

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica
Eléctrica y Mecatrónica



**DISEÑO DE ILUMINACIÓN INTERIOR UTILIZANDO LA LUZ SOLAR POR
MEDIO DE TUBOS SOLARES**

Tesis presentada por el Bachiller:
Zeballos Cáceres, Jorge Enrique
Para optar el Título Profesional de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Asesora:
Mg. Chani Ollachica, Deidamia

Arequipa – Perú
2021

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA Y MECATRONICA
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 11 de Enero del 2021

Dictamen: 001181-C-EPIMMEM-2021

Visto el borrador del expediente 001181, presentado por:

2010224571 - ZEBALLOS CACERES JORGE ENRIQUE

Titulado:

**DISEÑO DE ILUMINACIÓN INTERIOR UTILIZANDO LA LUZ SOLAR POR MEDIO DE TUBOS
SOLARES**

Nuestro dictamen es:

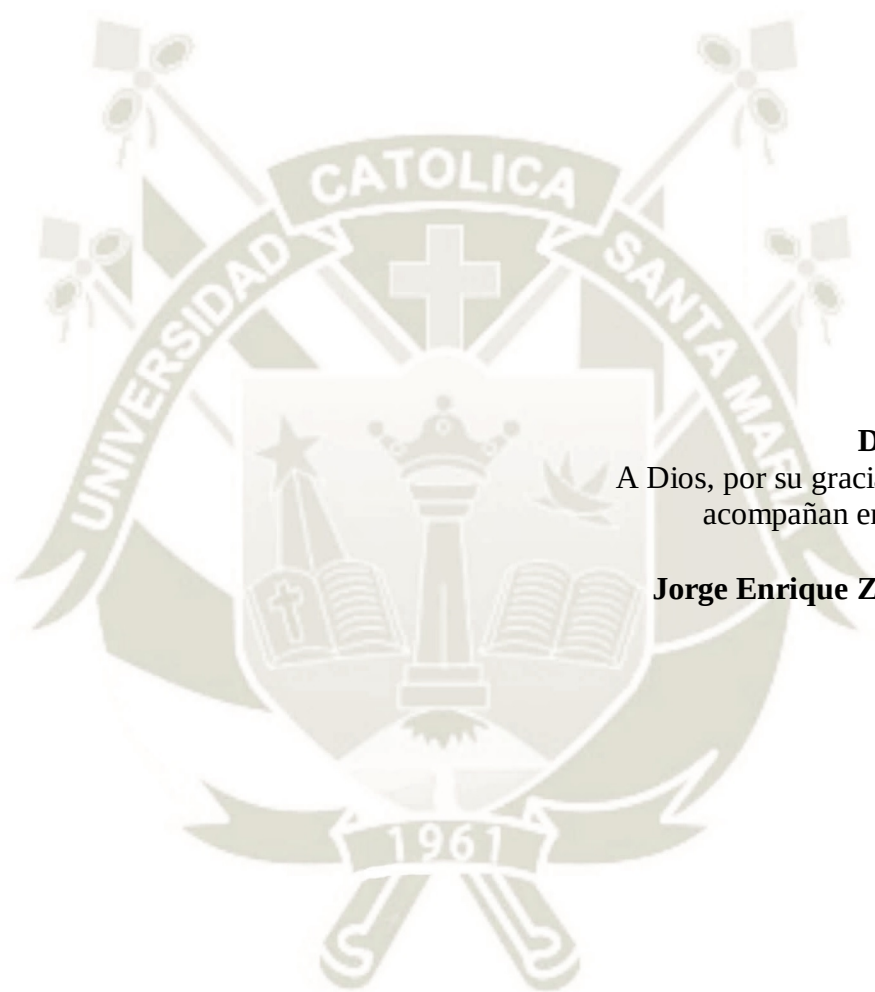
APROBADO

1470 - CASTILLO CACERES CESAR PIO
DICTAMINADOR



2107 - CHANI OLLACHICA DEIDAMIA GIOVANNA
DICTAMINADOR





DEDICATORIA

A Dios, por su gracia y favor que me
acompañan en todo momento.

Jorge Enrique Zeballos Cáceres

AGRADECIMIENTOS

Lleno de gratitud y gozo, dedico este proyecto a cada uno de mis seres queridos, que me acompañaron en todo este largo proceso.

A mi madre Orlinda por todo su amor, apoyo y por ser un milagro de vida para mí.

A mi padre Justo que con mucho esfuerzo y dedicación siempre me apoyo en mi formación profesional y personal.

A mi hermana Nadia por ser la persona que me motiva y ayuda a seguir cumpliendo todos mis sueños.

A mi hermano Omar por su apoyo constante y por ser un ejemplo de estudiante y profesional.

A mi cuñado Carmelo, es como un hermano y un ejemplo a seguir en mi vida, gracias por tu apoyo y por creer en mí.

A mis asesores por su constante apoyo, ya que sin ellos no hubiera sido posible la realización de este proyecto.

A todos mis amigos del grupo cristiano hisgrace por brindarme su amistad y apoyo incondicional.

Jorge Enrique Zeballos Cáceres

RESUMEN

El capítulo primero se inicia con el planteamiento metodológico, donde se establecen principalmente los objetivos, alcance del diseño como así también la justificación del presente trabajo de investigación.

En el capítulo segundo, se expone el marco teórico que servirá como referencia del desarrollo del presente trabajo de investigación, donde en primer lugar se establecen las principales características de la luz natural y artificial, los parámetros y sistemas de iluminación.

En el capítulo tercero, se efectúa en si el desarrollo del diseño de iluminación mediante tubos solares, iniciándose esta con la descripción de la vivienda a iluminar y luego efectuando la simulación de la iluminación empleando el software DIALUX para al final establecer los componentes del sistema.

En el capítulo cuarto, se establece la evaluación del sistema de evaluación mediante tubos solares, estableciendo la memoria descriptiva, especificaciones técnicas de materiales y detalles, y finalmente se establecen las conclusiones y recomendaciones.

Palabras clave: Iluminación artificial, tubos solares.

ABSTRACT

The first chapter begins with the methodological approach, where the objectives, scope of the design as well as the justification of this research work are mainly established.

In the second chapter, the theoretical framework that will serve as a reference for the development of this research work is exposed, where in the first place the main characteristics of natural and artificial light, the parameters and lighting systems are established.

In the third chapter, the development of the lighting design using solar tubes is carried out, beginning with the description of the house to be illuminated and then carrying out the lighting simulation using the DIALUX software to finally establish the components of the system.

In the fourth chapter, the evaluation of the evaluation system using solar tubes is established, establishing the descriptive memory, technical specifications of materials and details, and finally the conclusions and recommendations are established.

Keywords: Artificial lighting, solar tubes.



INTRODUCCION

Como se sabe el sol es “una inmensa fuente de energía inagotable, su flujo radiante es de $3,8 \times 10^{26}$ W equivalente a una densidad de 62,5MW por cada metro cuadrado de superficie solar” o un aproximado de 1380 W/m² llega a la superficie de la tierra como consecuencia de la distancia que los separa” (De la Cruz Romero, 2019).

Si bien es cierto que una gran parte de dicho valor es absorbida y dispersa por la nubosidad y polución, pero aun así el valor de energía por metro cuadrado que tenemos en la superficie de la mayoría de las regiones en nuestro país se ve gratamente favorecida con la energía del sol que si bien es cierto puede utilizarse de muchas formas como la generación de energía fotovoltaica, pero es importante mencionar que no es la única forma de utilizar la energía solar.

Por otra parte, sabemos que el ritmo de construcción de proyectos de viviendas multifamiliares y comerciales están en un gran crecimiento con el fin de un uso más eficiente de terreno sobre todo en zonas urbanas, y con una restricción de los parámetros de construcción que nos obliga cada municipalidad, lo cual genera que existan áreas muy poco o nada iluminadas naturalmente en dichas construcciones, lo que ocasiona dos problemas que se tenga que utilizar una iluminación artificial en dichas áreas que generaría un gasto económico mensual, y la inutilización de dichas áreas, entonces podríamos concluir que actualmente “el dispendio energético en electricidad para resolver la iluminación dentro de los edificios, es un problema técnico muy importante” (Castillero, 2011).

Entonces si tenemos la energía suficiente en la superficie terrestre porque no aprovecharla directamente en la iluminación de interiores con luz natural proveniente directamente del sol, sin la necesidad de la transformación de energía en la cual siempre existirán pérdidas mayores a su uso directo, aspecto que se está planteando en este trabajo de investigación. Significaría la reducción del consumo de electricidad, así como un mayor confort en dichas instalaciones.

La aplicación de los tubos solares para el transporte de la luz natural a aquellos ambientes que no cuentan con iluminación natural resulta muy importante ya que no solo representara un ahorro energético sino significara un mejor aprovechamiento de dichas áreas al

aumentar su confort en el uso de dichas áreas. Además, se pueden utilizar juntamente con estos tubos solares diferente cúpulas que permitan una mejor captación de la energía solar.

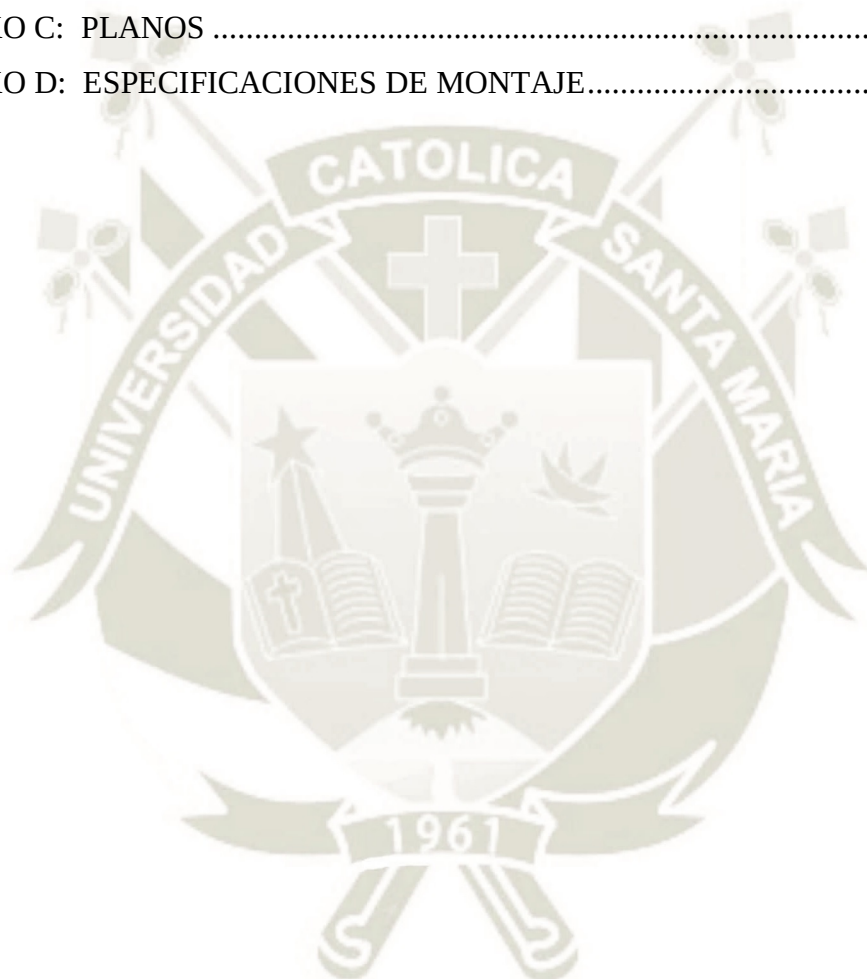


ÍNDICE

DICTAMEN APROBATORIO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT	vii
INTRODUCCION	vii
CAPITULO I.....	1
1. PLANTEAMIENTO METODOLOGICO.....	2
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Objetivo general.....	3
1.3. Objetivos específicos:	3
1.4. Alcance del diseño	3
1.5. Justificación.....	3
CAPÍTULO II.....	5
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Luz Natural.....	6
2.1.1. Magnitudes y Propiedades	7
2.1.2. Características	10
2.1.3. Aspectos Geográficos	11
2.1.4. Efectos de la Luz Natural.....	12
2.2. Luz Artificial	14
2.3. Tipos de Fuentes Artificiales.....	14
2.3.1. Lámpara incandescente:.....	15
2.3.2. Lámparas halógenas:.....	15
2.3.3. Lámpara de descarga	16
2.3.4. Lámparas Fluorescentes.....	17
2.4. Parámetros de la Iluminación	19
2.4.1. Nivel de Iluminancia.....	19
2.4.2. Deslumbramiento.....	19
2.4.3. Criterios de Iluminación.....	20
2.5. Sistemas de Iluminación Natural	22
2.5.1. Clasificación.....	22

2.6. Tecnologías de Iluminación Pasivas	27
2.6.1. Reflectores Solares	27
2.6.2. Tubos Solares	28
2.6.3. Fibra óptica.....	30
2.6.4. Heliostato	32
CAPÍTULO III	34
3. DISEÑO DE ILUMINACIÓN MEDIANTE TUBOS SOLARES	35
3.1. Generalidades	35
3.2. Descripción de la vivienda multifamiliar	35
3.3. Componentes del sistema	44
3.3.1. Tubos solares.....	44
3.3.2. Cúpula de vidrio	44
3.3.3. Celosía en cúpula.....	44
3.4. Cálculo de iluminación convencional, con iluminación artificial	44
3.5. CALCULO HALL-GRADA	46
3.6. NIVEL DE ESTACIONAMIENTO	50
3.7. Desarrollo del sistema de iluminación mediante tubos solares	55
3.7.1. Cálculo de iluminación Natural.....	55
3.7.2. Simulación de iluminación Natural mediante el software DIALUX	57
3.8. Materiales	61
3.8.1. Base para la cubierta.....	61
3.8.2. Tubos solares o conductos reflectantes.....	61
3.8.3. Cúpula	62
3.8.4. Lente Fresnel y diámetro de la esfera	63
3.8.5. Regulador de luz natural	64
3.8.6. Difusores	65
3.8.7. Eficiencia en el sistema de ductos solares	66
CAPÍTULO IV	81
4. EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE LA ILUMINACIÓN MEDIANTE TUBOS SOLARES.	81
4.1. Memoria descriptiva.....	81
4.2. Especificaciones técnicas de materiales	82
4.3. Características del sistema.....	84
4.4. Evaluación del Diseño del sistema de iluminación mediante tubos solares.....	85

4.5. Planos de iluminación finales	104
CONCLUSIONES	108
RECOMENDACIONES	110
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	111
ANEXOS.....	114
ANEXO A: DETALLE DEL CALCULO DE ILUMINACION	115
ANEXO B: NORMA SOBRE ILUMINACION 2019 12-03-2019-VIVIENDA.....	116
ANEXO C: PLANOS	115
ANEXO D: ESPECIFICACIONES DE MONTAJE.....	116



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Espectro de radiación electromagnética y espectro visible	6
Figura 2 Representación del flujo luminoso.....	7
Figura 3 Diferencia entre flujo luminoso e intensidad luminosa.....	7
Figura 4 Iluminancia	8
Figura 5 Concepto de iluminancia	8
Figura 6 Ley inversa de los cuadrados.....	8
Figura 7 Luminancia de una superficie.....	9
Figura 8 Rendimiento luminoso lámpara	9
Figura 9 Propagación de la luz	10
Figura 10 Refracción de la luz.....	10
Figura 11 Reflexión de la luz	11
Figura 12 Disfracción.....	11
Figura 13 Estado de ánimo expresado como nivel de "activación" (arousal level), con iluminación uniforme de 250 lux y 2800 lux en función del número de horas de los trabajadores del turno de noche	13
Figura 14 Niveles de estrés de un grupo de empleados que trabajan sólo con luz eléctrica o con una combinación de luz natural y artificial.....	13
Figura 15 Lámparas incandescentes	15
Figura 16 Lámparas Halógenas	16
Figura 17 Lámparas reflectoras Dicroicas	16
Figura 18 Principio de funcionamiento.....	16
Figura 19 Excitación atómica y emisión espontanea de radiación	17
Figura 20 Lámparas fluorescentes	18
Figura 21 Modelo Óptico de Tubo de luz de Espejos Especulares	29
Figura 22 Tubo de luz Prismático, modelo Heliobus. Esquema funcionamiento del sistema en un edificio de cuatro niveles	30
Figura 23 Reflexión interna total en una fibra óptica	31
Figura 24 Heliostatos de forma cóncava y convexa	33
Figura 25 Plano de ubicación de la vivienda multifamiliar	35
Figura 26 Plano de planta del nivel semisotano	36
Figura 27 Plano de planta del primer nivel	37
Figura 28 Plano de planta del segundo nivel.....	38

Figura 29 Plano de planta del tercer nivel.....	39
Figura 30 Plano de planta del cuarto nivel	40
Figura 31 Plano de planta del nivel azotea.....	41
Figura 32 Plano de planta del hall-gradas	42
Figura 33 Plano de corte del hall-gradas y estacionamientos.....	42
Figura 34 Plano de planta del hall-gradas y estacionamiento	43
Figura 35 Distribución de luminarias. Planta del hall gradas con las luminarias	47
Figura 36 Resumen de resultados. Planta del hall gradas con las luminarias.....	47
Figura 37 Distribución luz artificial 3D en gradas-hall	48
Figura 38 Distribución luz artificial 3D en gradas-hall	48
Figura 39 Distribución luz artificial 3D en gradas-hall	49
Figura 40 Distribución luz artificial 3D en gradas-hall	49
Figura 41 Detalle de luminaria utilizada.....	50
Figura 42 Resumen de resultados. Planta del estacionamiento con las luminarias	51
Figura 43 Distribución luz artificial 3D en estacionamiento	52
Figura 44 Distribución luz artificial 3D en estacionamiento	52
Figura 45 Distribución de luminarias en planta del estacionamiento.....	53
Figura 46 Distribución luz artificial 3D en estacionamiento	53
Figura 47 Distribución luz artificial 3D en estacionamiento, vista de techo	54
Figura 48 Distribución luz artificial 3D en estacionamiento, vista de techo	54
Figura 49 Distribución luz artificial 3D en estacionamiento, con colores que representan los luxes, leyenda en la parte inferior de la imagen.....	55
Figura 50 Datos de luz solar en la vivienda multifamiliar, fuente global solar atlas	58
Figura 51 Electricidad fotovoltaica y radiacion solar	58
Figura 52 Grafico./ valores de la velocidad del viento a 10 m. fuente pagina virtual de la NASA.....	59
Figura 53 Grafico./ valores de la temperatura. fuente pagina virtual de la NASA	59
Figura 54 Base para la cubierta	61
Figura 55 Accesorios	62
Figura 56 Reflectancia del aluminio, plata y oro en función de la longitud de onda	62
Figura 57 Cupula y accesorios.....	63
Figura 58 Características del lente de Fresnel	64
Figura 59 Regulador de luz solar	65
Figura 60 Difusores.....	65

