de regadío.

3.4. Modos de funcionamiento

- Modo normal: producción fotovoltaica, carga de baterías y alimentación del inversor para servicio al sistema.
- Modo nocturno / sin generación: alimentación desde baterías.
- Modo supervisado: monitorización del estado del banco de baterías y de la operación general.
- Modo maniobra / bypass: actuación manual mediante interruptor previsto para operaciones de explotación o mantenimiento.
- Modo programado: operación automática conforme a programación horaria mensual o estacional definida en la lógica de control del sistema de generación.

3.5. Justificación técnica

La solución adoptada permite desacoplar la generación de la demanda instantánea, almacenar energía para servicio nocturno y disponer de una alimentación estable a 230 Vac compatible con la arquitectura del alumbrado y de los equipos de seguridad. El empleo de armario exterior IP66, protecciones dedicadas y monitorización energética refuerza la robustez de la instalación en ambiente exterior y de difícil acceso.

4. Subsistema 2: Alimentación y control del alumbrado

4.1. Finalidad

Este subsistema tiene por objeto distribuir la energía en alterna a lo largo del túnel y gestionar el encendido local del alumbrado mediante nodos autónomos de detección y temporización.

4.2. Equipos principales

Se incluyen como equipos fundamentales:

- 90 balizas de 3000 K, IP55, 230 Vac, 1,7 W.
- 90 cajas de registro para baliza.
- 18 cajas nodales de seguridad con cerradura.
- 18 detectores PIR exteriores de 180° con discriminación animal.
- 18 fuentes nodales 230/12 Vcc para alimentación de detector y relé.
- 18 relés temporizados nodales.
- 18 protecciones nodales magnetotérmicas y diferenciales.
- Microswitch de tamper en nodos.
- Canalización principal en tubo de acero rígido y flexible Ø32 mm.
- Cableado principal de alimentación y derivaciones a balizas.
- Soportes, anclajes y pequeño material eléctrico.

4.3. Descripción funcional

La salida de 230 Vac procedente del subsistema principal se distribuye longitudinalmente por el túnel mediante canalización metálica y cableado RZ1-K. A intervalos definidos se disponen nodos de control, cada uno alojado en caja de seguridad y equipado con detector PIR, fuente auxiliar, relé temporizado y protección local.

Cuando un detector identifica presencia en su zona, activa el relé temporizado del nodo, energizando el grupo de balizas asociado durante un tiempo ajustado de permanencia. De este modo, el alumbrado no permanece encendido de forma continua, sino únicamente cuando existe tránsito o presencia, optimizando el consumo energético y la autonomía del sistema.

La estructura nodal facilita además el mantenimiento, la sectorización de averías y la adaptación funcional del alumbrado a la geometría del túnel. Tanto los detectores PIR con discriminación animal como los relés temporizados nodales disponen de parametrización mediante selectores o microinterruptores físicos, por lo

que, en caso de pérdida de alimentación, la configuración establecida permanece memorizada y no se requiere reprogramación al restablecer el servicio. Como criterio de explotación, se recomienda que el tiempo de temporización de los relés no sea superior a 10 segundos, con objeto de mantener una respuesta ágil del sistema y limitar tiempos muertos innecesarios de encendido.

4.4. Modos de funcionamiento

- Modo reposo: balizas apagadas, nodos a la espera de detección.
- Modo activación nodal: encendido temporal del tramo asociado tras detección.
- Modo retardo de apagado: mantenimiento del encendido durante el tiempo programado en el relé temporizado.
- Modo mantenimiento: actuación local sobre nodo, protecciones y cableado.
- Modo incidencia: disparo de protecciones nodales o pérdida de alimentación sectorizada.

4.5. Justificación técnica

La solución descentralizada por nodos reduce la longitud de circuitos de mando, mejora la mantenibilidad y permite una respuesta localizada ante el paso de usuarios. El uso de detectores PIR exteriores con discriminación animal ayuda a limitar activaciones indebidas, mientras que los relés temporizados suavizan la explotación y evitan maniobras excesivamente rápidas de encendido/apagado.

Las canalizaciones metálicas, cajas con cerradura, protecciones diferenciales por nodo y cableado libre de halógenos incrementan la seguridad y la durabilidad de la instalación en entorno agresivo.

5. Subsistema 3: Alarma e intrusión

5.1. Finalidad

Este subsistema se diseña para proteger el armario principal, los nodos de campo y los elementos sensibles de la instalación frente a apertura no autorizada, sabotaje o intrusión.

5.2. Equipos principales

Los equipos básicos incluidos son:

- Central de intrusión con comunicación LAN/Ethernet.
- Teclado cableado de operación.
- Fuente DC/DC 24/12 V para alimentación de la central.
- 4 tarjetas expansoras de 8 zonas / 4 salidas.
- Router 4G LTE para comunicaciones remotas.
- Cámaras disuasorias.
- Canalizaciones metálicas Ø25 mm.
- Cable de alimentación, cable de datos RS-485 y cableado auxiliar de campo.
- Lazos de tamper y pequeño material de conexionado.

5.3. Descripción funcional

La central de intrusión recibe señales de tamper y de los distintos elementos de campo, gestionando estados de alarma, supervisión y aviso. Las expansoras permiten aumentar el número de zonas supervisadas y distribuir la inteligencia de detección conforme a la extensión de la instalación.

El sistema dispone de señalización local de eventos y de router 4G para transmisión remota, facilitando la supervisión y el aviso ante incidencias. La alimentación a 12 V se obtiene desde el sistema principal mediante conversión DC/DC desde 24 Vdc. El sistema de alimentación de la alarma e intrusión se concibe como funcionalmente independiente del sistema de alimentación del alumbrado, de modo que una actuación, corte o sabotaje sobre la línea de alumbrado no debe implicar la pérdida de servicio del sistema de intrusión. Esta separación funcional constituye un criterio básico de robustez de la instalación.

El router 4G tiene como función principal habilitar la comunicación remota con los dos equipos de control de la instalación. Por un lado, permite el acceso al sistema de generación y almacenamiento, desde el cual se transmiten y supervisan parámetros tales como el estado de baterías, el estado del inversor y la información asociada a la generación fotovoltaica a través de su integración con el regulador MPPT. Por otro lado, permite la comunicación con la central de alarma e intrusión, desde la cual se supervisa el estado de las zonas nodales y de los elementos de seguridad. En ambos casos, el acceso remoto podrá realizarse a través de los respectivos servidores o interfaces web propios de cada sistema.

Para disponer de acceso remoto efectivo a ambos sistemas será necesaria la contratación del correspondiente servicio de comunicaciones móviles y la instalación de una tarjeta SIM en el router 4G incluido en el alcance del proyecto.

5.4. Modos de funcionamiento

- Modo vigilado: supervisión permanente de armario principal, nodos y lazos tamper.
- Modo alarma: activación de zonas y transmisión de evento.
- Modo mantenimiento: acceso autorizado mediante teclado y operaciones de servicio.
- Modo comunicación remota: transmisión de estado y alarmas mediante router 4G.

5.5. Justificación técnica

Dada la ubicación aislada y la criticidad funcional de la instalación, resulta necesario incorporar un sistema específico de intrusión que proteja los equipos energéticos y de control frente a manipulación o sabotaje. La combinación de central dedicada, tamper, y comunicaciones remotas mejora la seguridad operativa y reduce el riesgo de indisponibilidad por actuaciones externas.

6. Integración funcional de los tres subsistemas

Los tres subsistemas forman una arquitectura coordinada:

- el subsistema 1 genera, almacena y entrega energía,
- el subsistema 2 utiliza dicha energía para alimentar y gestionar el alumbrado por nodos,
- y el subsistema 3 protege el conjunto y reporta incidencias.

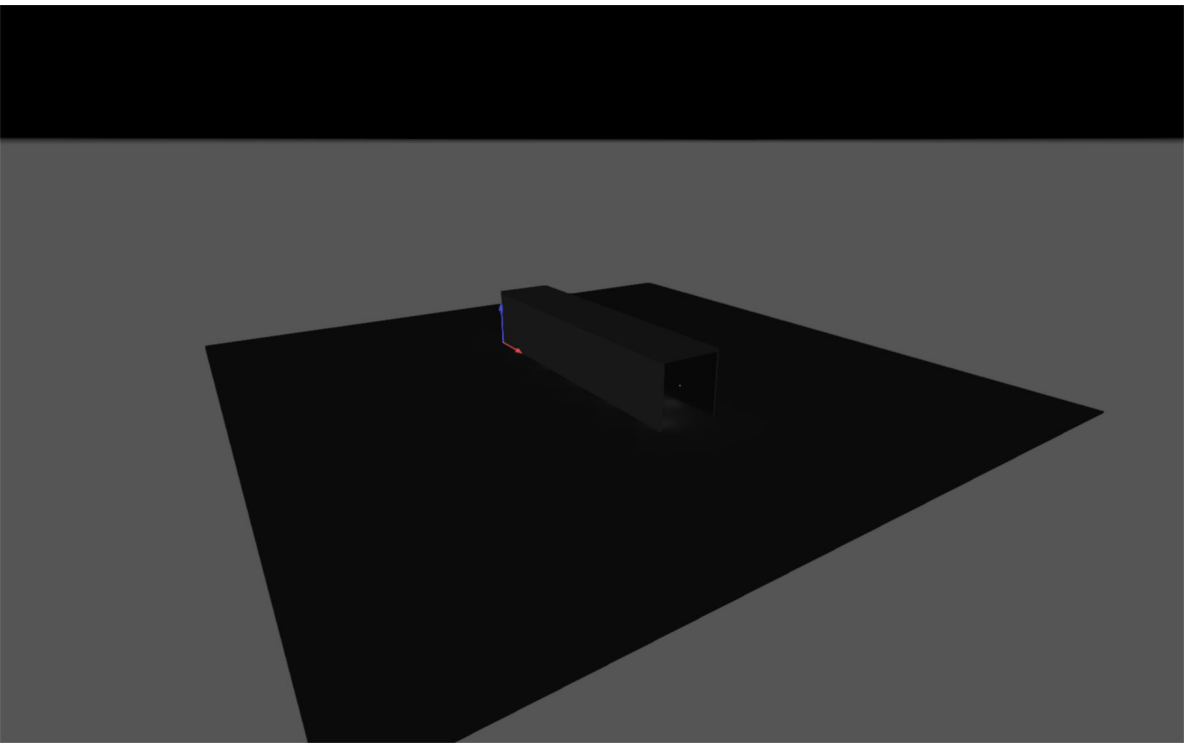
Esta integración permite disponer de una instalación autónoma, energéticamente eficiente, mantenible y protegida, adecuada para un emplazamiento lineal exteriorizado y con necesidad de operación fiable en horario nocturno. Dentro de esta arquitectura, la explotación remota se apoya en el router 4G común de la instalación, mientras que la separación funcional entre alumbrado e intrusión garantiza que una incidencia sobre la red de iluminación no anule la capacidad de supervisión y aviso del sistema de seguridad.