Figura 61 Emisiones de luz natural.....	68
Figura 62 Imagen.-plano de autocad en Dialux Evo	68
Figura 63 Ubicación del proyecto.....	69
Figura 64 Vista en planta de los ambientes a caclular (estacionamaientos y hall-gradas) ..	69
Figura 65 Vista en 3D de los ambientes a caclular (estacionamaientos y hall-gradas)	70
Figura 66 Ubicación de luminarias en estacionamientos	70
Figura 67 Ubicación de luminarias en hall-gradas	71
Figura 68 Perfil de uso de cada ambiente	72
Figura 69 Selección de escena para cálculo de iluminación	72
Figura 70 En la parte inferior de la imagen se encuentra el menú para configurar la iluminación natural	73
Figura 71 Grupos de luminarias de la escena de luz.....	74
Figura 72 Claraboyas de estacionamiento.....	74
Figura 73 Distribución fotométrica con la luz natural en condiciones de cielo cubierto.....	75
Figura 74 Distribución fotométrica con la luz natural en condiciones de cielo cubierto.....	76
Figura 75 Representación del flujo Luminoso del TUBESOL de 290DS 350mm.....	77
Figura 76 Representación del flujo Luminoso de la salida de derivacion TUBESOL de 330DS.....	78
Figura 77 Ubicación de los tubos solares en el estacionamiento y en el hall gradas.....	78
Figura 78 Ubicación e iluminación natural del estacionamiento con los tubos solares.....	79
Figura 79 Imagen.- composición del sistema de ductos solares.....	83
Figura 80 Imagen.- distribución en planta de los ambientes a iluminar con los tubos solares (los que están resaltados).....	86
Figura 81 Ficha técnica de la luminaria DN135C D215 1xLED20S/830.....	87
Figura 82 Ficha técnica de la luminaria PHILIPS DN571B 1 xLED60S/830CPG.....	88
Figura 83 Vistas en 3D de la iluminación con los tubos solares	89
Figura 84 Vistas en 3D de la iluminación con los tubos solares	90
Figura 85 Vistas en 3D de la iluminación con los tubos solares, en vista de colores falsos	91
Figura 86 Vistas en 3D de la iluminación con los tubos solares, en vista de colores falsos	92
Figura 87 Vistas en 3D de la iluminación con los tubos solares, en vista de colores falsos	93
Figura 88 Vista de planta de los ambientes donde se efectuó el cálculo	96
Figura 89 Vista en planta de iluminación final.....	106
Figura 90 Vista en planta de iluminación finales	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de lámparas fluorescentes de acuerdo a reproducción cromática	18
Tabla 2 Ángulos de apantallamiento mínimos para luminancias de lámpara específicas ...	20
Tabla 3 Clasificación de sistemas de iluminación natural Cada sistema es utilizado en un clima específico y de acuerdo al ingreso de luz (cenital, lateral)	23
Tabla 4 Sobre la Clasificación de sistemas de iluminación natural. Importancia de su clasificación radica en la clasificación que hace referido al transporte de luz	24
Tabla 5 Sobre la Clasificación de sistemas de iluminación natural. importancia de su clasificación radica en la clasificación que hace referido al transporte de luz a ambientes profundos de la edificación a través de principios físicos.....	25
Tabla 6 Sobre la Clasificación de sistemas de iluminación natural.....	26
Tabla 7 Sobre la Clasificación de sistemas de iluminación natural Cada sistema es utilizado en un clima específico, de acuerdo a la dirección de la luz (cenital, lateral) y estrategias para el control de ingreso de luz	27
Tabla 8 Valores de iluminación de acuerdo al Norma	46
Tabla 9 Catalogo SOLATUBE.....	56
Tabla 10 Colores de los ambientes en función al piso y techo.....	57
Tabla 11 Registro de horas de sol por año en departamentos de Peru, fuente SENAMHI..	60
Tabla 12 Registro de horas de sol por mese es departamentos de Peru, fuente SENAMHI	60
Tabla 13 Lentes de Fresnel en función al diámetro	64
Tabla 14 Especificaciones de modelos, 290 y 160 DS, de la serie Brighten Up.....	66
Tabla 15 Emisión relativa de luz en función del modelo	66
Tabla 16 Características técnicas de los ductos solares	67
Tabla 17 Luminarias equivalentes a tubos solares	87
Tabla 18 Resultados detallados de cada ambiente.....	97

LISTADO DE ACRONIMOS Y ABREVIATURAS

LED : Diodo Emisor de Luz

UV : Radiación Ultra Violeta

RNE : Reglamento Nacional de Edificaciones

FIN : factor de Iluminancia Natural

CRE : Componente Reflejada Externa

DIALUX : Software Libre para proyectos de iluminación

RELUX : Software libre para proyectos de iluminación

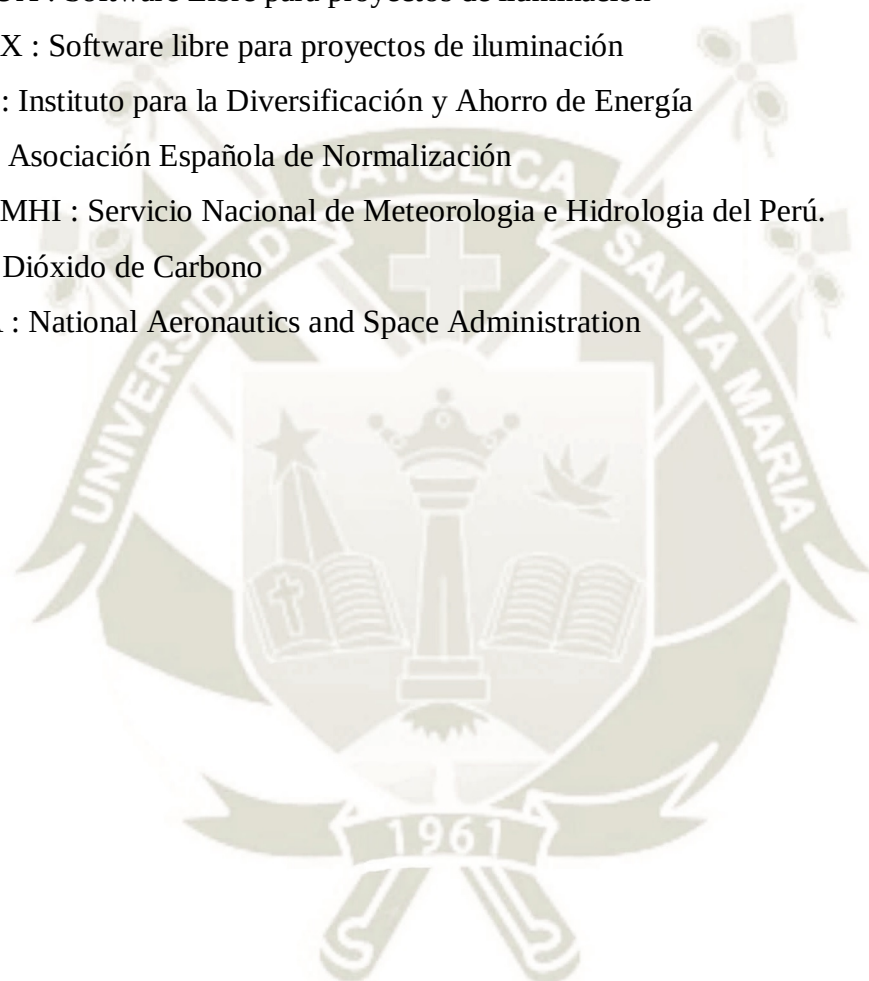
IDEA : Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía

UNE : Asociación Española de Normalización

SENAMHI : Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.

CO2 : Dióxido de Carbono

NASA : National Aeronautics and Space Administration





CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO METODOLOGICO

1.1. Planteamiento del problema

El ahorro energético y el mejor confort en la iluminación es un tema que está en vigencia en nuestra época por los problemas ambientales existentes sobre todo y por las exigencias de los usuarios, se sabe además que el porcentaje de energía utilizado en la iluminación en diferentes aplicaciones representa un gran porcentaje del total consumido de energía anual en diferentes rubros, por otra parte existen sistemas de generación solar que aprovechan la energía del sol para generar electricidad el cual es usada de muchas formas entre ellas la iluminación, pero consiste en todo un sistema desde paneles, reguladores, convertidores y baterías lo cual encarece el costo inicial de dicho sistema

Por otro lado, la construcción de edificaciones de más de dos niveles tanto para viviendas unifamiliares, multifamiliares y de uso comercial se puede apreciar en toda la ciudad, tratando de aprovechar el área de terreno, se gana mucha área construida versus a área libre, lo cual ocasiona que se generen áreas oscuras sin iluminación natural, ya sea por la misma construcción o por una construcción aledaña, este factor de confort de la iluminación natural es muy importante tal así que se puede apreciar que algunos propietarios de viviendas unifamiliares cuyas viviendas quedaron entre dos multifamiliares optan por vender dichas viviendas al quedar sin luz natural.

Lo que buscamos en este estudio es la utilización de la energía del sol directamente conducida y captada por elementos que conducirán dicha energía directamente en un sistema de iluminación natural de aquellas áreas de las edificaciones donde por un tema constructivo de la arquitectura el sol no llegó directamente a dichas áreas. De esta forma le damos un valor agregado a dichas viviendas o áreas poco o nada iluminadas.

1.2. Objetivo general

- Diseñar un sistema de iluminación no convencional por medio de tubos solares y cúpula de luz para la iluminación de un estacionamiento en sótano y áreas comunes de una vivienda multifamiliar.

1.3. Objetivos específicos:

- Análisis los sistemas de iluminación no convencionales existentes.
- Realizar el diseño de la iluminación en el estacionamiento, sótano y áreas comunes de una vivienda multifamiliar.
- Estudiar los conceptos de iluminación aplicados a edificaciones teniendo en cuenta la normatividad existente.
- Definir el tipo de material apropiado, considerando las propiedades de reflexión de ondas propagadas como la luz solar. (Quintero, 2015)

1.4. Alcance del diseño

El alcance del diseño es lograr un nivel de iluminación adecuado o establecido por las normas peruanas, el Reglamento Nacional de Edificaciones para las áreas comunes de una vivienda multifamiliar, utilizando para ello un sistema de iluminación natural mediante ductos solares, lo cual reducirá el consumo de la energía eléctrica durante el día ocasionado por el circuito de iluminación, y dará mayor confort a los usuarios de dicha edificación.

En el diseño se incluirá el cálculo y la selección de equipos para una iluminación artificial, cuando no se cuente con la iluminación natural.

1.5. Justificación

El uso directo de la energía solar en su utilización para iluminación de ambientes, conlleva a un ahorro energético inmediato, lo cual implicaría también menos consumo de la energía eléctrica convencional, menor costo por energía eléctrica mensual y también una disminución de contaminación CO₂.

Además la aplicación del estudio busca dar a conocer nuevas alternativas del uso de la energía del sol, minimizar la inversión de costos en la aplicación de este tipo de tecnologías tanto en una etapa de proyecto de diferente índole tanto unifamiliar,

multifamiliar, comercial, educativo e industrial, como de aquellos locales ya existentes y que deseen mejorar o reemplazar su iluminación artificial.





CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. Luz Natural

La luz natural se conoce principalmente como la luz que proviene del sol, aunque también existe una gran variedad de fuentes de luz natural como el fuego, los relámpagos hasta la bioluminiscencia de algunos animales y organismos vivos.

La iluminación natural cambia con respecto a las estaciones del año, la rotación de la Tierra y las condiciones del ambiente.

A lo largo de los años la iluminación natural se ha visto involucrada en la arquitectura, el diseño y el arte, así como también en factores humanos tanto psicológicos como de percepción. (Innes, 2012)

La luz visible es una región del espectro electromagnético cuyas ondas electromagnéticas tienen una longitud de onda que va desde el rojo (780 nm), al violeta (380 nm). Esta pequeña región del espectro es la energía que percibe el ojo humano y nos permite ver los objetos: el espectro visible. (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), 2005)

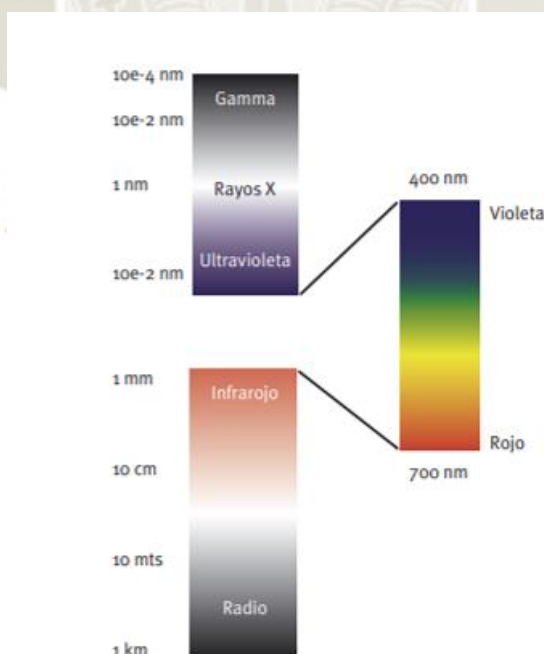


Figura 1 Espectro de radiación electromagnética y espectro visible

Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), (2005)

2.1.1. Magnitudes y Propiedades

2.1.1.1. Flujo luminoso (ϕ)

“Potencia emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. Unidad de medida: lumen (lm)” (Jiménez, Aguilar, 1995).

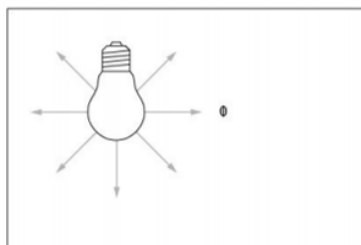


Figura 2 Representación del flujo luminoso

Fuente: Jiménez, Aguilar, (1995).

2.1.1.2. Intensidad luminosa (I)

(Para una fuente puntual): Cantidad de flujo luminoso emitido por cada uno de los rayos que la fuente emite en una determinada dirección por unidad de ángulo sólido. Magnitud que expresa la distribución del flujo luminoso en el espacio. Esta magnitud se entiende únicamente referida a una determinada dirección y contenida en un ángulo sólido o estéreo que se mide en estereorradianes (De las Casas Ayala, Gonzáles Gonzáles, Puente García, 1991)

$$I = \phi / \omega \quad [\text{cd}]$$

candela (cd) = lumen / estereorradián

candela (cd): Intensidad luminosa de una fuente puntual que emite un flujo luminoso de 1 lumen en un ángulo sólido de 1 estereorradián. (De las Casas Ayala, Gonzáles Gonzáles, Puente García, 1991)



Figura 3 Diferencia entre flujo e intensidad luminosos

Fuente: De las Casas Ayala, Gonzáles Gonzáles, Puente García, (1991)

2.1.1.3. Iluminancia (E)

“Flujo luminoso recibido por una superficie.” (De la Cruz Romero, 2019).

$$E = \phi / S \quad [\text{lux} = \text{lm}/\text{m}^2]$$

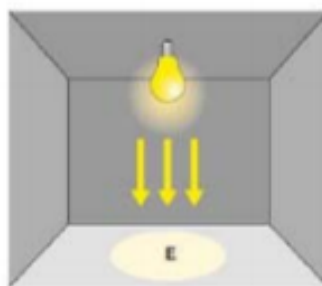


Figura 4 Iluminancia

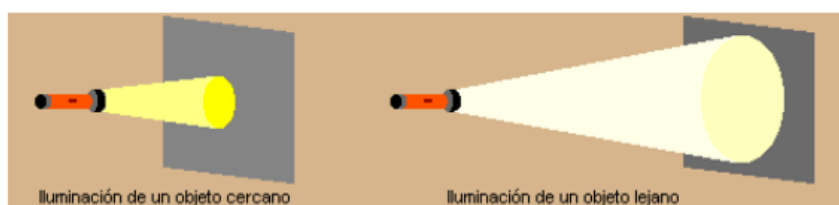


Figura 5 Concepto de iluminancia

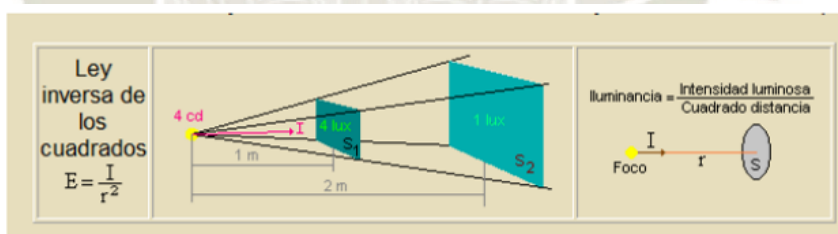


Figura 6 Ley inversa de los cuadrados

2.1.1.4. Luminancia (L)

Efecto de luminosidad que produce una superficie en la retina del ojo, tanto si procede de una fuente primaria que produce luz, como si procede de una fuente secundaria o superficie que refleja luz. Relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo en una dirección determinada. La percepción de la luz es realmente la percepción de diferencias de luminancias. El área proyectada es la vista por el observador en la dirección de la observación. Se calcula multiplicando la superficie real iluminada

por el coseno del ángulo que forma su normal con la dirección de la intensidad luminosa. (Yañez, 2008)

$$L = I / S_{\text{aparente}} \quad [\text{cd/m}^2]$$

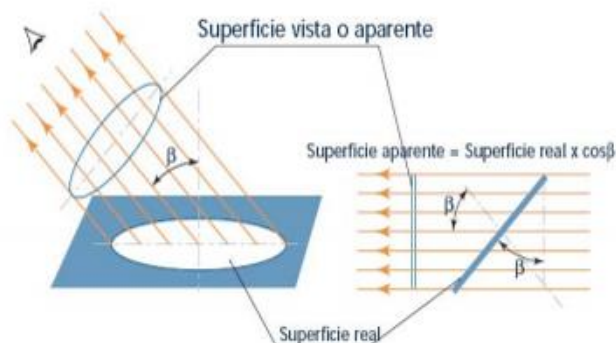


Figura 7 Luminancia de una superficie

Fuente: Yañez, (2008)

2.1.1.5. Rendimiento luminoso o eficiencia luminosa:

“Es el cociente entre el flujo luminoso producido por la lámpara y la potencia eléctrica consumida, que viene definida con las características de las lámparas” (Yañez, 2008).

$$\eta = \phi / W \quad [\text{lumen/ watt}]$$

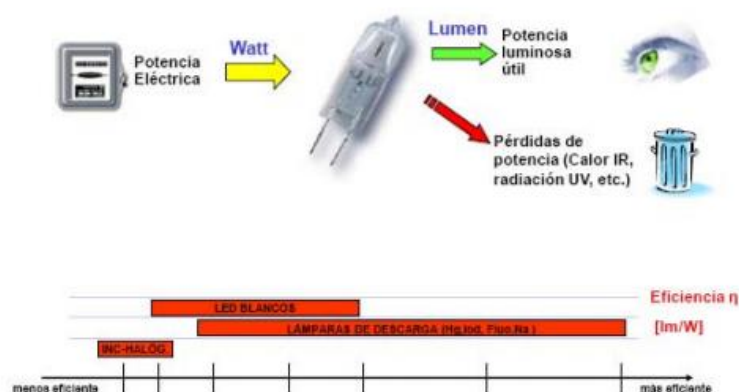


Figura 8 Rendimiento luminoso lámpara

Fuente: Yañez, (2008)

2.1.2. Características

“La luz se propaga en línea recta. Representa la dirección y el sentido de la propagación de la luz” (Tipler, 2010).

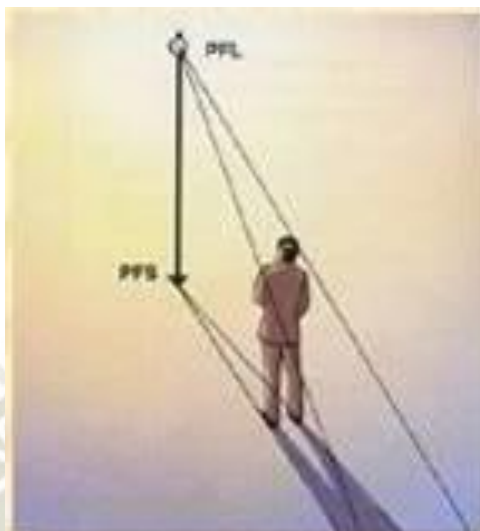


Figura 9 Propagación de la luz

Fuente: Tipler, (2010)

“La luz se refracta. Es el cambio de dirección que experimentan los rayos luminosos al pasar de un medio a otro en el que se propaga con distinta velocidad” (Tipler, 2010).