7. Conclusión

La solución adoptada queda justificada por su coherencia funcional, su robustez frente al entorno, su capacidad de explotación autónoma y su orientación a reducir consumo energético sin renunciar a la seguridad ni a la mantenibilidad.

La división en tres subsistemas permite ordenar la instalación por funciones, simplificar el mantenimiento y asegurar tanto la disponibilidad de alumbrado como la protección de los equipos principales. Llegando a un compromiso técnico económico apropiado para las circunstancias del entorno.

5. APÉNDICE 2: ESTUDIO ILUMINACIÓN



Project

Created with DIALux

DIALux

Preface

Notes on planning:

The energy consumption quantities do not take into account light scenes and their dimming levels.

DIALux

Table of Contents

Cover 1
Preface 2
Table of Contents 3
Description 4
Luminaire list 5

Product data sheets

SLV - DOWNUNDER OUT S (1x LED 3000K CRI 80) 6

Site 1

Building 1

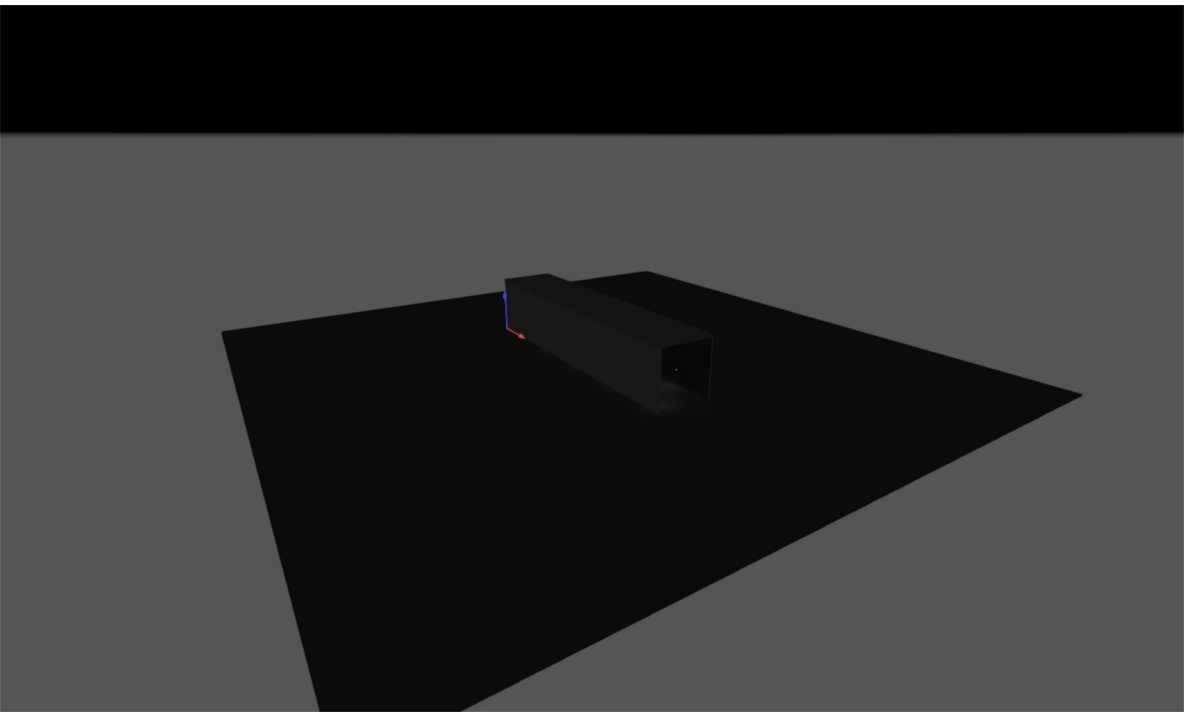
Luminaire list 7

Site 1 - Building 1

Storey 1

Luminaire list 8
Calculation objects / Light scene 1 9
Surface result object 1 (Wall) / Light scene 1 / Perpendicular illuminance (adaptive) 11
Surface result object 1 (Wall) / Light scene 1 / Luminance 12
BOVEDA / Light scene 1 / Perpendicular illuminance 13
Pared_Izq / Light scene 1 / Perpendicular illuminance 14
Pared_DER / Light scene 1 / Perpendicular illuminance 15

Glossary 16



Description

DIALux

Luminaire list

Φ_{total}	P_{total}	Luminous efficacy
270 lm	10.0 W	27.0 lm/W

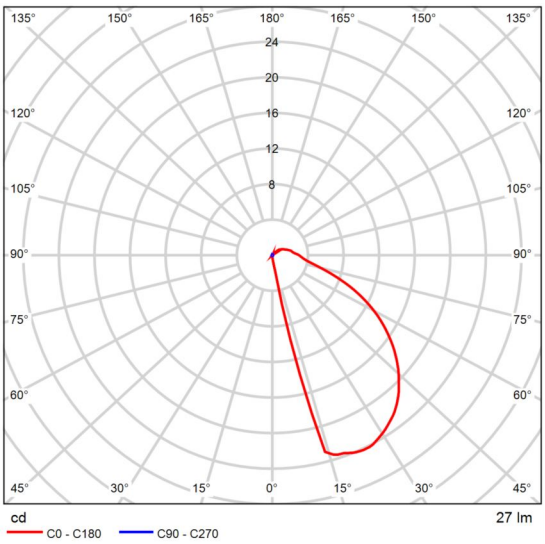
pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ	Luminous efficacy
10	SLV	233605	DOWNUNDER OUT S	1.0 W	27 lm	27.0 lm/W

Product data sheet

SLV - DOWNUNDER OUT S



Article No.	233605
P	1.0 W
Φ_{Lamp}	–
$\Phi_{Luminaire}$	27 lm
η	–
Luminous efficacy	27.0 lm/W
CCT	3000 K
CRI	80



Polar LDC

The DOWNUNDER OUT LED M recessed wall light is made of aluminium, and outfitted with high output SMD LEDs that produce downward directed, glare-free light emission. Thanks to its IP55 protection class, the luminaire is suitable for outdoor use. The luminaire is connected directly to the 230V mains supply. A mounting pot is included in the delivery for simple assembly.

DIALux

Building 1

Luminaire list

Φ_{total}	P_{total}	Luminous efficacy
270 lm	10.0 W	27.0 lm/W

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ	Luminous efficacy
10	SLV	233605	DOWNUNDER OUT S	1.0 W	27 lm	27.0 lm/W

DIALux

Building 1 · Storey 1

Luminaire list

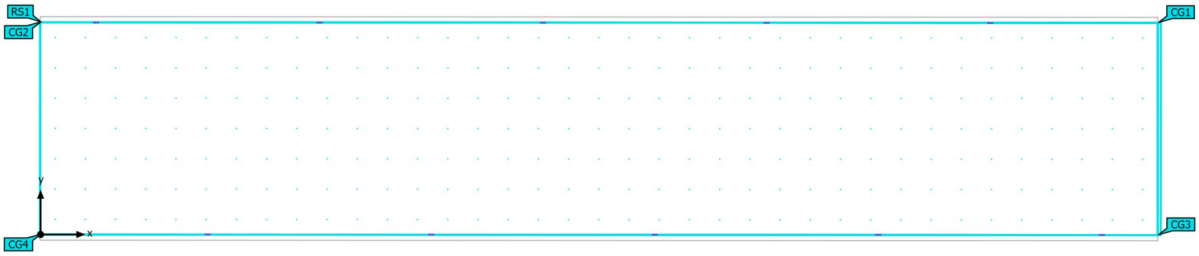
Φ_{total}	P_{total}	Luminous efficacy
270 lm	10.0 W	27.0 lm/W

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	Φ	Luminous efficacy
10	SLV	233605	DOWNUNDER OUT S	1.0 W	27 lm	27.0 lm/W

DIALux

Building 1 · Storey 1 (Light scene 1)

Calculation objects



Building 1 · Storey 1 (Light scene 1)

Calculation objects

Surface result objects

Properties	Ø	min	max	U_o (g_1)	g_2	Index
Surface result object 1 (Wall) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: -0.001 m	2.40 lx	0.26 lx	7.09 lx	0.11	0.037	RS1
Surface result object 1 (Wall) Luminance Height: -0.001 m	0.076 cd/m²	0.008 cd/m²	0.23 cd/m²	0.11	0.035	RS1