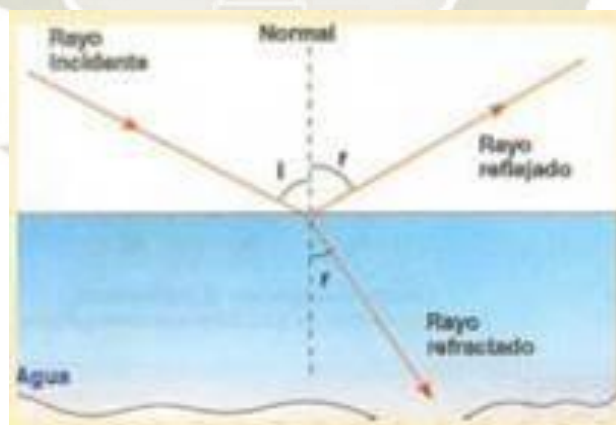


Figura 10 Refracción de la luz

Fuente: Tipler, (2010)

“La luz se refleja. Es el cambio de dirección que experimentan un rayo luminoso al chocar contra la superficie de los cuerpos” (Tipler, 2010).

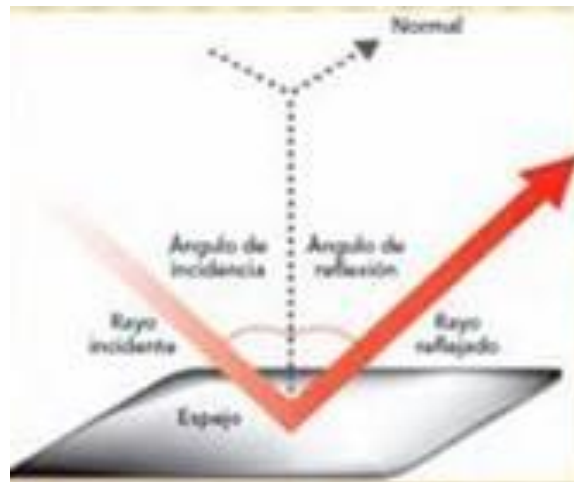


Figura 11 Reflexión de la luz

Fuente: Tipler, (2010)

“La Difracción. Cuando la luz atraviesa un orificio estrecho, ya que en estas se deforman a partir de ese punto” (Tipler, 2010).

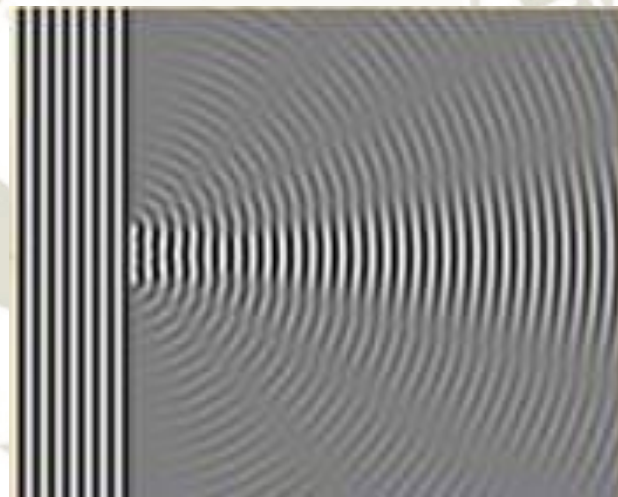


Figura 12 Difracción

Fuente: Tipler, (2010)

2.1.3. Aspectos Geográficos

Uno de los factores más importantes son las condiciones climáticas de la zona donde se ubica el edificio. El clima varía constantemente durante todo el año (estaciones), también durante el transcurso del día con la posición del sol y la presencia de nubosidad; esto hace que la cantidad de luz varíe, así como su distribución lumínica; lo que afecta en la calidad lumínica y confort visual de un ambiente interior. Siendo una desventaja de la iluminación natural, que ésta no es uniforme porque está en continuo cambio, a diferencia de la artificial; así,

se podría hablar de cualidades temporales como una serie de criterios de rendimiento para lograr confort visual en un rango de percepción temporal en diferentes épocas durante todo el año, lo cual permite proporcionar un análisis más integral.

Wolf estableció tres tipos de distribución de luminancias de cielo basado en la medición de las particularidades regionales de la bóveda celeste: cielo de luminancia uniforme, cielo nublado y cielo claro.

- Cielo de luminancia uniforme. Este modelo representa un cielo con valores constantes de luminancia en todas las direcciones (cielo isótropo).
- Cielo nublado. En este tipo de cielo la luminancia varía en relación a la elevación del ángulo respecto del cenit. En este caso, el cenit posee una luminancia aproximadamente tres veces mayor a la del horizonte y corresponde a la situación donde el cielo está cubierto con nubes y el sol no es visible. El color de la luz es blanco.
- Cielo despejado. Corresponde a un cielo sin nubes. La distribución de la luminancia en los cielos claros no es homogénea, y la luminancia se distribuye dejando el mayor brillo concentrado en torno al sol y en horizonte, dejando un área en externo oscura en el punto opuesto al sol, en el plano vertical a 90° desde la posición del sol. (Wolf Cecci, 2014)

Bajo cielo claro se tiene uniforme distribución de la luminosidad; con una luminancia de 100.00 de lux y 40.000 a 50.000 lux de luz difusa. Para el análisis posterior de los SINAI, se toma en cuenta la clasificación de tipos de climas que realiza Köppen. (Darula, S.; Kittler, R; Malikova, M, 2014)

2.1.4. Efectos de la Luz Natural

Efectos Biológicos. Aunque el efecto beneficioso de la luz natural es bien conocido desde la antigüedad, dado que la helioterapia y el posterior empleo de la fototerapia fueron muy populares hasta principios del siglo XX, la extensión masiva de los productos farmacéuticos hizo abandonar prácticamente este tipo de terapias. Gracias a los avances en investigación médica y biológica, ha vuelto en nuestros días a darse la importancia debida al carácter beneficioso de la luz (ya sea natural o artificial) para la salud y el bienestar. Pero a pesar

de ello, el conocimiento de los efectos de la luz que penetra a través del ojo humano (la denominada “luz ocular”) no se ha divulgado suficientemente.

Efectos Psicológicos. Ha quedado ampliamente reconocido que los seres humanos son capaces de experimentar la composición, cantidad y variación de la luz natural. El estado de ánimo es un reflejo de las sensaciones de una persona. Factores que se sabe influyen en el estado de ánimo son el tiempo atmosférico y las estaciones, así como las condiciones visuales y el entorno (visual). (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), 2005)

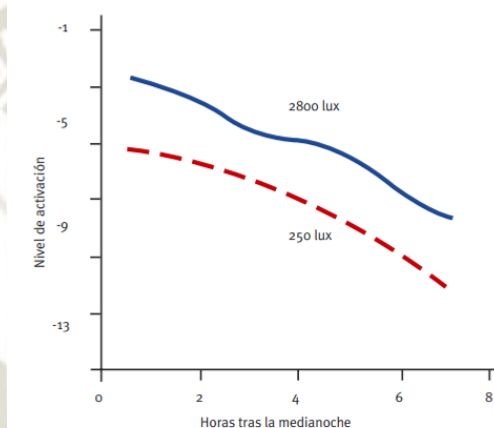


Figura 13 Estado de ánimo expresado como nivel de “activación” (arousal level), con iluminación uniforme de 250 lux y 2800 lux en función del número de horas de los trabajadores del turno de noche

Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), (2005)

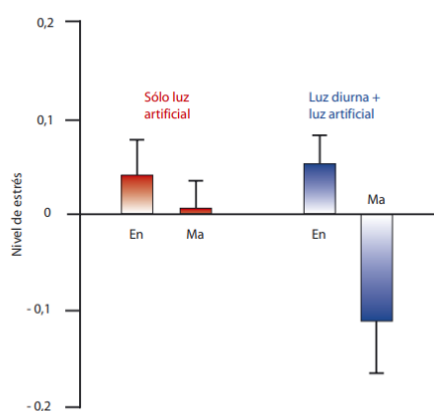


Figura 14 Niveles de estrés de un grupo de empleados que trabajan sólo con luz eléctrica o con una combinación de luz natural y artificial

Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), (2005)

Efectos Térmicos. Las ventanas y los sistemas de iluminación con luz natural influyen no sólo en la distribución de la luz natural, sino también en la carga térmica de un edificio. La utilización de la luz natural como sistema de iluminación puede ayudar a reducir las aportaciones caloríficas del edificio debido a la favorable relación lúmenes por vatio de la luz natural y, por tanto, a ahorrar energía de refrigeración. El control de alumbrado en respuesta a la luz natural se combina a menudo con el control térmico. (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), 2005)

Efectos de la luz sobre la actividad. Muchos de los efectos positivos obtenidos mediante el empleo de la luz artificial proceden de la elaboración de proyectos de investigación médicos y biológicos que demuestran que la luz eléctrica puede ser tan efectiva como la luz natural. Sin embargo, en un espacio interior, los niveles de iluminación son generalmente mucho menores que los mínimos en el exterior, donde los niveles oscilan entre los 1000-2000 lux en un día gris y los 100.000 lux de un día soleado. (Méndez Muñiz, Cuervo García, Veritas, 2009)

Efectos de la luz sobre los objetos y las superficies. Tanto la luz natural como la artificial tienen un efecto negativo sobre los colores y acabados superficiales de paramentos y objetos, que se denomina decoloración (o “fading” en inglés). Este efecto se debe a que ambos tipos de luz contienen radiación ultravioleta, que a través de reacciones fotoquímicas puede decolorar rápidamente el pigmento de los objetos coloreados. (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), 2005)

2.2. Luz Artificial

“La gran mayoría de los locales son iluminados por luz artificial, es decir por emisores o fuentes luminosas que emplean energía eléctrica, como por ejemplo los focos incandescentes, fluorescentes, focos ahorradores, lámparas dicróicas, etc” (Coloma, 1999).

2.3. Tipos de Fuentes Artificiales

“Son aquellas en las que el hombre ha intervenido y entre las fuentes artificiales están los siguientes tipos de lámparas” (Donell, Sandoval, 2002).

2.3.1. Lámpara incandescente:

Origina la luz por incandescencia de un filamento metálico calentado por el paso de la corriente eléctrica, la cual contiene un gas inerte que retarda la evaporación del filamento. La duración de estas lámparas es en consecuencia, muy sensible a la variación de la tensión de funcionamiento, con la que guarde dentro de ciertos límites una relación lineal, que permite predecir con bastante precisión la duración final de una lámpara mediante un ensayo acelerado con sobre tensión controlada. (Donell, Sandoval, 2002)



Figura 15 Lámparas incandescentes

Fuente: Donell, Sandoval, (2002).

2.3.2. Lámparas halógenas:

Contienen vapor de halógeno, que permite remover continuamente el material de un filamento que se deposita por la evaporación de la superficie interna de la ampolla lo que alarga su vida. Debido a la mayor temperatura del filamento, la envoltura no puede realizarse en vidrio normal sino en cuarzo que presenta un punto de fusión más elevado. (Indalux, 2002)



Figura 16 Lámparas Halógenas

Fuente: Indalux, (2002)

LÁMPARAS REFLECTORAS DICROICAS: La capa reflectora de estas lámparas está formada por una superposición de delgadas capas de materiales con distinto índice de refracción. Por un proceso que se explica por el Principio de Interferencia, la luz es reflejada y amplificada en un porcentaje elevado, mientras el calor es transferido hacia la parte posterior del reflector. (De la Cruz Romero, 2019)



Figura 17 Lámparas reflectoras Dicroicas

Fuente: De la Cruz Romero, (2019)

2.3.3. Lámpara de descarga

“Produce luz mediante descarga eléctricas a través de un gas, un vapor metálico o una mezcla de gases y vapores” (Ministerio de fomento, 2014).

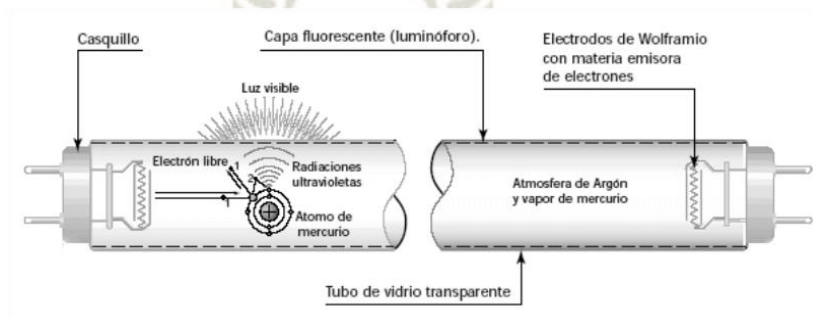


Figura 18 Principio de funcionamiento

Fuente: Ministerio de fomento, (2014)

De la Cruz Romero indica:

En su pasaje, puede ocurrir que este electrón choque con un átomo en equilibrio del gas y puede producir un cambio de estado en el mismo según tres modalidades:

- Que se produzca un cambio de dirección en el átomo del gas, (choque elástico).
- Que el electrón animado de gran velocidad arranque un electrón de la última capa del átomo (choque inelástico), generando la liberación de un nuevo electrón (proyector) e iones positivos.
- Que el electrón animado de una velocidad intermedia, entre las dos anteriores, al chocar con el átomo, desplace a un electrón de la última capa hacia una órbita más exterior, con lo que el átomo queda en un estado inestable y con el exceso de energía que había tomado a consecuencia del choque. (De la Cruz Romero, 2019)

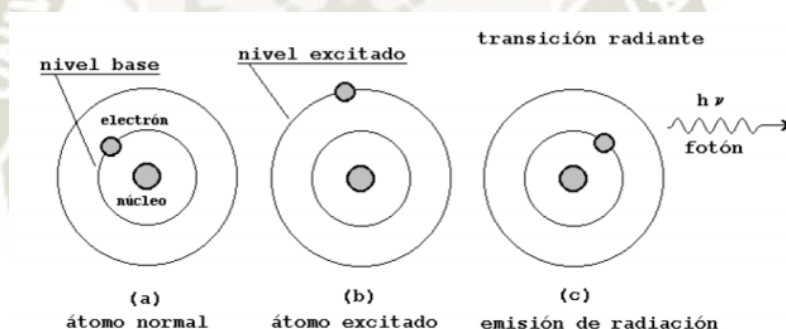


Figura 19 Excitación atómica y emisión espontánea de radiación

Fuente: De la Cruz Romero, (2019)

2.3.4. Lámparas Fluorescentes

“Emite luz mediante una capa delgada de material fluorescente excitando por la radiación ultravioleta de la descarga” (Florez, 2012).

Tabla 1 Clasificación de lámparas fluorescentes de acuerdo a reproducción cromática

Grado de reproducción cromática	Índice de rendimiento de color
1 A	>90
1 B	80 a 90
2 A	70 a 79
2 B	60 a 69
3	40 a 59
4	20 a 39

Fuente: Florez, (2012)



Figura 20 Lámparas fluorescentes

Fuente: Florez, (2012)

2.4. Parámetros de la Iluminación

2.4.1. Nivel de Iluminancia

La iluminancia y su distribución en el área de la tarea y en el área circundante tienen un gran impacto en cómo una persona percibe y realiza la tarea visual de un modo rápido, seguro y confortable. Todos los valores de iluminancia especificados en la norma UNE. (De la Cruz Romero, 2019)

La iluminancia es la relación entre el flujo luminoso y la superficie iluminada. Su unidad asociada es el lux y está definido como la iluminancia de una superficie que recibe un flujo luminoso de 1 lm repartido sobre una superficie de un metro cuadrado. La ecuación 6 expresa la luminancia dada por:

$$E = \frac{\Phi}{S} \left(\frac{\text{lm}}{\text{m}^2} \right);$$

Φ : Flujo luminoso

S : Superficie iluminada

La medida del nivel de iluminancia se realiza por medio de un luxómetro, este es un dispositivo que posee una célula que genera una corriente eléctrica dependiendo de la cantidad de luz incidente sobre la superficie de este. (Indalux, 2002)

2.4.2. Deslumbramiento

“El deslumbramiento es la sensación producida por áreas brillantes dentro del campo de visión, y puede ser experimentado bien como deslumbramiento molesto o como perturbador” (Florez, 2012).

“Deslumbramiento Molesto. El índice del deslumbramiento molesto directamente procedente de las luminarias de una instalación de alumbrado interior debe ser determinado utilizando el método de tabulación del Índice de Deslumbramiento Unificado de la CIE (UGR) basado en la fórmula” (De la Cruz Romero, 2019).

$$UGR = 8 \log_{10} \left(\frac{0,25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{\rho^2} \right)$$

En la que:

- L_b es la luminancia de fondo, en cd/m^2 , calculada como $E_{\text{ind}} \times \pi^{-1}$, en la que E_{ind} es la iluminancia indirecta vertical en el ojo del observador.
- L es la luminancia de las partes luminosas de cada luminaria en la dirección del ojo del observador, en cd/m^2 .
- ω es el ángulo sólido (estereorradianes) de las partes luminosas de cada luminaria en el ojo del observador.
- ρ es el índice de posición de Guth para cada luminaria individual, y se refiere a su desplazamiento de la línea de visión. (De la Cruz Romero, 2019)

Como acabamos de indicar, las fuentes luminosas brillantes pueden causar deslumbramiento y pueden impedir la visión de los objetos. Se evitarán, por ejemplo, mediante el apantallamiento adecuado de lámparas o el empleo de sistemas de apantallamiento u oscurecimiento de ventanas, mediante persianas o cortinas. Deben aplicarse los ángulos de apantallamiento mínimos dados en la Tabla 2 para las luminancias de lámparas especificadas. (Dirección general de industria, energía y minas, 2015)

Tabla 2 Ángulos de apantallamiento mínimos para luminancias de lámpara específicas

Luminancia de lámpara $\text{kcd} \times \text{m}^{-2}$	Ángulo de apantallamiento mínimo
20 a < 50	15°
50 a < 500	20°
≥ 500	30°

Fuente: Dirección general de industria, energía y minas, (2015)

2.4.3. Criterios de Iluminación

La iluminación puede usarse para hacer resaltar objetos, revelar la textura y mejorar la apariencia de personas dentro del espacio.

- Dirigir el flujo luminoso hacia la superficie a iluminar
- Iluminar con los niveles justos que garanticen la seguridad
- Ajustar tanto el horario de funcionamiento, como los niveles de la instalación al uso de la zona
- Emplear el color de luz adecuado. (Asociación española de normalización y certificación, 2003)

Dirigir el flujo luminoso hacia la superficie a iluminar.

Dirigir el flujo luminoso hacia la superficie a iluminar, utilizando luminarias y ópticas que no emitan luz hacia el hemisferio superior y otras zonas no deseadas y que aseguren, a su vez, una uniformidad adecuada. De este modo, se minimiza la emisión directa hacia el cielo, los deslumbramientos y la intrusión lumínica en viviendas o espacios naturales.

En el caso de iluminación con proyectores, se utilizarán preferentemente asimétricos y con la orientación adecuada que evite la emisión de luz directa hacia el cielo.

Iluminar con los niveles justos que garanticen la seguridad.

A cada clase de alumbrado un nivel de iluminación medio, denominado valor mínimo de referencia (no obligatorio), que, si bien no puede superarse en más de un 20%, si puede reducirse en pro de una mayor preservación del medio nocturno y ahorro energético.

Ajustar tanto el horario de funcionamiento, como los niveles de la instalación al uso de la zona.

Hay espacios que no es necesario iluminar a partir de una hora determinada, como puede ser el caso de parques y jardines que permanecen cerrados en horario nocturno. Igualmente, tampoco es necesario que permanezcan encendidos carteles o anuncios luminosos de actividades que no ofrecen servicios durante la noche.

Por otra parte, también se consiguen importantes ahorros ajustando el horario de encendido y apagado del alumbrado público al orto y ocaso de cada zona. Para alcanzar este objetivo se recomienda el uso de relojes astronómicos en los cuadros de mando de las instalaciones de alumbrado.

Emplear el color de luz adecuado.

La mayoría de los efectos nocivos de la luz se incrementan cuando ésta es blanca, rica en longitudes de onda corta (azules).