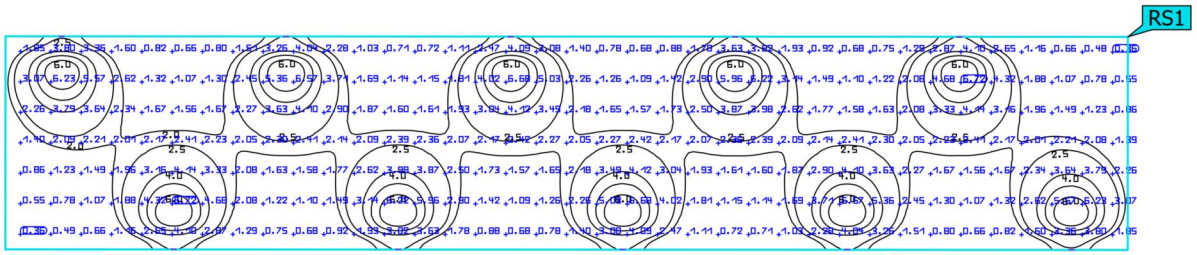
Calculation surfaces

Properties	Ē	E_{min}	E_{max}	U_o (g_1)	g_2	Index
BOVEDA Perpendicular illuminance Height: 3.999 m	0.090 lx	0.047 lx	0.11 lx	0.52	0.43	CG1
Pared_DER Perpendicular illuminance Height: 1.990 m	0.11 lx	0.021 lx	0.51 lx	0.19	0.041	CG3
Pared_Izq Perpendicular illuminance Height: 2.014 m	0.11 lx	0.021 lx	0.48 lx	0.19	0.044	CG2

DIALux

Building 1 · Storey 1 (Light scene 1)

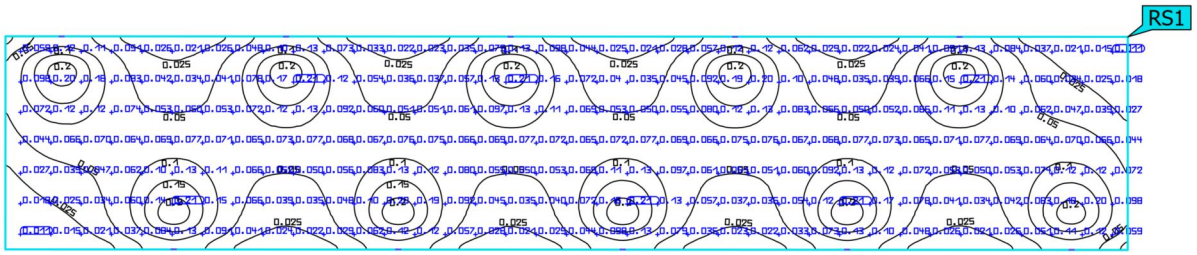
Surface result object 1 (Wall)



Properties	Ē	E_{min}	E_{max}	U_o (g_1)	g_2	Index
Surface result object 1 (Wall) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: -0.001 m	2.40 lx	0.26 lx	7.09 lx	0.11	0.037	RS1

Building 1 · Storey 1 (Light scene 1)

Surface result object 1 (Wall)

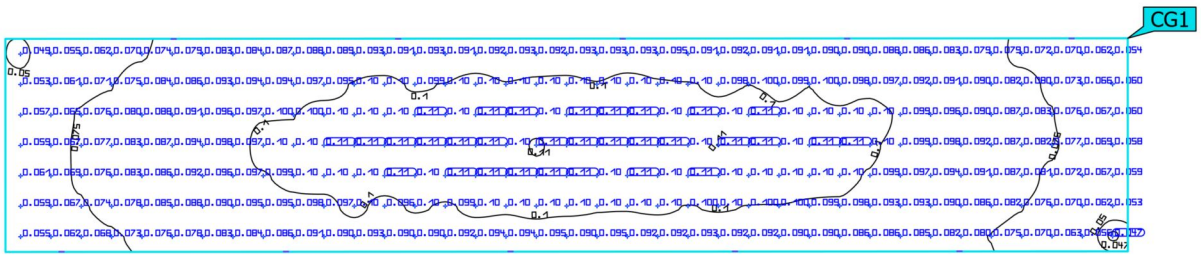


Properties	Ø	min	max	U_o (g_1)	g_2	Index
Surface result object 1 (Wall) Luminance Height: -0.001 m	0.076 cd/m²	0.008 cd/m²	0.23 cd/m²	0.11	0.035	RS1

DIALux

Building 1 · Storey 1 (Light scene 1)