Este tipo de luz se dispersa más por la atmósfera que la amarilla o roja. Además, multitud de especies cercanas a la base de la cadena trófica, como los insectos nocturnos, son más sensibles a la misma. Igualmente, la luz rica en componente azul, también causa mayor afección al ser humano.

Por tanto, si iluminamos con tonos cálidos, disminuye el alcance de la luz dispersa y el efecto causado sobre los seres vivos; se reduce, en definitiva, la contaminación lumínica. (De la Cruz Romero, 2019)

2.5. Sistemas de Iluminación Natural

Según Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE):

En menor proporción se da este tipo de iluminación, que consiste en la iluminación con luz natural que ingresa a los ambientes de diferentes formas: directa e indirectamente, o una suma de las anteriores. En el primer caso la luz puede ingresar a través de una ventana o tragaluz, en el segundo caso puede ser por difusión de la luz solar, y finalmente puede ser la suma de la radiación directa y la difusa. Para que esta iluminación pueda acercarse al confort visual, requiere un diseño especial, que considere ventanas grandes y/o tragaluces de tamaño considerable. (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), 2005)

2.5.1. Clasificación

Para realizar la clasificación de los Sistemas de Iluminación Natural, en primer lugar, se ha tomado en cuenta los estudios anteriores sobre este tema, y que han clasificado a éstos sistemas de forma diferente, pero utilizando criterios

parecidos; como, por ejemplo: lograr la distribución homogénea de la luz natural al interior de un ambiente, la utilización de dispositivos de control de luz y el ahorro energético.

La clasificación más conocida es la que realiza **Martin Kischkoweit-Lopin** quien toma como prioridades de estos sistemas: su disponibilidad en el mercado y la fase de los sistemas, cuales están en fase de prueba (investigación) y cuales en pruebas preliminares (desarrollo). En la siguiente Tabla presenta la clasificación de los sistemas de luz natural y los criterios que utiliza este autor. (Kischkoweit, 2002)

Tabla 3 Clasificación de sistemas de iluminación natural Cada sistema es utilizado en un clima específico y de acuerdo al ingreso de luz (cenital, lateral)

Clasificación de Sistemas de Luz Natural	
Sistemas de sombreado	Sistemas de cortinas primaria mediante luz cenital difusa
	Sistemas de cortinas primaria mediante luz cenital directa
Sistemas ópticos: sistemas de iluminación natural sin sombreado	Sistemas de guía de luz difusa
	Sistemas de guía de luz directa
	Sistemas de dispersión (prisma)
	Luz transportada

Fuente: Kischkoweit, (2002)

Verónica García, hace igualmente una clasificación de los sistemas de iluminación natural para espacios profundos en los edificios, tomando énfasis en los sistemas de Transporte de luz hacia ambientes profundos, como los tubos y guías de luz; y de los cuales se evalúa: el rendimiento energético y las ganancias térmicas, los aspectos económicos en términos de construcción y mantenimiento, seguridad y los aspectos propios del lugar de trabajo, clasificando de la siguiente forma y con los criterios mencionados en la Tabla. (García, 2016)

Tabla 4 Sobre la Clasificación de sistemas de iluminación natural. Importancia de su clasificación radica en la clasificación que hace referido al transporte de luz

Clasificación de Sistemas de Luz Natural	
Sistemas de regulación o guía de luz	
Sistemas de Transporte de luz natural	
Colectores de luz para transporte de luz natural	Colectores de luz pasivos
	Colectores de luz activos
Transportación de luz para transporte de luz natural	Sistemas de lentes
	Sistemas de tubos de luz con espejos
	Sistemas de tubos de luz prismáticos huecos
Distribución de luz	Extracción de luz
	Emisión de luz

Fuente: García, (2016)

Así también, **MG Nair y colegas**, enfatiza el transporte de luz a ambientes profundos como lo realiza Verónica García, planteando una clasificación de sistemas de mejora de la iluminación natural que puedan transportar luz desde los exteriores hasta los ambientes profundos de un edificio en base a fenómenos físicos a partir de guías y/o tubos de luz en condiciones de cielo claro o despejado.; además toma en cuenta principalmente solo el comportamiento del sistema, la integración de estos sistemas en el edificio y su fuente de energía, como se ve en la Tabla (Nair, 2014)

Tabla 5 Clasificación de sistemas de iluminación natural. importancia de su clasificación radica en la clasificación que hace referido al transporte de luz a ambientes profundos de la edificación a través de principios físicos

Clasificación de Sistemas de Luz Natural
➤ Sistemas de guía de luz - Sistemas con luz directa: Reflexión de luz - Sistema de estante de luz, repisa de luz, guía de luz y sombra, microguía de luz, sistema de haz de luz , paneles prismáticos, sistema de acristalamiento prismático y lamina de recubrimiento, panel de canalización de luz. - Sistemas con luz difusa: Concentración de luz - Sistema de techo anidólico, anidólico integrado, persianas solares, anidólico de guía de luz cenital. ➤ Sistemas de Colectores de luz - Sistemas pasivos - Sistemas de re-direccionamiento de la luz: panel cortado con láser. - Sistemas de concentración de luz: concentradores anidólicos, fibras solares fluorescentes - Sistemas activos - Sistemas de re-direccionamiento de la luz: heliostatos, iluminación por espejos solares. - Sistemas de concentración de luz: lentes de fresnal, espejos parabólicos. ➤ Sistemas de guía de luz cerradas - Sistema especular de reflexión múltiple - Tubo con espejos de luz: tubos verticales, tubo doble - Sistemas de reflexión interna total - Guía de luz hueco: tubo de luz prismático. - Guía de luz solido: fibra óptica, iluminación solar de fuente remota, varilla óptica - Sistemas convergentes: lentes ➤ Sistemas difractivos de luz - Sistemas holográficos y lamina de recubrimiento - Sistemas holográficos ópticos ➤ Sistemas híbridos

Fuente: Nair, (2014)

La clasificación del EIA se basa en la que realiza Kischkoweit-Lopin, pero además agrega a los criterios de elección de este autor , criterios como los principios físicos de funcionamiento, y otros cálculos para evidenciar la eficiencia y eficacia del sistema. Así mismo, agrupa a aquellos sistemas que

pueden trabajar con intercambiando energía eléctrica, así se muestra en la en la Tabla. (International Energy Agency EIA, 2000)

Tabla 6 Sobre la Clasificación de sistemas de iluminación natural

Clasificación de Sistemas de Luz Natural	
Sistemas de transporte de luz natural	Sistemas de estantes de luz
	Sistema de persiana y cortinas de luz
	Sistema de paneles prismáticos
	Sistema de panel cortado con laser
	Sistema de claraboya selectiva angular
	Sistema de cortinas de guía de luz
	Sistema de cristal lumínico dirigido
	Sistema cenital de cristal lumínico dirigido con elementos ópticos holográficos
	Sistema de luz direccionada con protección selectiva a partir de elementos ópticos holográficos
Sistemas con controles de luz-sensible (luz natural y eléctrica)	Sistema de persianas colares anidólicos
	Sistemas con comportamiento en luz natural y eléctrica
	Los sistemas de control de iluminación eléctrica

Fuente: International Energy Agency EIA, (2000)

Y finalmente, **E.J. Gago**, clasifica los sistemas de iluminación natural de tal forma que cumplan no solo con proteger a los ocupantes contra el deslumbramiento a causa de la luz directa, sino también maximizar la penetración de la luz natural en los edificios basándose en las preferencias de los ocupantes, permitiendo al mismo tiempo la reducción del consumo eléctrico para iluminación y calefacción; para lo cual plantea sistemas en base a estrategias de control y la dirección de la luz, clasificando. (Gago, E.J., Muneer, T., Knez, M. and Köster, 2015)

Tabla 7 Sobre la Clasificación de sistemas de iluminación natural Cada sistema es utilizado en un clima específico, de acuerdo a la dirección de la luz (cenital, lateral) y estrategias para el control de ingreso de luz

Clasificación de Sistemas de Luz Natural	
Sistemas de iluminación Lateral	Sistemas de estantes de luz
	Sistemas de cristales prismáticos
	Sistemas de espejos y hologramas
	Sistemas de techos anidólicos
	Sistemas de celosías y persianas
Sistemas de iluminación cenital	Sistemas de claraboya
	Sistemas con monitor de techo y sistemas de diente de sierra
	Sistemas de tubos de luz

Fuente: Gago, E.J., Muneer, T., Knez, M. and Köster, (2015)

2.6. Tecnologías de Iluminación Pasivas

2.6.1. Reflectores Solares

El reflector solar fotocélula es un sistema de captación de luz natural que aumenta la iluminación de espacios internos y externos. Se compone de lámpara solar tipo LED, panel solar, batería eléctrica, inversor y controlador de carga. La batería, que también puede ser de ión de litio, obtiene su energía de paneles solares fotovoltaicos. (Innes, 2012)

Este tipo de iluminación respeta el medio ambiente y es altamente rentable. Puede reemplazar las velas o lámparas de keroseno en zonas remotas. Los reflectores solares tienen menor costo de operatividad, ya que la luz natural es libre y renovable. No producen contaminación por combustión.

Los reflectores solares externos e internos son un muy buen sistema independiente de iluminación en cualquier ambiente. La clave está en colocar lámparas solares en sitios estratégicos para aprovechar todo su potencial. Los lugares que más requieren iluminación son caminerías de jardines y patios, entradas de las casas y garajes.

Diseñan varios modelos de reflectores de luz solar y paneles en diversos tamaños. Toman en cuenta no sólo la forma de funcionamiento, sino también

que se valen de tecnología e innovación para plasmar estilo en la decoración de ambientes.

Los modelos que existen en el mercado abarcan varios tamaños y configuraciones para adaptarse a cualquier lugar. Para elegir el tipo de proyector solar de led más conveniente toma en consideración el uso que le darás, la ubicación y el espacio disponible o campo de iluminación. (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), 2005)

2.6.2. Tubos Solares

El tubo de luz transporta verticalmente la luz en el edificio, en esta sección se toma importancia al sistema de transporte y distribución de luz. Estos tubos, consisten en tubos circulares o rectangulares que transportan la luz recogida de las fachadas del edificio y techos en espacios profundos del interior de los edificios. Estos tipos de sistemas de iluminación natural se pueden utilizar en conjunto para maximizar el uso de la luz del día para iluminación interior mediante la explotación de diversas características funcionales cuya característica es superar las condiciones locales adversas. Al maximizar la salida de cada sistema cuando los factores ambientales son óptimos, es posible obtener la máxima eficiencia. (Laouadi, 2013)

2.6.2.1. Tubo de luz con Espejos Especulares.

El Sistema de Iluminación Natural de Tubo de Luz de Espejos Especulares, transporta la luz a las plantas de un edificio, siendo de sección circular. Es utilizado principalmente en zonas de cielo nublado y bajo luz difusa, sin embargo, hay estudios que indican la utilización de estos bajo cualquier clima adicionando dispositivos que protectores de la luz directa; la ventaja de este sistema es que el tubo puede cambiar de ubicación, realizando pequeños quiebres, de acuerdo a la necesidad del ambiente o simplemente permanecer de forma lineal y poder extraer la luz a diferentes ambientes de la planta. La parte interior del tubo es especular, porque los rayos de luz reflejados en la tubería transportan la luz a medida que se reflejan en toda la tubería. (Victoria, 2004)

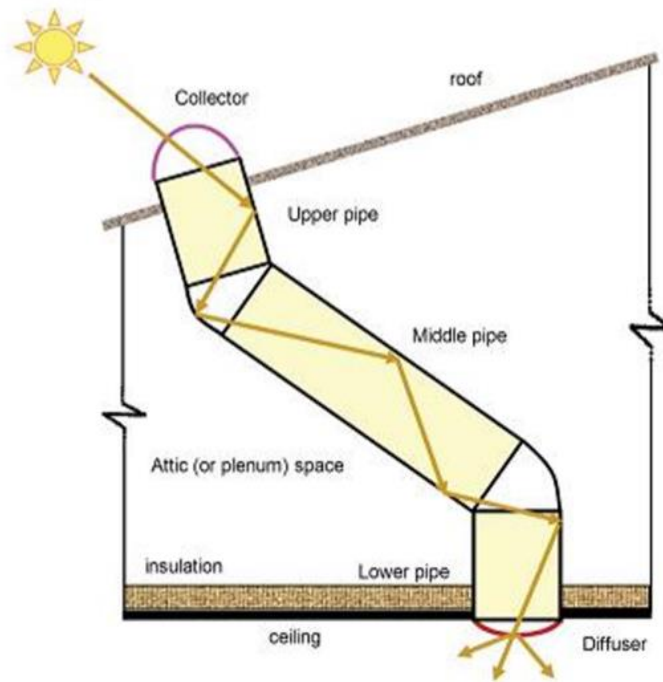


Figura 21 Modelo Óptico de Tubo de luz de Espejos Especulares

Fuente: Victoria, (2004)

2.6.2.2. Tubo de Luz con Micro-prismas

Este sistema pasivo inicia con un concentrador de luz, tipo Colimador, cuya función es que el haz de luz divergente homogenice su trayectoria, para ser re-direccionado al tubo de luz prismático. Luego, este sistema es conectado a un tubo prismático; que contiene dos elementos: A. el tubo Prismático en sí, y B. una Guía de luz. Así, el tubo prismático (A), que es un tubo hueco forrado con Micro-prismas de ángulo recto en todo su perímetro (he de ahí su forma rectangular) permite que la luz de refracte al interior éste, transportando la luz en toda la longitud del tubo; de tal forma que la luz reflejada en el tubo, algunos son transportados por el aire y otros son emitidos hacia la habitación, con la ayuda de la guía de luz (B). Una guía de luz interior (B), llamada PPMC, que es una lámina de un material reflejante, se ubica interiormente en el centro del tubo, y su función es absorber la luz que sale de los prismas y convertirlo en luz difusa, la cual será reflejada nuevamente hacia el exterior por las paredes del tubo, logrando una distribución homogénea de la luz. En la Figura se observa el esquema en perfil de la instalación de estos dos elementos. Por lo tanto, puede ser

utilizado en climas cálidos y templados, bajo luz directa especialmente; puede ser utilizado en cielo nublado pero la distancia de transporte de luz vertical varía.

Siendo la dimensión del tubo para el caso de estudio (oficinas), es de 9.9m de longitud que permite iluminar cuatro pisos y con una sección cuadrada de 0,50 m x 0,65 m; y la guía de luz PPMC de 2m de longitud y de 0.10 a 0.20m de diámetro. Actualmente este sistema es comercial y presenta mejoras sustanciales, con características más versátiles y adaptables a la arquitectura y construcciones existentes. (Victoria, 2004)

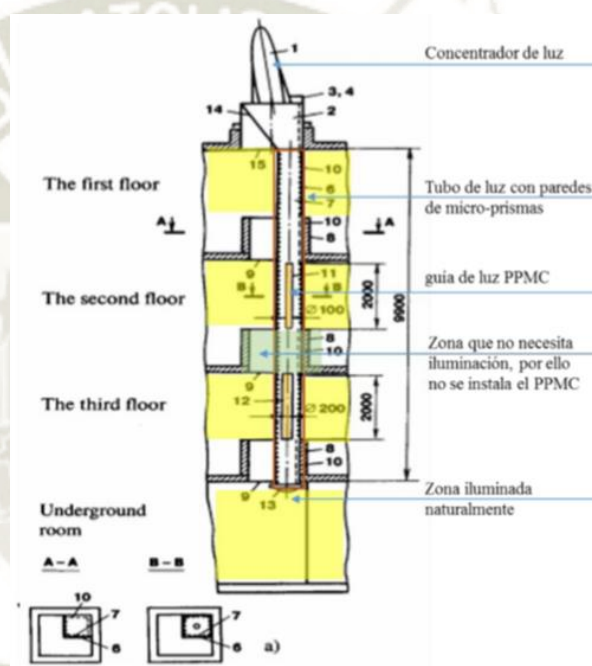


Figura 22 Tubo de luz Prismático, modelo Heliobus. Esquema funcionamiento del sistema en un edificio de cuatro niveles

Fuente: Victoria, (2004)

2.6.3. Fibra óptica

Una Fibra óptica es una guía de onda dieléctrica, que se caracteriza fundamentalmente por su diámetro pequeño, consisten típicamente en una fibra de núcleo transparente de índice de refracción n_1 rodeada por un revestimiento de vidrio transparente de índice n_2 ligeramente inferior, estando cerrados ambos en una funda protectora opaca. Desde 1964 hasta la fecha se han realizado investigaciones para aplicar la fibra óptica en el campo de las comunicaciones, de la medicina, de la

industria, etc., sin embargo, en el campo de las energías renovables y de la iluminación natural interna las investigaciones han sido puntuales.

Transmisión de luz por Fibra óptica.

Debido a la diferencia de índices de refracción entre el núcleo y el revestimiento la luz se refleja al interior de la guía totalmente, describiendo líneas en zigzag (Si los índices de refracción no varían en función del radio r del núcleo). (De la Cruz Romero, 2019)

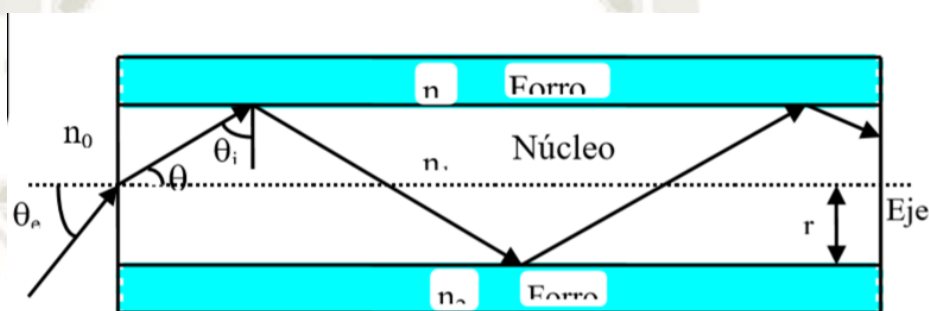


Figura 23 Reflexión interna total en una fibra óptica

Fuente: De la Cruz Romero, (2019)

En la figura anterior se muestra una sección transversal a lo largo del eje de un núcleo de una fibra óptica de índice de refracción n_1 con revestimiento o recubrimiento de índice n_2 . Un rayo que entra al núcleo desde un medio externo de índice n_0 con un ángulo θ_e formará un ángulo θ_i respecto al eje interior del núcleo. La relación entre los ángulos, dada por la ley de Snell, es:

$$\text{sen}\theta_i = \frac{n_0}{n_1} \text{sen}\theta_e$$

Finalmente se tiene:

$$\text{sen}\theta_e = \frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{n_0}$$

Donde:

θ_e = ángulo de entrada respecto al eje del núcleo, rad o grad

η_1 = índice de refracción del núcleo, adimensional

η_2 = índice de refracción del recubrimiento, adimensional

η_0 = índice de refracción del medio externo, adimensional

Para el aire como medio externo ($\eta_0=1$), luego la anterior ecuación se reduce a. (De la Cruz Romero, 2019)

$$\text{sen}\theta_e = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

2.6.4. Heliostato

Un heliostato es un eje montado en espejo movido por un reloj o una computadora para reflejar un rayo de sol de manera constante en una dirección. Se puede considerar como un girasol electrónico. Al rastrear el movimiento del sol a través de espejos, la luz del sol se redirige a lo largo de un eje fijo hacia un blanco estacionario o receptor solar.

El tratamiento posterior de este haz variará en función de la aplicación final: Reflectores secundarios para re-direccionamiento, materiales difusores para crear una mejor distribución, o conductos de sol para transportar la luz por dentro del edificio.

Como resultado tenemos los efectos de luz espectaculares, un nuevo concepto en diseño de iluminación. Gracias a su capacidad de redireccionamiento y su potencia lumínica podremos alcanzar lugares insospechados como galerías subterráneas, estaciones de metro, plantas bajas, iluminar grandes espacios como patios de luces o vestíbulos.