BOVEDA

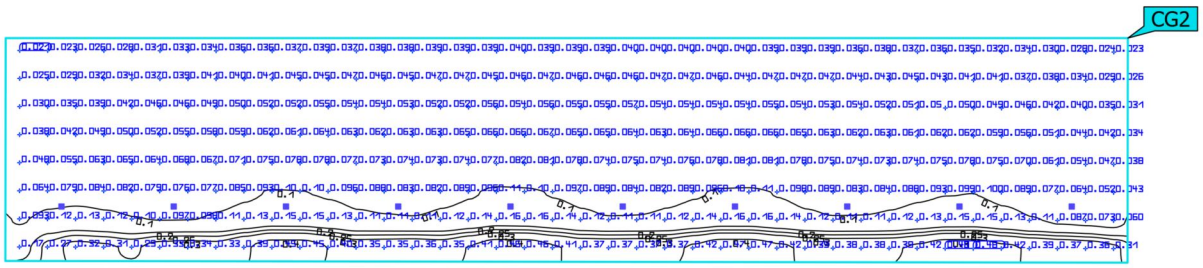


Properties	Ē	E_{min}	E_{max}	U_o (g_1)	g_2	Index
BOVEDA Perpendicular illuminance Height: 3.999 m	0.090 lx	0.047 lx	0.11 lx	0.52	0.43	CG1

DIALux

Building 1 · Storey 1 (Light scene 1)

Pared_Izq

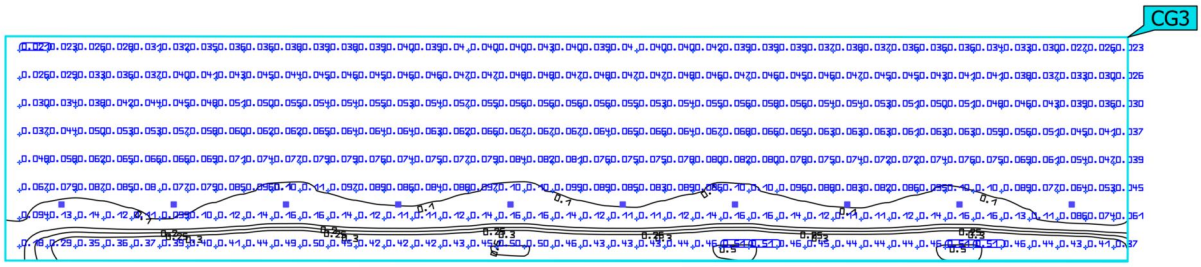


Properties	Ē	E_{min}	E_{max}	U_o (g_1)	g_2	Index
Pared_Izq Perpendicular illuminance Height: 2.014 m	0.11 lx	0.021 lx	0.48 lx	0.19	0.044	CG2

DIALux

Building 1 · Storey 1 (Light scene 1)

Pared_DER



Properties	Ē	E_{min}	E_{max}	U_o (g_1)	g_2	Index
Pared_DER Perpendicular illuminance Height: 1.990 m	0.11 lx	0.021 lx	0.51 lx	0.19	0.041	CG3

Glossary

A

A	Formula symbol for a surface in the geometry

B

Background area	The background area borders the direct ambient area according to DIN EN 12464-1 and reaches up to the borders of the room. In larger rooms, the background area is at least 3 m wide. It is located horizontally at floor level.

C

CCT	(Engl. correlated colour temperature) Body temperature of a thermal radiator which serves to describe its light colour. Unit: Kelvin [K]. The lesser the numerical value the redder; the greater the numerical value the bluer the light colour. The colour temperature of gas-discharge lamps and semi-conductors are termed "correlated colour temperature" in contrast to the colour temperature of thermal radiators. Allocation of the light colours to the colour temperature ranges acc. to EN 12464-1: Light colour - colour temperature [K] warm white (ww) < 3,300 K neutral white (nw) ≥ 3,300 – 5,300 K daylight white (dw) > 5,300 K
Clearance height	The designation for the distance between upper edge of the floor and bottom edge of the ceiling (in the completely furnished status of room).
Control group	A group of luminaires that are dimmed and controlled together. For each lighting scene, a control group provides its own dimming value. All luminaires within a control group share this dimming value. The control groups with their luminaires are automatically determined by DIALux on the basis of the created light scenes and their luminaire groups.
CRI	(Engl. colour rendering index) Designation for the colour rendering index of a luminaire or a lamp acc. to DIN 6169: 1976 or CIE 13.3: 1995. The general colour rendering index Ra (or CRI) is a dimensionless figure that describes the quality of a white light source in regards to its similarity with the remission spectra of defined 8 test colours (see DIN 6169 or CIE 1974) to a reference light source.

Glossary

D

Daylight autonomy	Describes what percentage of the daily working time the required illuminance is met by daylight. The nominal illuminance is used from the room profile, unlike described in EN 17037. The calculation is not done in the centre of the room but at the placed sensor measuring point. A room is considered sufficiently supplied with daylight if it achieves at least 50% daylight autonomy.
Daylight factor	Ratio of the illuminance achieved solely by daylight incidence at a point in the inside to the horizontal illuminance in the outer area under an unobstructed sky. Formula symbol: D (Engl. daylight factor) Unit: %
Daylight quotient effective area	A calculation surface within which the daylight quotient is calculated.

E

Energy evaluation	Based on an hourly calculation procedure for daylight in indoor spaces, considering the project geometry and any existing daylight control systems. Orientation and location of the project are also considered. The calculation uses the specified system power of the luminaires to determine the energy demand. A linear relationship between power and luminous flux in the dimmed state is assumed for daylight-controlled luminaires. Times of use and nominal illuminance are determined from the usage profiles of the spaces. Switched-on luminaires that are explicitly excluded from control also consider the specified times-of-use. The daylight control systems use a simplified control logic that closes them at an outdoor horizontal illuminance of 27,500lx. The calendar year 2022 is used as a reference only. It is not a simulation of this year. The reference year is only used to assign the days of the week to the calculated results. The changeover to summer time is not considered. The reference sky type used is the average sky described in CIE 110 without direct sunlight. The method was developed together with the Fraunhofer Institute for Building Physics and is available for review by the Joint Working Group 1 ISO TC 274 as an extension of the previous annual regression-based method.
Environmental zones	The assessment of intrusive light and light immission depends on the environment of the lighting installation. Depending on the standard, 4-6 different zones are defined, ranging from highly protected areas in natural settings to urban areas, commercial zones, and industrial zones.
Eta (η)	(light output ratio) The light output ratio describes what percentage of the luminous flux of a free radiating lamp (or LED module) is emitted by the luminaire when installed. Unit: %

Glossary

G

g_1	Often also U_o (Engl. overall uniformity) Designates the overall uniformity of the illuminance on a surface. It is the quotient from E_{min} to $\bar{E}$ and is required, for instance, in standards for illumination of workstations.
g_2	Actually it designates the "non-uniformity" of the illuminance on a surface. It is the quotient of E_{min} to E_{max} and is generally only relevant for certifying the emergency lighting acc. to EN 1838.

I

Illuminance	Describes the ratio of the luminous flux that strikes a certain surface to the size of this surface ($lm/m^2 = lx$). The illuminance is not tied to an object surface. It can be determined anywhere in space (inside or outside). The illuminance is not a product feature because it is a recipient value. Luxometers are used for measuring. Unit: Lux Abbreviation: lx Formula symbol: E
Illuminance, adaptive	For the determining of the middle adaptive illuminance on a surface, this is rastered "adaptively". In the area of large illuminance differences within the surface, the raster is subdivided finer; within lesser differences, a rougher classification is made.
Illuminance, horizontal	Illuminance that is calculated or measured on a horizontal (level) surface (this can be for example a table top or the floor). The horizontal illuminance is usually identified by the formula letter E_h.
Illuminance, perpendicular	Illuminance that is calculated or measured plumb-vertical to a surface. This needs to be taken into account for tilted surfaces. If the surface is horizontal or vertical, then there is no difference between the perpendicular and the horizontal or vertical illuminance.
Illuminance, vertical	Illuminance that is calculated or measured on a vertical surface (this can be for example the front of some shelves). The vertical illuminance is usually identified by the formula letter E_v.

K

k_S	The glare effect of a light source can be described by the glare metric k_S. It relates the solid angle of the glaring light source as seen from the point of immission, the ambient luminance, and the maximum allowable luminance.

Glossary

L

LENI	(Engl. lighting energy numeric indicator) Lighting energy numeric indicator acc. to EN 15193 Unit: kWh/(m² * a)
LLMF	(Engl. lamp lumen maintenance factor)/acc. to CIE 97: 2005 Lamp flux maintenance factor that takes the luminous flux reduction into account of a luminaire or an LED module in the course of the operating time. The lamp flux maintenance factor is specified as a decimal digit and can have a maximum value of 1 (no luminous flux reduction existing).
LMF	(Engl. luminaire maintenance factor)/acc. to CIE 97: 2005 Luminaire maintenance factor that takes the soiling into account of the luminaire in the course of the operating time. The luminaire maintenance factor is specified as a decimal digit and can have a maximum value of 1 (no soiling existing).
LSF	(Engl. lamp survival factor)/acc. to CIE 97: 2005 Lamp survival factor that takes the total failure into account of a luminaire in the course of the operating time. The lamp survival factor is specified as a decimal digit and can have a maximum value of 1 (no failures existing within the time concerned or prompt replacement after the failure).
Luminance	Dimension for the "brightness impression" that the human eye has of a surface. The surface itself can emit light thereby or light striking it can be reflected (emitter value). It is the only photometric value that the human eye can perceive. Unit: Candela per square metre Abbreviation: cd/m² Formula symbol: L
Luminous efficacy	Ratio of the emitted luminous flux Φ [lm] to the absorbed electrical power P [W] Unit: lm/W. This ratio can be formed for the lamp or LED module (lamp or module light output), the lamp or module with control gear (system light output) and the complete luminaire (luminaire light output).
Luminous flux	Dimension for the total light output that is emitted from one light source in all directions. It is thus an "emitter value" that specifies the entire emitting output. The luminous flux of a light source can only be determined in a laboratory. A difference is made between the lamp or LED module luminous flux and the luminaire luminous flux. Unit: Lumen Abbreviation: lm Formula symbol: Φ