Añadiendo un segundo espejo, se puede iluminar también patios que normalmente reciben muy poca luz solar o solo la reciben a ciertas horas., aumentando así la iluminación efectiva de estos espacios, proporcionando luz y calor en el interior del patio y dentro del edificio. (Figueroa, 1989)

El uso de Heliostatos de forma cóncava y convexa permite la concentración y extensión de luz. La forma cóncava del heliostato permite la concentración de la luz solar y su reflexión mediante un espejo relativamente pequeño. De esta manera se puede llevar luz del heliostato al interior, por un pequeño hueco en la fachada. Dentro del edificio el haz de rayos es expandido de nuevo e ilumina y calienta la zona deseada. (Florez, 2012)

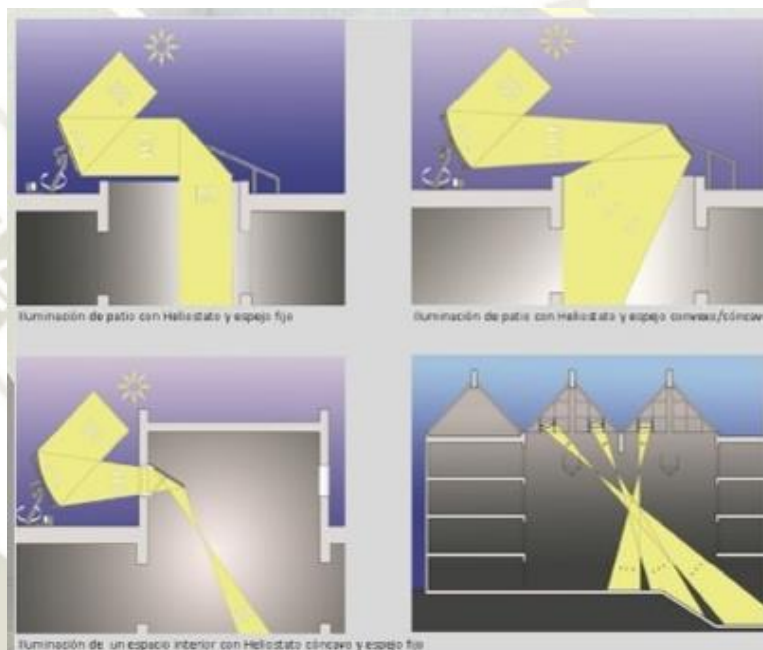


Figura 24 Heliostatos de forma cóncava y convexa

Fuente: Flórez, (2012)



CAPÍTULO III

3. DISEÑO DE ILUMINACIÓN MEDIANTE TUBOS SOLARES

3.1. Generalidades

En el capítulo anterior se vio la importancia de la iluminación natural en los diferentes tipos de proyectos, en nuestro estudio se efectuará el diseño de iluminación de las áreas comunes de una vivienda multifamiliar con luz natural mediante el sistema de tubos solares con su captador de luz y además se considerará la iluminación artificial. Existen diferentes sistemas que utilizan la luz natural, pero tienen un mayor costo y requieren mayor mantenimiento. Se utilizará la luz natural para la iluminación del estacionamiento y de las gradas y hall de todos los niveles, la vivienda multifamiliar cuenta con un semisótano de estacionamientos y cuatro pisos de departamentos.

3.2. Descripción de la vivienda multifamiliar

La vivienda multifamiliar está ubicada En Urb. Ecológica Casa Lago San José, Distrito, Provincia y Departamento de Arequipa, esta en etapa de proyecto y se piensa ejecutar cuando se concluya el trámite de la licencia de construcción, que por el tema de la situación actual de la pandemia aún está pendiente de trámite. La vivienda tiene un área de terreno de 200 m² y cuenta con cinco niveles, un semisótano para los estacionamientos y los cuatro niveles son departamentos de vivienda.

“El departamento de Arequipa está ubicado en el sur del país, con las siguientes coordenadas geográficas: 70°48'15" a 70°05'52" de latitud oeste y 14°36'06" a 17°17'54" de latitud sur” (De la Cruz Romero, 2019).

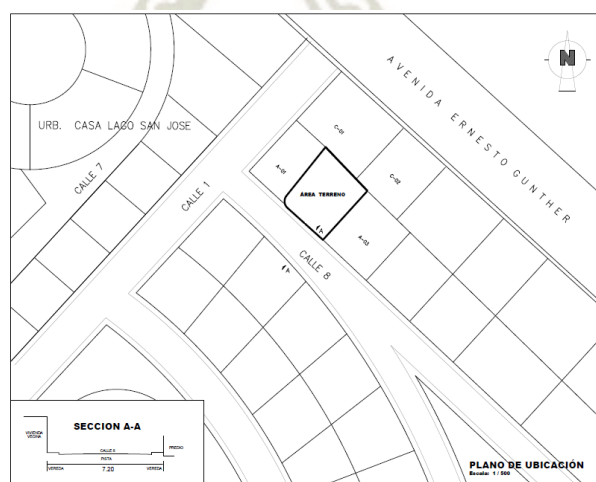


Figura 25 Plano de ubicación de la vivienda multifamiliar

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan los planos de planta de todos los niveles.

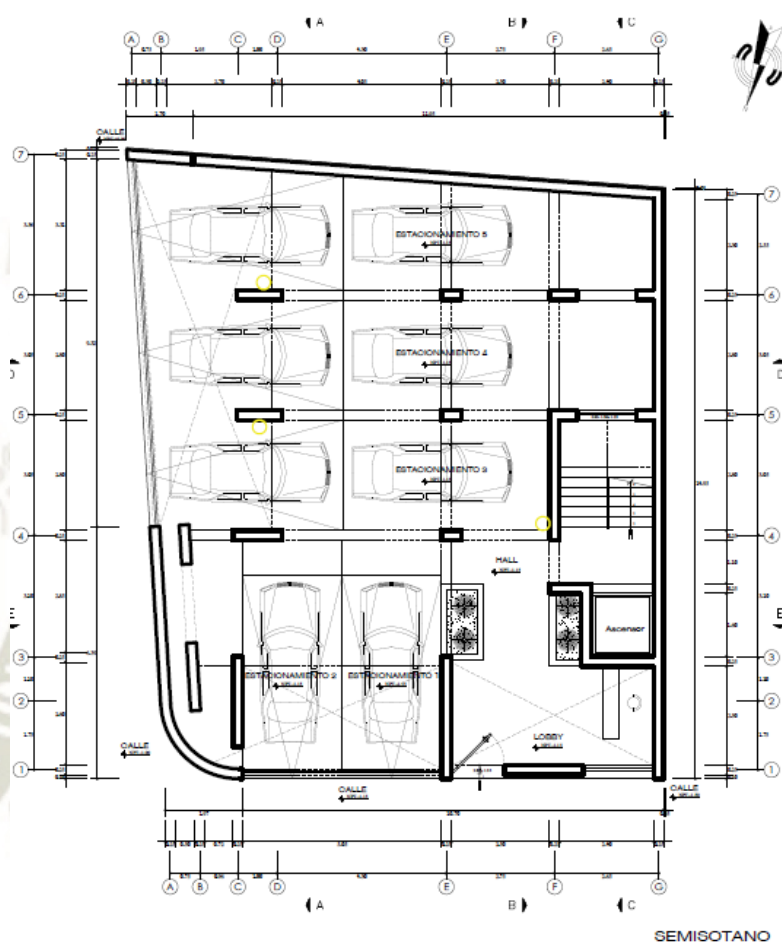


Figura 26 Plano de planta del nivel semisótano

Fuente: Elaboración propia

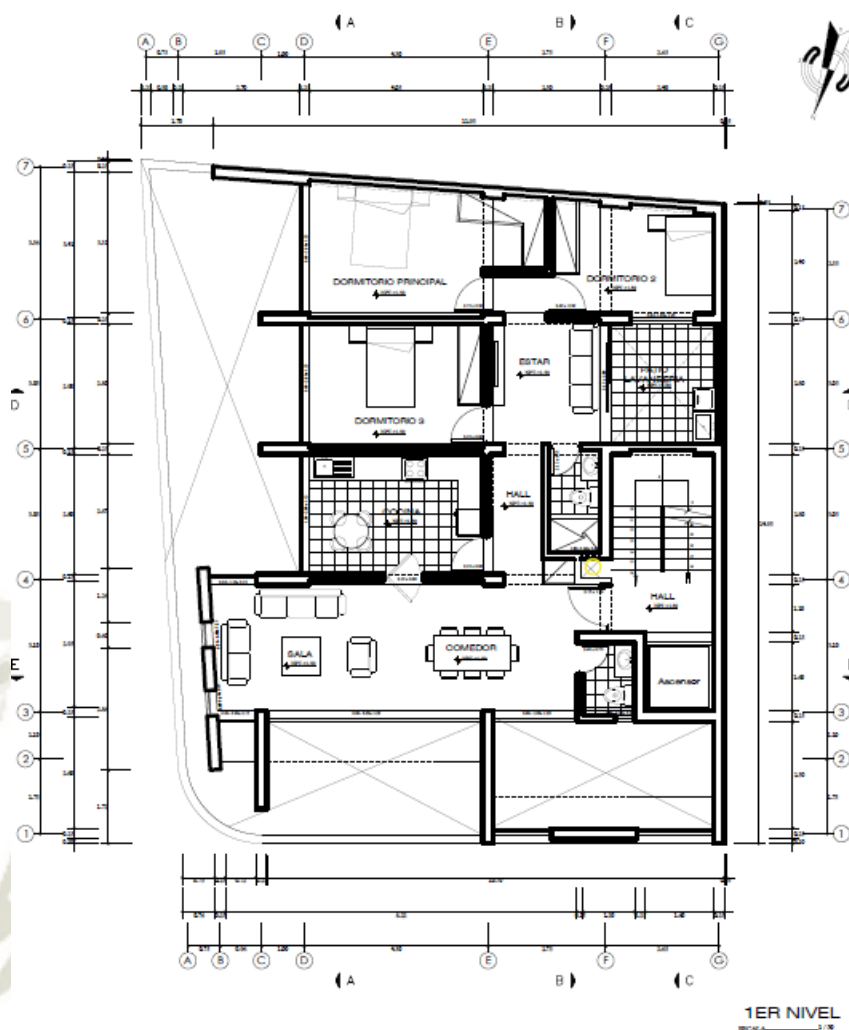


Figura 27 Plano de planta del primer nivel

Fuente: Elaboración propia

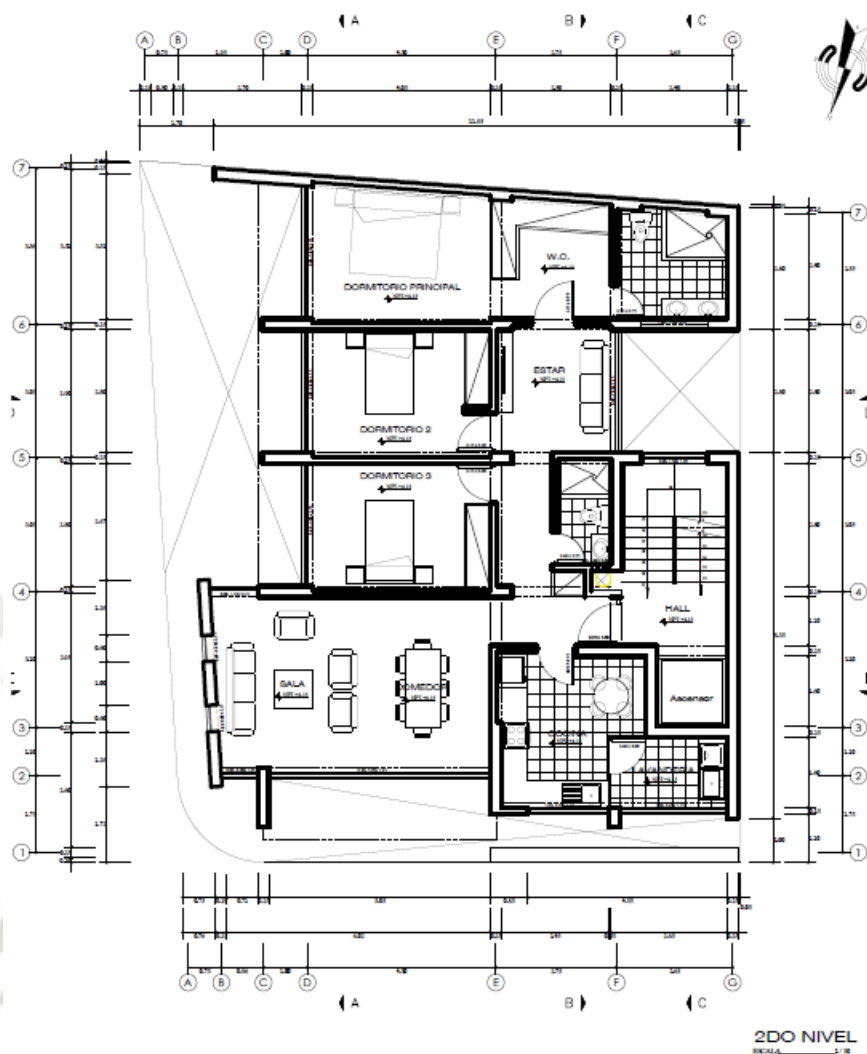


Figura 28 Plano de planta del segundo nivel

Fuente: Elaboración propia

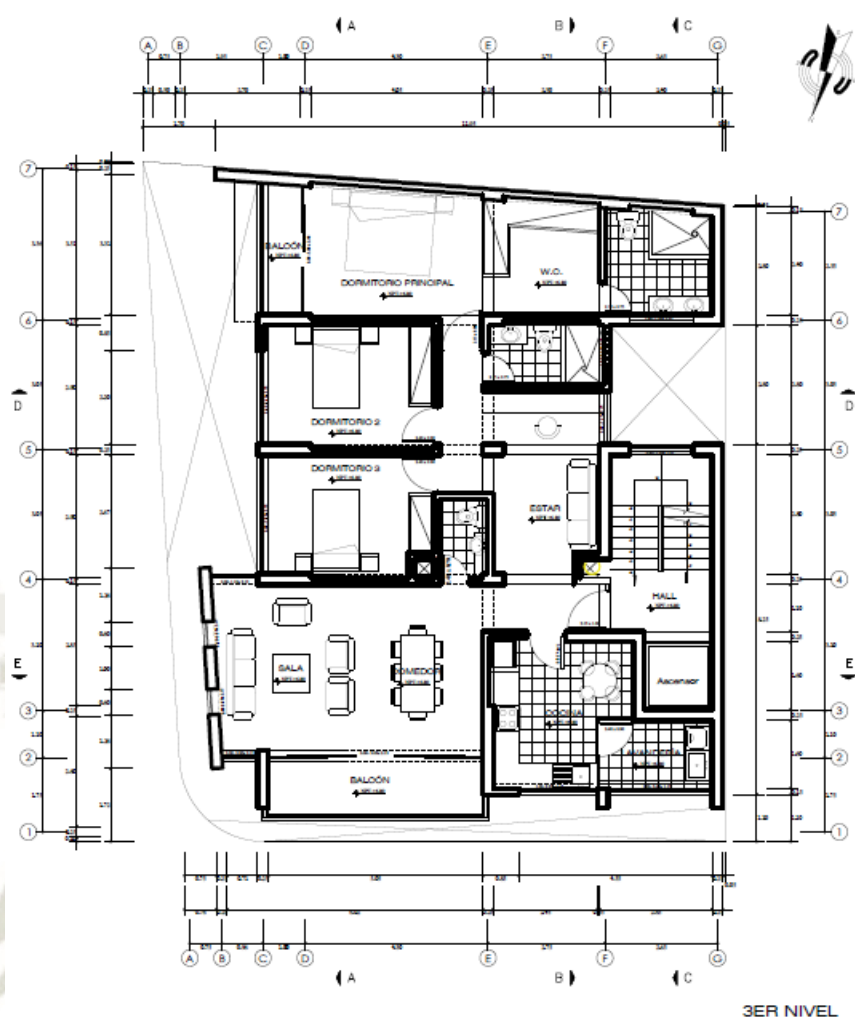


Figura 29 Plano de planta del tercer nivel

Fuente: Elaboración propia

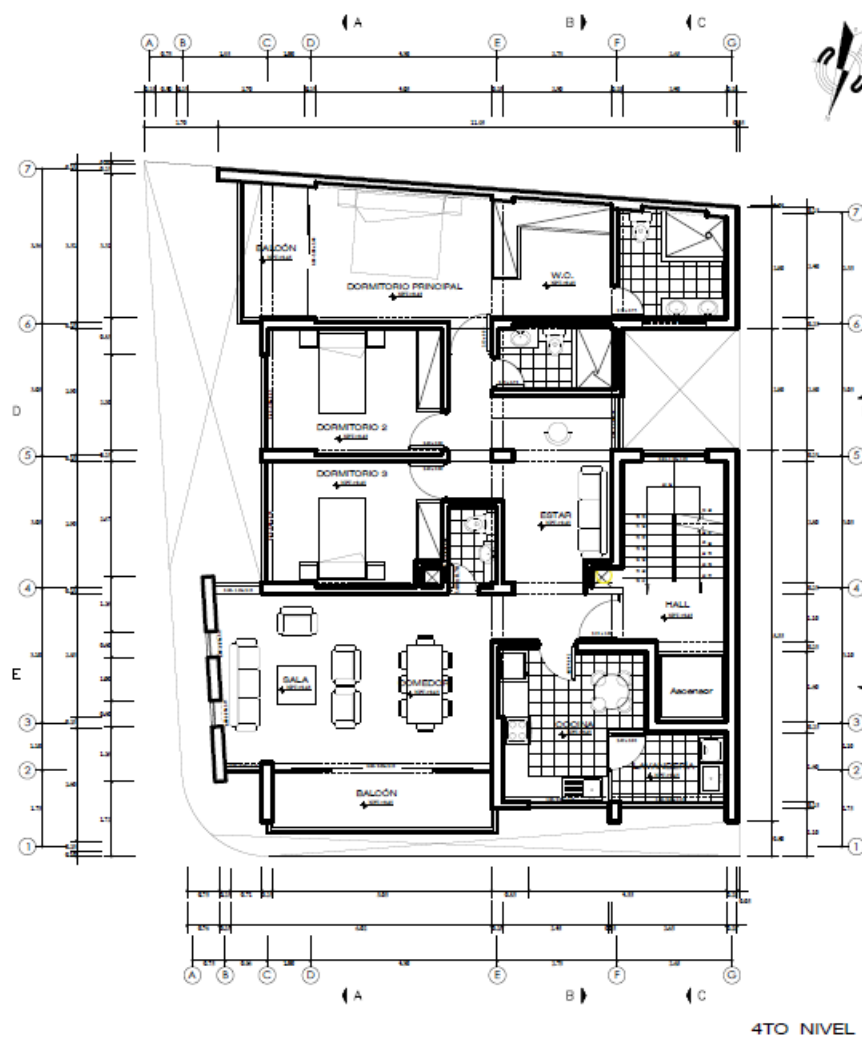


Figura 30 Plano de planta del cuarto nivel

Fuente: Elaboración propia

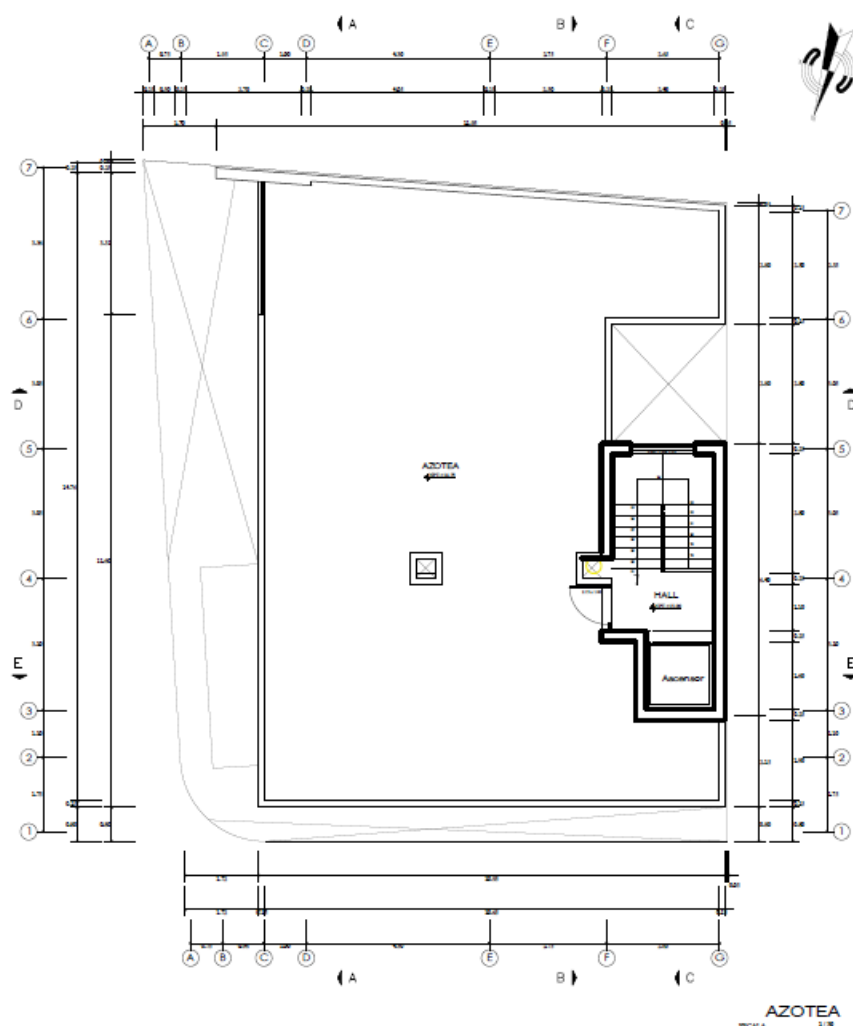


Figura 31 Plano de planta del nivel azotea

Fuente: Elaboración propia

Se puede identificar en los planos de planta las áreas a iluminar, así como el diseño de las aberturas (de acuerdo a la coordinación con la especialidad de arquitectura) para el hall y las gradas se tiene una abertura a un costado del ingreso al hall que viene desde la azotea hasta el estacionamiento en el eje F-4, además se considerara también ingreso de luz directo al estacionamiento en el eje D-5 y D-6. Es importante mencionar que las gradas y el hall de todos los niveles no tiene ventanas, ya que la ubicación de estas colinda con un terreno ocupado y construido, por lo cual no pueden existir ventanas hacia esa zona ocupada.

El hall y gradas, que forma parte del objetivo de las áreas comunes a iluminar cuenta con un área de 10 m², con una altura de acuerdo al plano de corte tiene 2.40m y el hall-gradas tiene una dimensión de 2.40m x 4.15m.

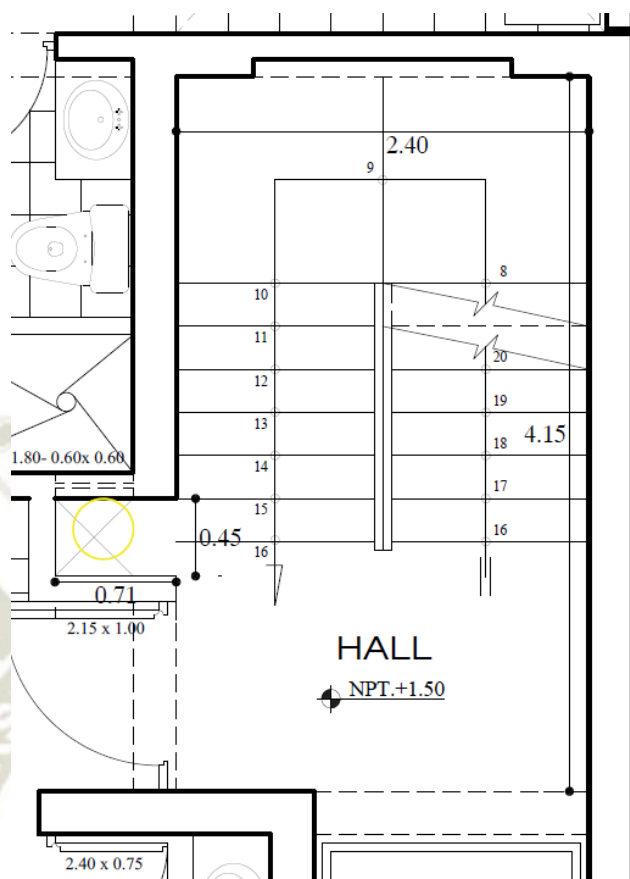


Figura 32 Plano de planta del hall-gradas
Fuente: Elaboración propia

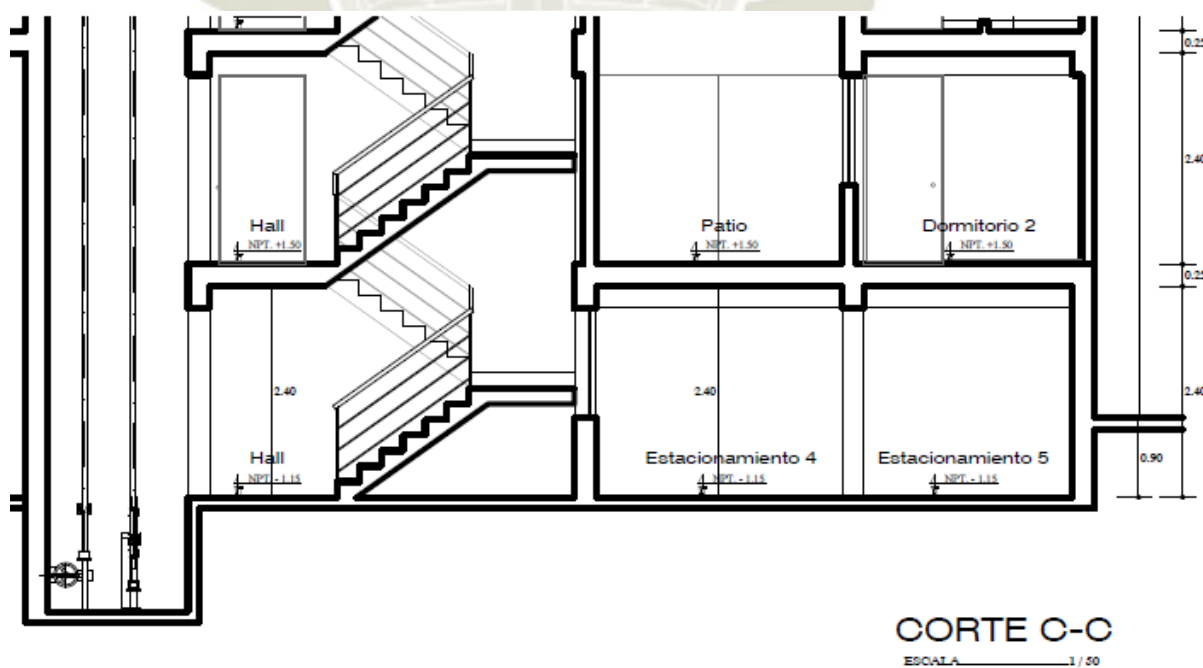


Figura 33 Plano de corte del hall-gradas y estacionamientos
Fuente: Elaboración propia

El estacionamiento tiene una altura de 2.40m sobre el nivel de piso terminado, y un área de 90 m², pero sumando el área colindante de hall, sería de acuerdo al siguiente detalle:

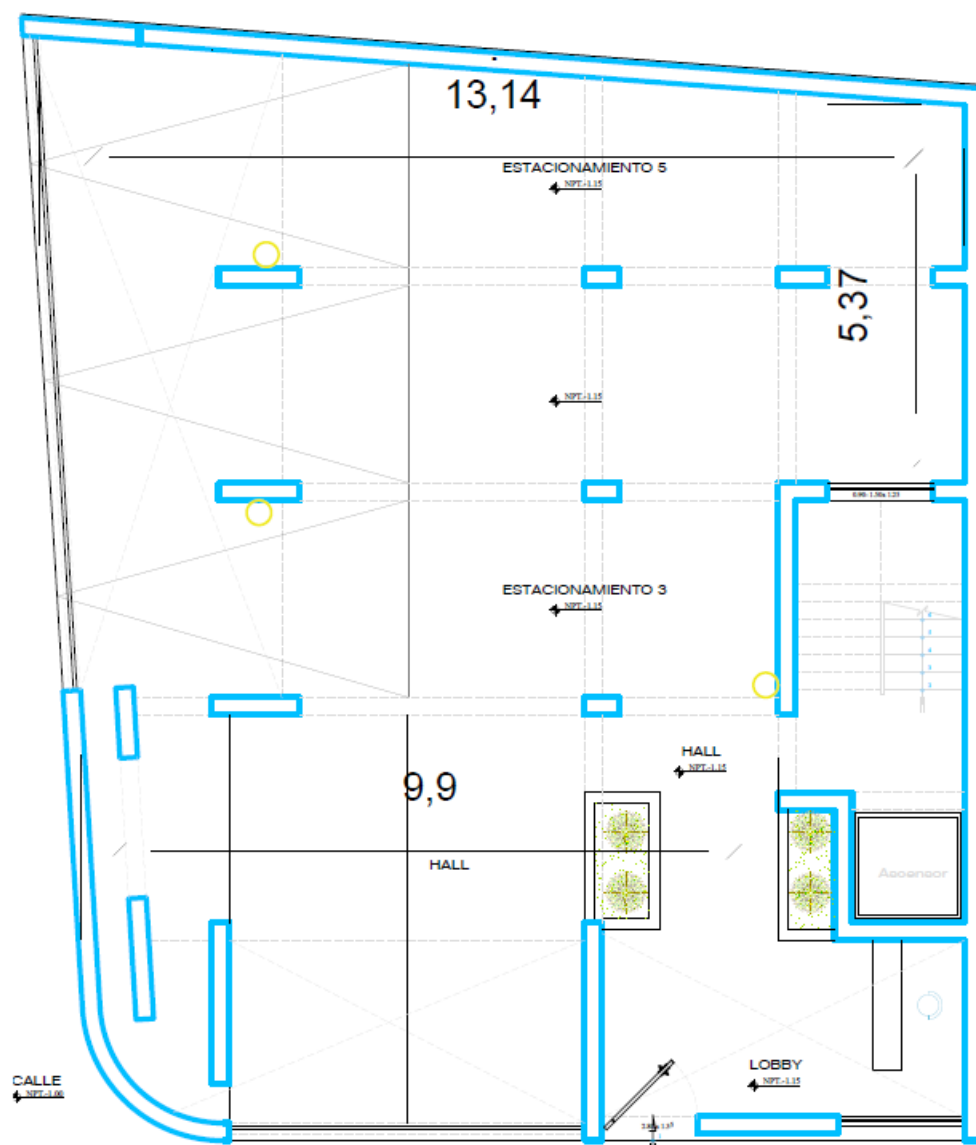


Figura 34 Plano de planta del hall-gradas y estacionamiento

Fuente: Elaboración propia

Para mejorar la distribución luminosa dentro de las áreas comunes se ha considerado el uso de pintura blanca para los techos y paredes, y los pisos del estacionamiento de cemento, y los del hall y gradas de cerámicos de tonos semiclaros. Esto de acuerdo al cuadro de vanos del proyecto de arquitectura.

3.3. Componentes del sistema

3.3.1. Tubos solares

Son conductos que tienen la característica de tener una gran reflectancia que permite el transporte de la luz solar al interior del edificio. Dependiendo del material de los tubos pueden llegar a tener un factor reflectante del 98%, transportando la luz con las menores pérdidas hasta 21 m. además la salida del tubo solar puede ser solo una o puede tener varias salidas, en el caso de nuestro proyecto para el área de hall y escalera se propone un solo ducto solar con salidas laterales en cada nivel. Y para el estacionamiento dos ductos con varias salidas.

3.3.2. Cúpula de vidrio

Deja pasar la máxima cantidad de luz, y filtra los rayos UV ultravioleta y el ruido, debe tener una resistencia mecánica al impacto, doble capa de vidrio para evitar la condensación y filtrar el ruido. Se pueden instalar en todo tipo de techos tanto planas como inclinados, a diferentes alturas. Existen cúpulas redondas que sobresalen a la superficie y también las que quedan al mismo nivel del piso terminado (en azotea).

3.3.3. Celosía en cúpula

Son celosías reflectantes de aluminio de alta reflexión, que captura y redirigen la luz del sol hacia los ductos que se encuentran en la cúpula del sistema.

3.4. Cálculo de iluminación convencional, con iluminación artificial

Para realizar la iluminación de las áreas comunes durante el día con el aporte de la luz natural de los ductos solares y para realizar el cálculo en la noche con la iluminación artificial, existen diferentes softwares de iluminación que nos lo proporcionan los fabricantes de lámparas y luminarias en los cuales se puede solo utilizar los equipos que fábricas, pero además encontramos dos programas de iluminación libres DIALUX y RELUX, la ventaja de estos programas además de ser libres nos permiten utilizar las librerías de luminarias y lámparas de la gran mayoría de fabricantes, solo con descargar la información que nos proporcionan los diferentes fabricantes.

De ambos programas el que más se utiliza es el DIALUX, es el que tiene mayores premios y reconocimientos en Europa. Por ello se ha seleccionado dicho software para nuestro estudio de la presente tesis. Podemos resumir el procedimiento de cálculo en dicho programa y luego presentar los resultados:

1. Instalar el software Dialux 4.13 (o Dialux EVO)
2. Instalar las bases de datos de las luminarias y lámparas (la marca elegida para el proyecto), para ello se descargará primero dicho archivo de la página web correspondiente (ejemplo OSRAM, PHILIPS, GENERAL ELECTRIC, etc.)
3. Se procede a abrir el software Dialux, y se selecciona proyecto nuevo, nos parece por defecto el área de un ambiente a iluminar, con dimensiones y altura predeterminadas y aceptamos, solo modificamos la altura.
4. Luego procedemos a importar el plano de Autocad (el archivo dwg) donde se tienen los planos de planta del proyecto (de preferencia dicho archivo deberá de guardarse previamente en Autocad versión 2007 o antes para que sea reconocido por el Dialux, además es importante que dicho archivo no sea muy pesado por lo que se recomienda borrar los cortes, detalles, cuadros e imágenes innecesarios para el cálculo de iluminación.
5. Una vez importado el plano de plantas, aparece dicho plano en el Dialux, y procedemos ahora con la opción de “Elaborar geometría del local” modificar el ambiente predeterminado de acuerdo a la nueva geometría de cada ambiente que se va a iluminar.
6. Cuando ya se cuente con la geometría exacta del ambiente, se procede a insertar las luminarias y lámparas elegidas de acuerdo al tipo de actividades que se desarrollara en dicho local.
7. Antes del cálculo final, se tendrá que establecer los materiales, texturas y colores de las paredes, techos y pisos, así como el plano de trabajo, el factor de mantenimiento, y además se puede añadir mobiliario, y características especiales de arquitectura, ventanas, puertas, claraboyas.
8. De acuerdo al marco teórico donde se presentaron los valores establecidos de iluminación normados por el Reglamento Nacional de Edificaciones. Se presenta a continuación los valores que se utilizaran:

Estacionamientos bajo techo	50
Zonas comunes (aplicable a zonas comunes de cualquier tipo de edificación)	
Vestibulos de entrada	100
Salas de estar (pública)	200
Áreas de circulación y pasillos	100
Escaleras, escaleras mecánicas y transportadores (de personas)	150
Ascensores, montacargas	100
Rampas/andenes/patios de carga	150

Tabla 8 Valores de iluminación de acuerdo al Norma

Fuente: Elaboración propia

Técnica EM.010 “Instalaciones eléctricas interiores” del Reglamento Nacional de Edificaciones

El plano útil a considerar en el estacionamiento es del nivel del suelo y para las gradas y el hall será a nivel del suelo, de acuerdo a lo que indica la normatividad R.N.E.

Se ha seleccionado luminarias Philips, con lámparas LED. De diferentes modelos para cada aplicación.

3.5. CALCULO HALL-GRADA

Se han seleccionado cuatro luminarias tipo SPOT empotradas de 11.6W, marca PHILIPS modelo DN130B D165 1xLED10S/830, se presenta la imagen de planta de la propuesta en el software:

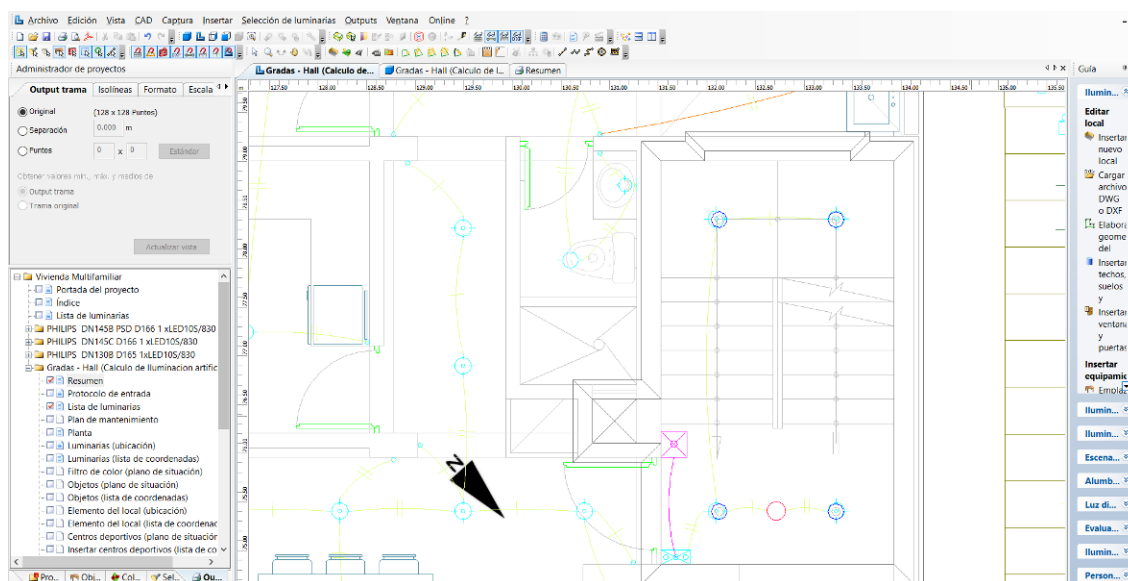


Figura 35 Distribución de luminarias. Planta del hall gradas con las luminarias

Fuente: Elaboración propia

Edificación 1 · HALL-GRADAS 2 Resumen

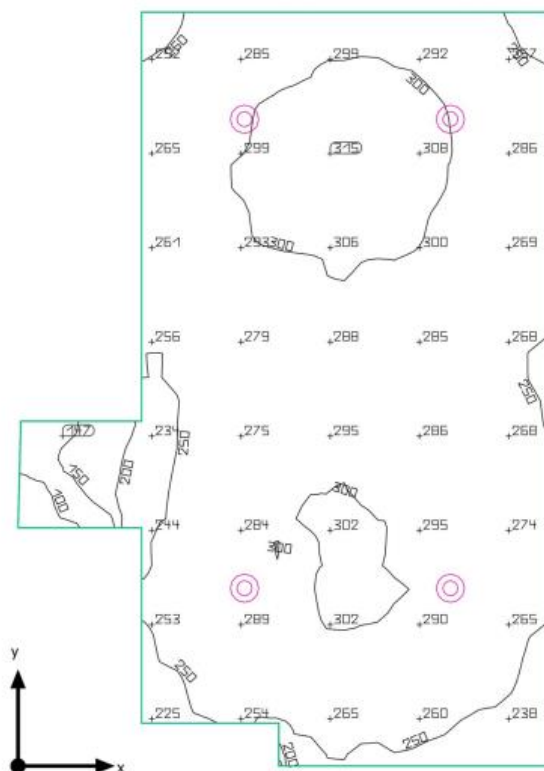


Figura 36 Resumen de resultados. Planta del hall gradas con las luminarias

Fuente: Elaboración propia

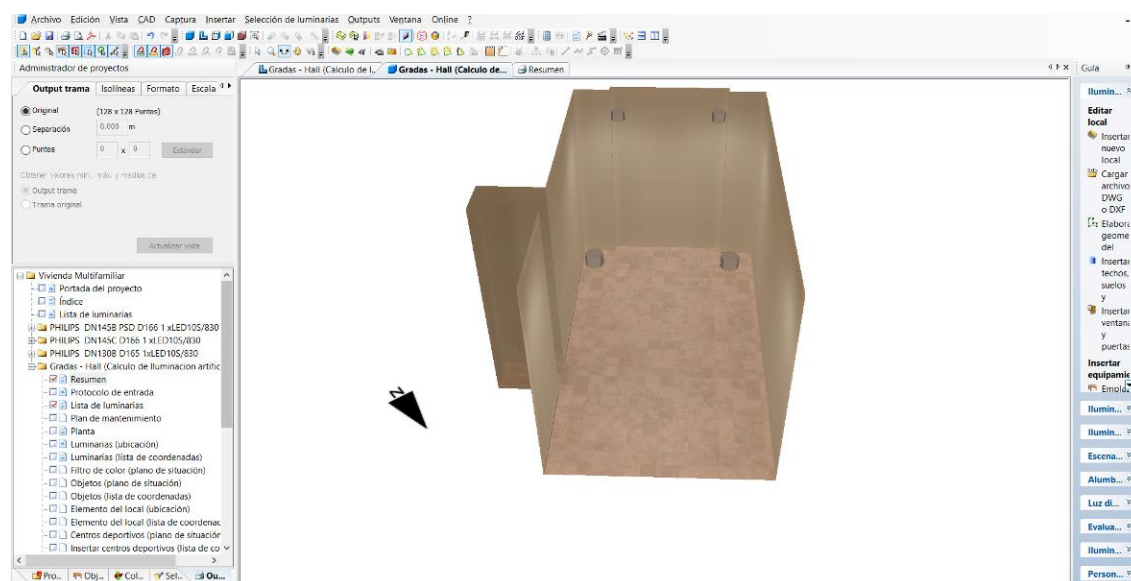


Figura 37 Distribución luz artificial 3D en gradas-hall

Fuente: Elaboración propia

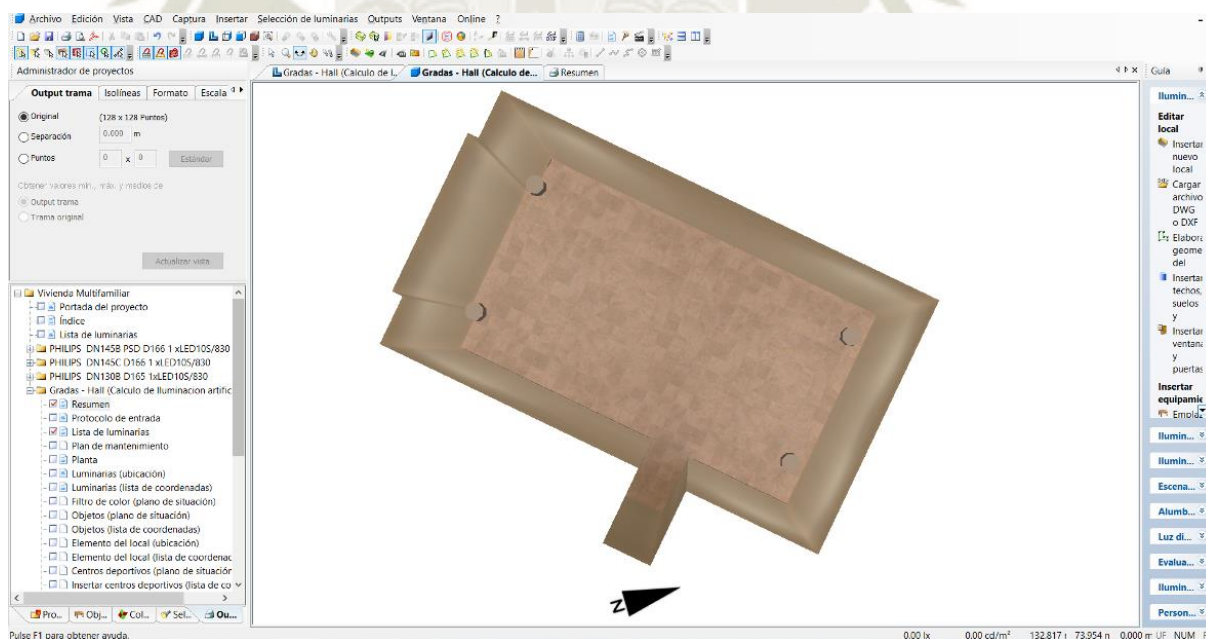


Figura 38 Distribución luz artificial 3D en gradas-hall

Fuente: Elaboración propia

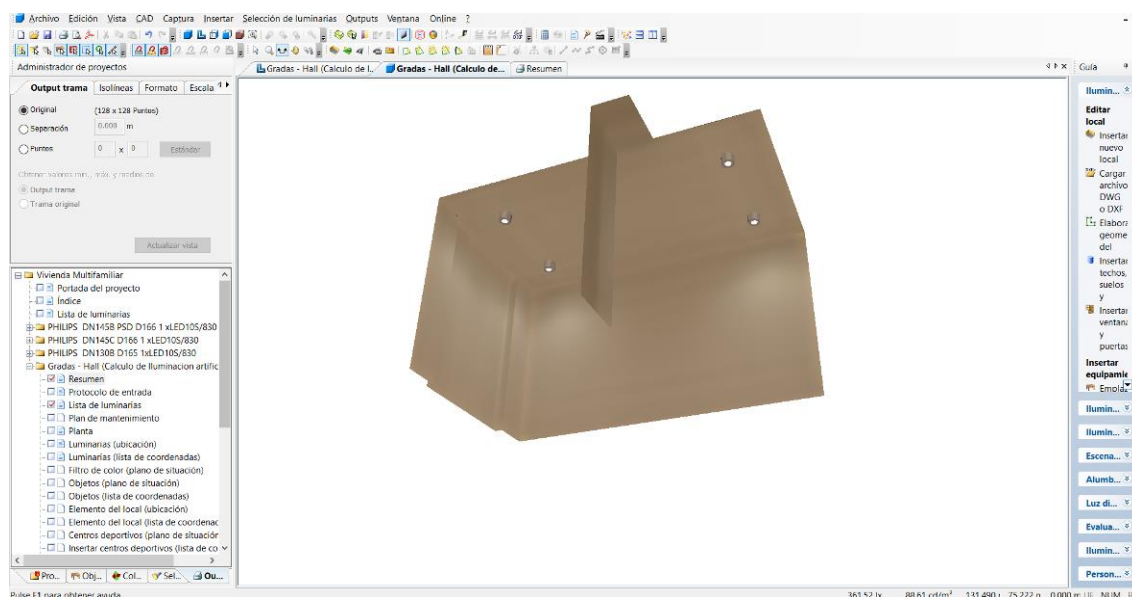


Figura 39 Distribución luz artificial 3D en gradas-hall

Fuente: Elaboración propia

Se ha considerado los materiales y colores plasmados en el cuadro de acabados de los planos de arquitectura, por lo que los grados de reflexión de paredes, techo y piso son muy cercanos a los reales, se presentan los resultados obtenidos de los cálculos de iluminación artificial que iluminaran el área cuando sea necesario (cuando los luxes normalizados del área estén por debajo del valor normativo), es importante mencionar que en el diseño de la instalación eléctrica se incluirá un sensor de movimiento con sensor de iluminación para que encienda la luz artificial solo cuando la luz natural no sea suficiente.

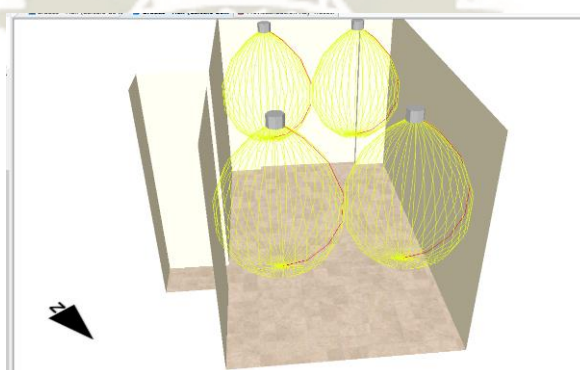


Figura 40 Distribución luz artificial 3D en gradas-hall

Fuente: Elaboración propia

Distribución luminosa del hall – gradas, de cada nivel. Los máximos y mínimos obtenidos con las luminarias seleccionadas son:

Edificación 1 · SEMISOTANO

Objetos de cálculo

Planos útiles

Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{\min}$	$E_{\max}$
Plano útil (HALL-GRADAS 2)	274 lx	79.5 lx	315 lx
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	(≥ 150 lx)		
Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	✓		

- $E_{\min} = 79.5$ lux
- $E_{\max} = 315$ lux
- **$E_{\text{med}} = 274$ lux**

3.6. NIVEL DE ESTACIONAMIENTO

Se han seleccionado NUEVE luminarias adosadas rectangulares de con lámparas led tubulares de 20W, marca PHILIPS modelo SM150C L602 1xLED24S/830, se presenta la imagen de planta de la propuesta en el software: Se adjuntaran en el anexo los resultados completos del cálculo y las fichas técnicas de las luminarias utilizadas.

PHILIPS SM150C L602 1xLED24S/830 / Hoja de datos de luminaria:

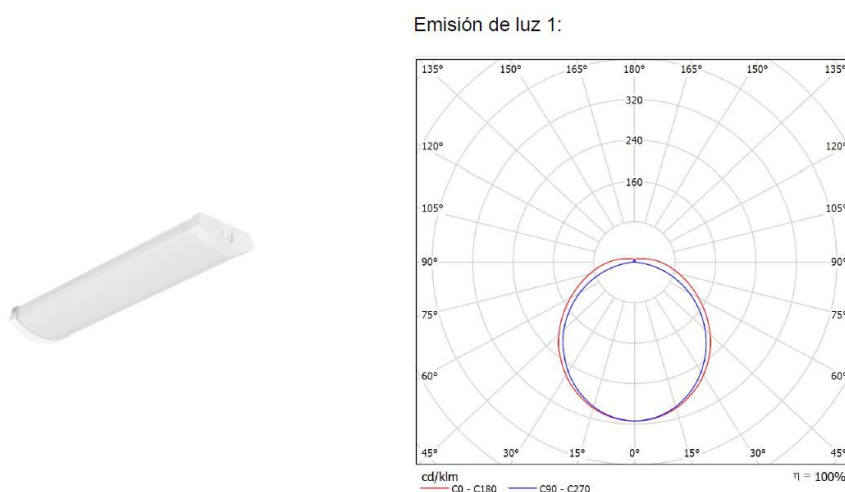
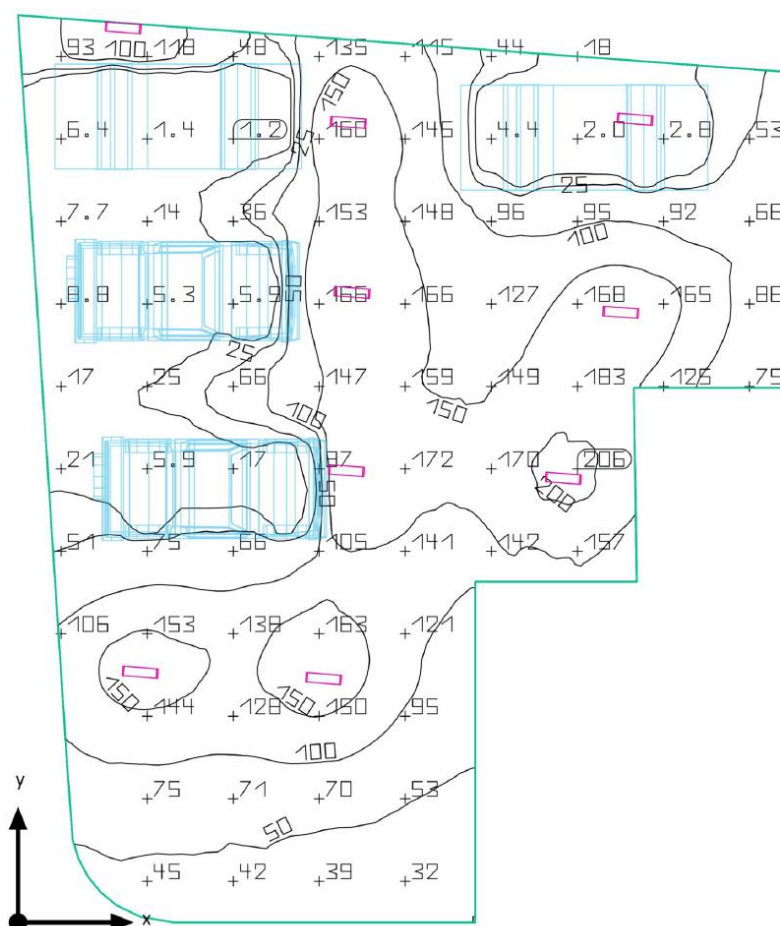


Figura 41 Detalle de luminaria utilizada

Fuente: Elaboración propia

Edificación 1 · SEMISOTANO · ESTACIONAMIENTO

Resumen



Planos útiles

Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{\min}$	$E_{\max}$
Plano útil (ESTACIONAMIENTO)	90.3 lx	0.60 lx	214 lx
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	(≥ 50.0 lx)		
Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	✓		