Glossary

Luminous intensity	Describes the intensity of the light in a certain direction (emitter value). The luminous intensity is a matter of the luminous flux Φ that is emitted in a certain spherical angle Ω. The radiation characteristics of a light source are presented graphically in a light distribution curve (LDC). The luminous intensity is an SI base unit. Unit: Candela Abbreviation: cd Formula symbol: I

M

Maintenance factor	See MF
MF	(Engl. maintenance factor)/acc. to CIE 97: 2005 Maintenance factor as decimal number between 0 and 1 that describes the ratio of the new value of a photometric planning parameter (e.g. of the illuminance) to a maintenance value after a certain time. The maintenance factor takes into account the soiling of luminaires and rooms as well as the luminous flux reduction and the failure of light sources. The maintenance factor is taken into account either overall or determined in detail acc. to CIE 97: 2005 by the formula RMF x LMF x LLMF x LSF.

O

Obtrusive light/Light immission	To protect the nocturnal environment and minimize problems for humans, flora, and fauna, it is necessary to limit obtrusive light (also known as light pollution), which can cause serious physiological and ecological issues for individuals and the environment. Light immission refers to the disturbing influence of emitted light from artificial light sources.
Operating times	The assessment of obtrusive light and light immission depends on the operating times of the lighting installation. Depending on the standard, 1-3 different operating times are specified. In the absence of specific details, an operating time between 06:00 and 22:00 can be assumed.

P

P	(Engl. power) Electric power consumption Unit: watt Abbreviation: W

Glossary

R

$R_{(UG)}$ max	Measure of the psychological glare in indoor spaces. In addition to the luminance of luminaires, the level of the $R_{(UG)}$ value also depends on the observer position, the viewing direction and the ambient luminance. The calculation is made according to the table method, see CIE 117. Among other things, EN 12464-1:2021 specifies maximum permissible $R_{(UG)}$- values $R_{(UGL)}$ for various indoor workplaces.
R_{DLO}	The ratio of the luminous flux emitted below the horizontal plane to the total lamp luminous flux of a luminaire or lighting installation in its operational position.
R_G	The glare directly caused by luminaires of an outdoor lighting installation is determined using the CIE Glare Rating (RG) method. To calculate this, the equivalent veiling luminance of the surroundings is needed. There are four options for determining this: • An exact calculation according to CIE 112, based on the scene area. • A simplified method according to EN 12464-2, based on the scene area. • Using a custom calculation area to determine the equivalent veiling luminance. • Specifying a fixed value for easy comparability.
R_{UF}	upward flux ratio The ratio of the luminous flux emitted directly or reflected above the horizontal plane to the luminous flux that cannot be avoided under ideal conditions to achieve the illuminance level on a deliberately illuminated area.
R_{UL}	upward light ratio The ratio of the luminous flux emitted above the horizontal plane to the luminous flux of a luminaire or lighting installation in its operational position. The luminaire efficiency is considered in this calculation.
R_{ULO}	upward light output ratio The ratio of the luminous flux emitted above the horizontal plane to the total lamp luminous flux of a luminaire or lighting installation in its operational position.
Reflection factor	The reflection factor of a surface describes how much of the striking light is reflected back. The reflection factor is defined by the colour of the surface.
RMF	(Engl. room maintenance factor)/acc. to CIE 97: 2005 Room maintenance factor that takes the soiling into account of the space encompassing surfaces in the course of the operating time. The room maintenance factor is specified as a decimal digit and can have a maximum value of 1 (no soiling existing).
RUG (max)	(unified glare rating) Measure for the psychological glare effect in interiors. In addition to luminaire luminance, the RUG value also depends on the position of the observer, the viewing direction and the ambient luminance. Among other things, EN 12464-1 specifies maximum permissible RUG values for various indoor workplaces.

Glossary

RUG observer	Calculation point in the room, for the DIALux the RUG value is determined. The location and height of the calculation point should correspond to the typical observer position (position and eye level of the user).

S

Surrounding area	The ambient area directly borders the area of the visual task and should be planned with a width of at least 0.5 m according to DIN EN 12464-1. It is at the same height as the area of the visual task.

V

Visual task area	The area that is needed for carrying out the visual task in accordance with DIN EN 12464-1. The height corresponds with the height at which the visual task is executed.

W

Wall zone	Circumferential area between working plane and walls which is not taken into account for the calculation.
Working plane	Virtual measuring or calculation surface at the height of the visual task that generally follows the room geometry. The working plane may also feature a wall zone.

6. APÉNDICE 3: PLANOS

La solución definitiva de la iluminación del túne de la Foz de Lumbier se recoge en el Plano nº 21 donde se definen ubicaciones, tipologías y características de cada elemento.

PLANO 21. ILUMINACIÓN TÚNEL FOZ DE LUMBIER

21.1. Distribución luminarias

21.2. Esquema unifilar y mando

21.3. Generación y almacenamiento

21.4. Cimentación columna