Figura 42 Resumen de resultados. Planta del estacionamiento con las luminarias

Fuente: Elaboración propia

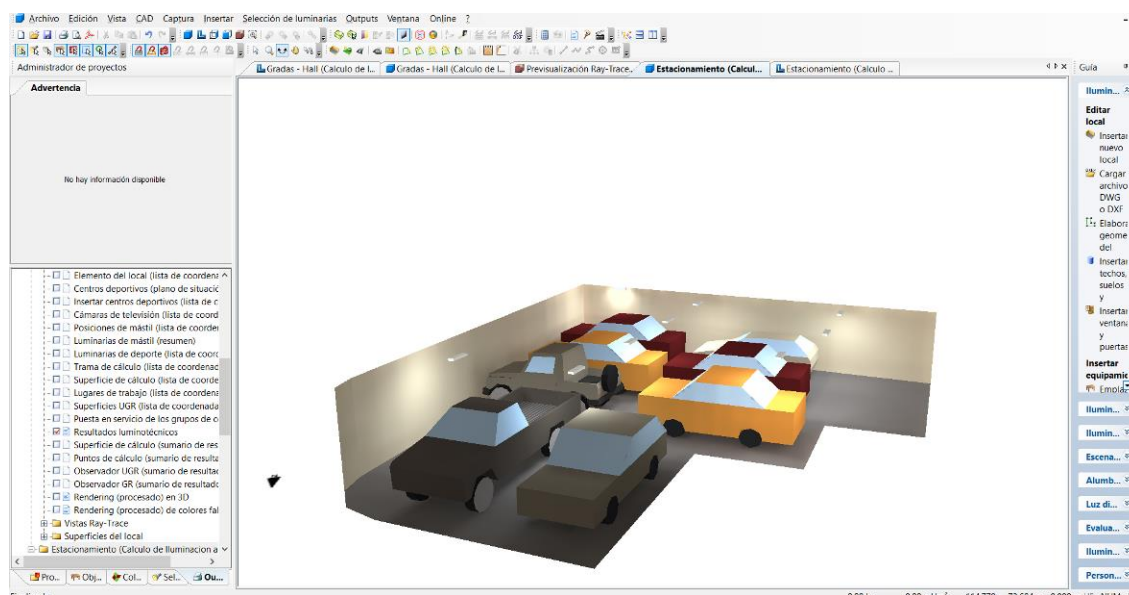


Figura 43 Distribución luz artificial 3D en estacionamiento

Fuente: Elaboración propia

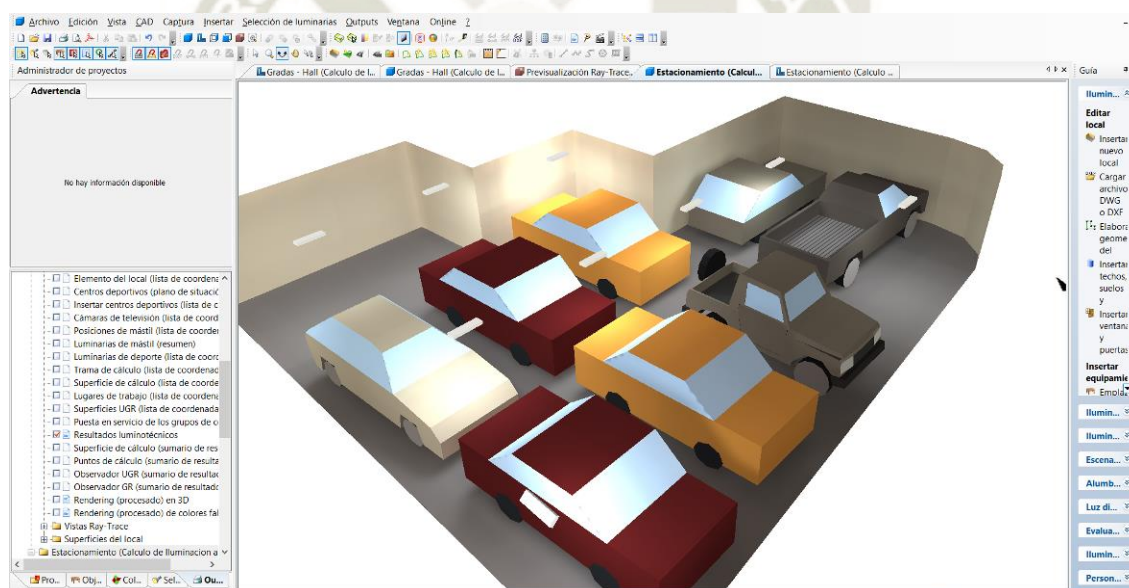


Figura 44 Distribución luz artificial 3D en estacionamiento

Fuente: Elaboración propia

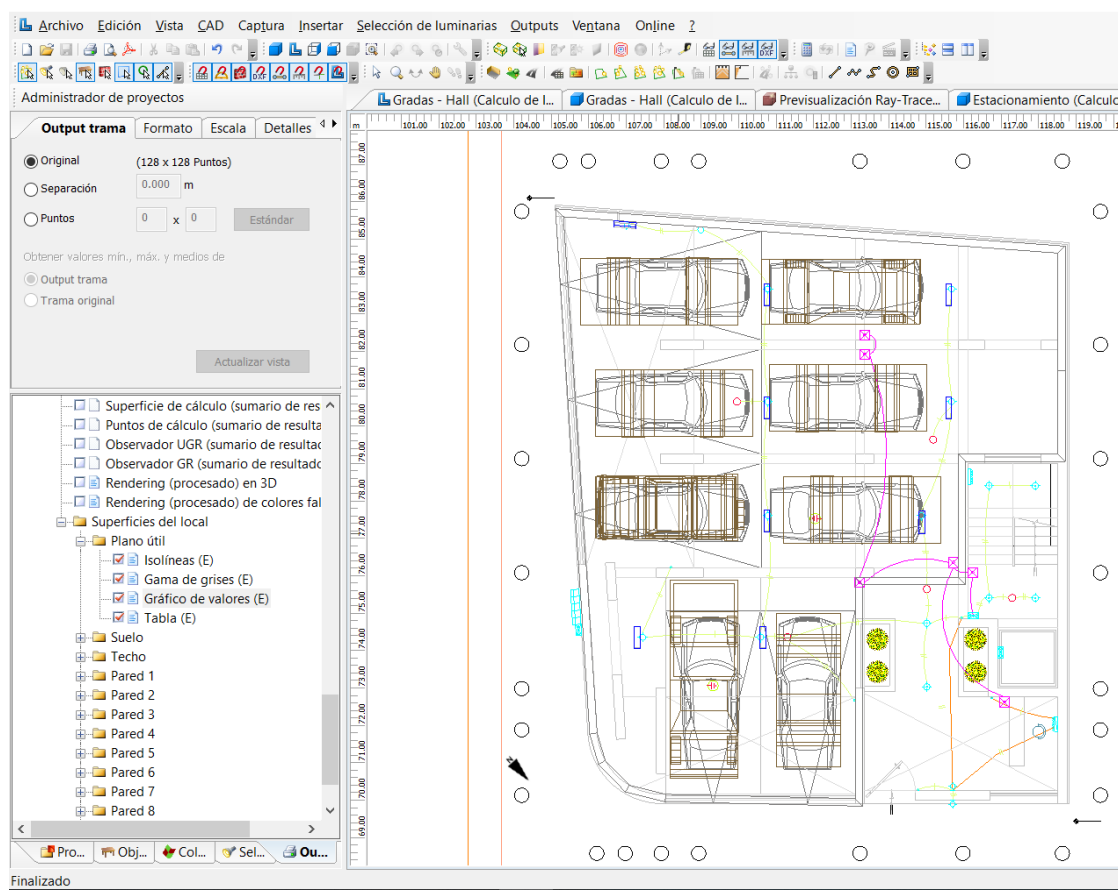


Figura 45 Distribución de luminarias en planta del estacionamiento

Fuente: Elaboración propia

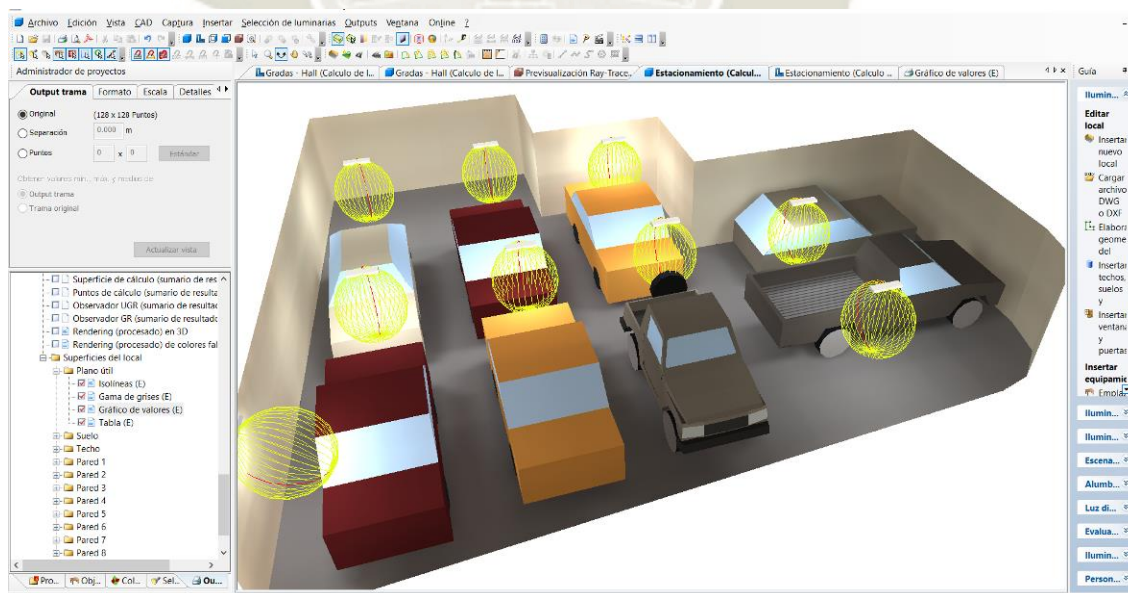


Figura 46 Distribución luz artificial 3D en estacionamiento

Fuente: Elaboración propia

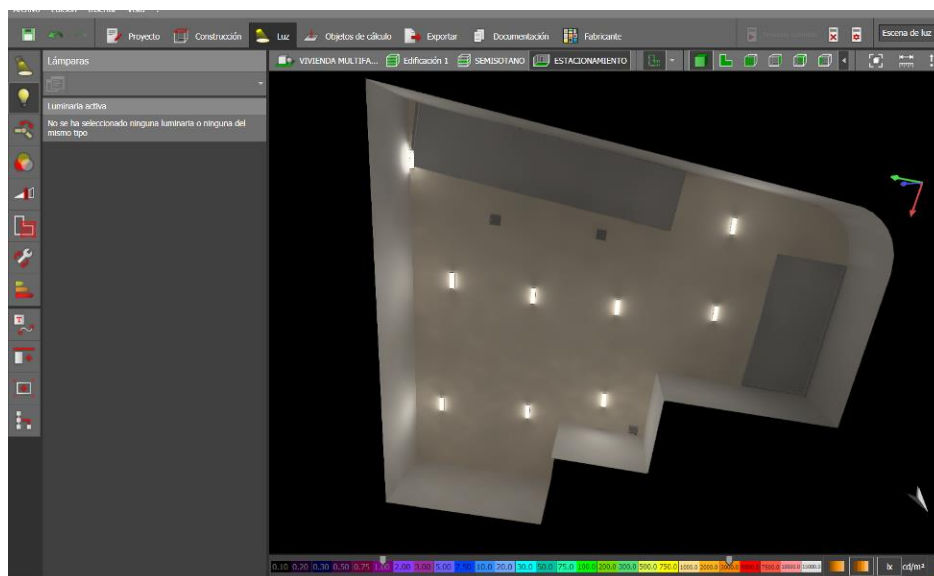


Figura 47 Distribución luz artificial 3D en estacionamiento, vista de techo

Fuente: Elaboración propia

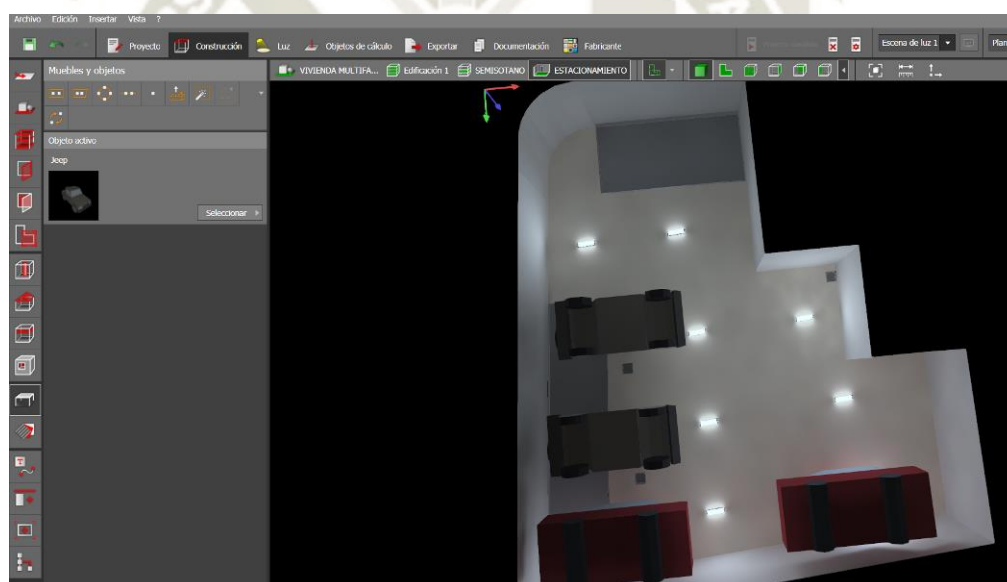


Figura 48 Distribución luz artificial 3D en estacionamiento, vista de techo

Fuente: Elaboración propia

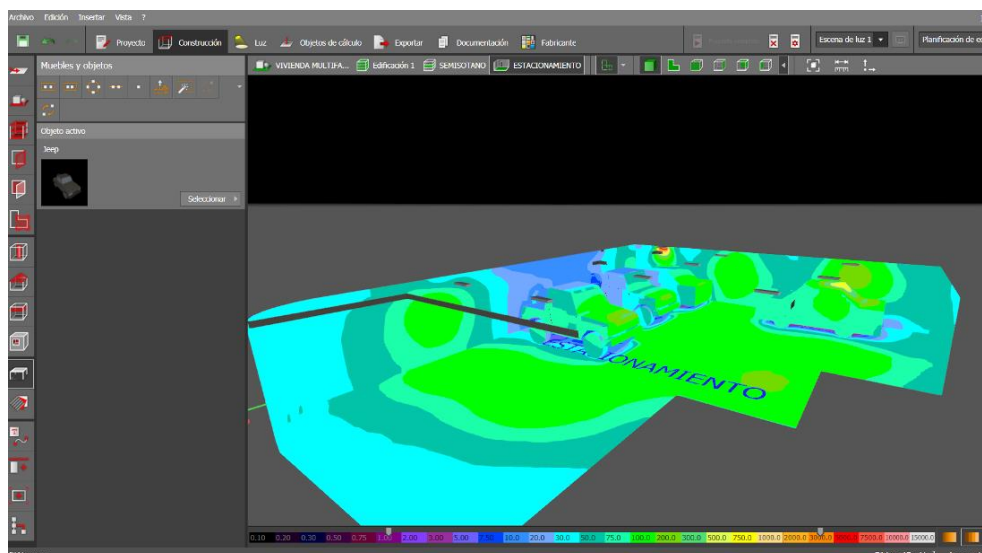


Figura 49 Distribución luz artificial 3D en estacionamiento, con colores que representan los luxes, leyenda en la parte inferior de la imagen

Fuente: Elaboración propia

Los máximos y mínimos de la iluminancia para el estacionamiento obtenidos con las luminarias seleccionadas son:

- $E_{min} = 0.60\text{lux}$
- $E_{max} = 214\text{ lux}$
- **$E_{med} = 90.3\text{ lux}$**

3.7. Desarrollo del sistema de iluminación mediante tubos solares

3.7.1. Cálculo de iluminación Natural

Para el cálculo de iluminación natural se considerará la normativa europea CIE “Método del factor de iluminación natural”, para lo cual es importante tener claro nuevos conceptos como se explica a continuación:

- Factor de Luz Natural o factor de iluminación natural (FIN) que viene a ser la relación “entre la iluminación en un punto interior dado y la iluminación que se tendría en ese mismo punto supuesto exterior en el mismo instante, se expresa en porcentaje” (Frades, 2011).

$$FIN = E_i / E_e$$

Donde:

E_i : iluminación en el interior

E_e : iluminación en el exterior

En el cálculo del FIN, se incluye componentes como el componente de cielo CC, Componente reflejada externa CRE, Componente reflejada interna CRI.

El cálculo de iluminación natural se realizará con el software DIALUX, en el cual se considerará el aporte de ventanas, claraboyas y el ducto solar propuesto.

El fabricante de ductos solares, nos proporciona la siguiente información, con dicha tabla y de acuerdo a los planos en planta de arquitectura de los niveles, se puede seleccionar el diámetro del tubo solar de acuerdo a los niveles de iluminación.

Modelo	Tamaño del tubo	Área de cobertura de la luz	Longitud potencial del tubo
Sola Tube 290 DS	350 mm (14 pulgadas)	23 – 30 m ²	6 m+
Sola Tube 330 DS	530 mm (21 pulgadas)	42 – 50 m ²	15 m+

Tabla 9 Catalogo SOLATUBE

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los planos presentados, las áreas a iluminar son el hall y gradas 10m² por nivel, por lo que el tubo solar seleccionado será el modelo SOLATUBE 330DS de 530mm, dicho ducto llegara hasta el semisotano, y además para el área de estacionamiento que tiene 90 m² aproximadamente se selecciono dos tubos solares modelo SOLATUBE 290DS de 350mm, que sería en total 03. El sistema entonces constara en resumen de lo siguiente:

- A) La zona de captación; serán tres cupulas en total la primera se encontrará en la azotea, dirigida hacia la caja de escaleras y hall, y las dos cupulas siguientes sobre el techo del estacionamiento dirigidos hacia el área de la claraboya.
- B) La zona de transferencia, constituida por los tubos solares de gran reflectancia, para el área de escaleras y hall pasaran por todos los niveles desde la azotea hasta el semisótano, en el caso del estacionamiento los ductos solo atravesaran el techo del estacionamiento.

C) La zona de distribución, la luz solar captada se distribuirá mediante difusores en cada nivel del hall -gradas y en el estacionamiento.

3.7.2. Simulación de iluminación Natural mediante el software DIALUX

3.7.2.1. Parámetros de calculo

Se debe considerar los materiales, las texturas y los colores de los ambientes a iluminar, en este caso del estacionamiento y del hall-gradas, que de acuerdo al cuadro de acabados del plano de arquitectura tenemos lo siguiente:

Ambiente	PISO	TECHO	PARED
Estacionamiento	Piso de cemento	Blanco	Marfil
Hall – gradas	Piso laminado de madera semiclaro	Blanco beige	Marfil

Tabla 10 Colores de los ambientes en función al piso y techo

Fuente: Elaboración propia

Se considerará un factor de mantenimiento o degradación de 0.80, que cuantifica la contaminación del lugar donde se efectuara el proyecto y la frecuencia del mantenimiento.

Las coordenadas de la vivienda son $-16^{\circ}25'25''$, $-71^{\circ}33'08''$, con una irradiancia global de 6.813KWh/m² por día. Y con una orientación de 138° de desviación del eje Y respecto de la dirección norte considerando un sentido horario.

Arequipa

-16°25'25", -71°33'08" ▾

Avenida Alfonso Ugarte, Arequipa, Arequipa, Perú

Time zone: UTC-05, America/Lima [PET]



SITE INFO

Map data

Per day ▾

Specific photovoltaic power output	PVOUT specific	5.563 kWh/kWp per day ▾
Direct normal irradiation	DNI	7.556 kWh/m ² per day ▾
Global horizontal irradiation	GHI	6.813 kWh/m ² per day ▾
Diffuse horizontal irradiation	DIF	1.699 kWh/m ² per day ▾
Global tilted irradiation at optimum angle	GTI opta	7.165 kWh/m ² per day ▾
Optimum tilt of PV modules	OPTA	19 / 0 °
Air temperature	TEMP	18.3 °C ▾
Terrain elevation	ELE	2259 m ▾

Map

Switch to map

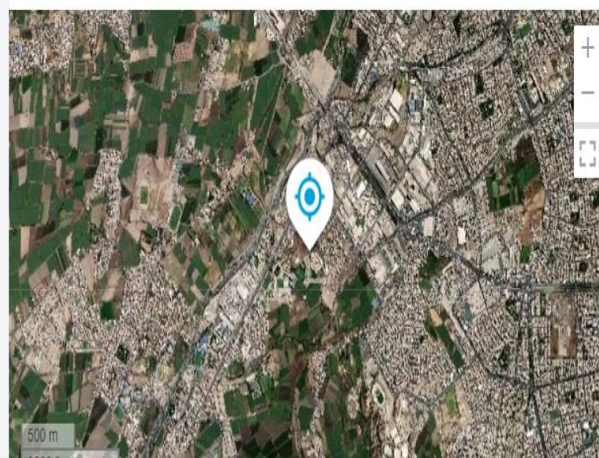
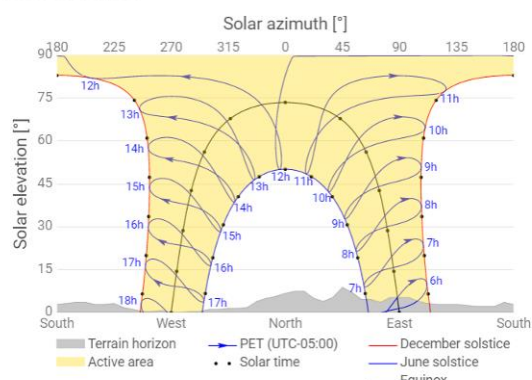
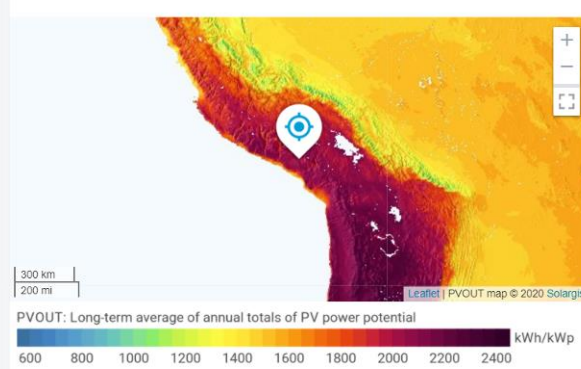


Figura 50 Datos de luz solar en la vivienda multifamiliar, fuente global solar atlas

Horizon and sunpath



PVOUT map



PV ELECTRICITY AND SOLAR RADIATION

Figura 51 Electricidad fotovoltaica y radiación solar

Fuente: Elaboración propia

Del siguiente grafico correspondiente a las coordenadas de la ubicación de la vivienda multifamiliar el promedio del viento es de 2.705966851 m/s a una

altura de 10 m., se considero la informacion del 01 de noviembre del 2019 hasta 01 de noviembre del 2020.

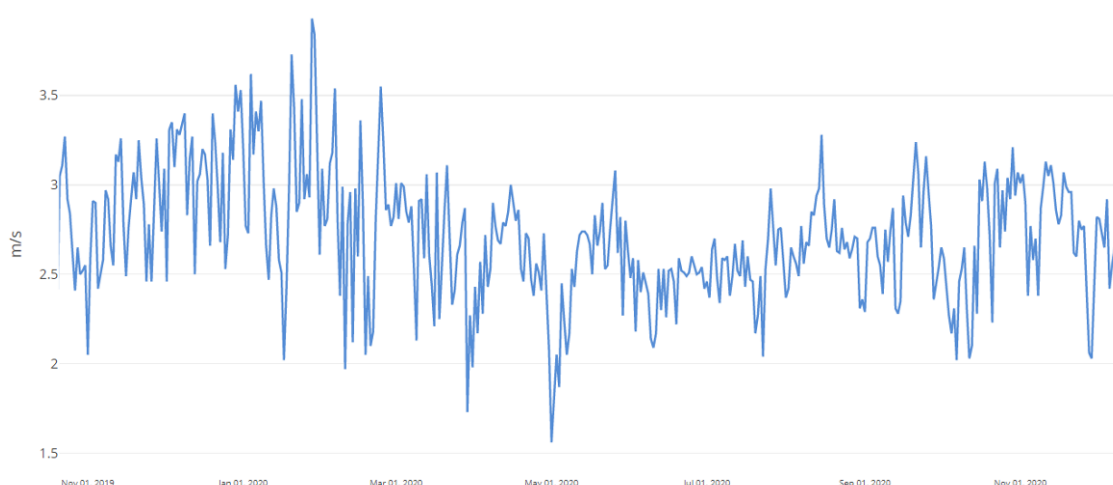


Figura 52 Grafico./ valores de la velocidad del viento a 10 m. fuente pagina virtual de la NASA

Fuente: Elaboración propia

3.7.2.1.1. Temperatura

Del siguiente grafico correspondiente a las coordenadas de la ubicación de la vivienda multifamiliar el promedio de la temperatura es de 13.05818627 °C. Se considero la informacion del 01 de noviembre del 2019 hasta 01 de noviembre del 2020. Siendo los meses con mayor temperatura noviembre, diciembre y enero, y los meses con menor temperatura junio y julio.

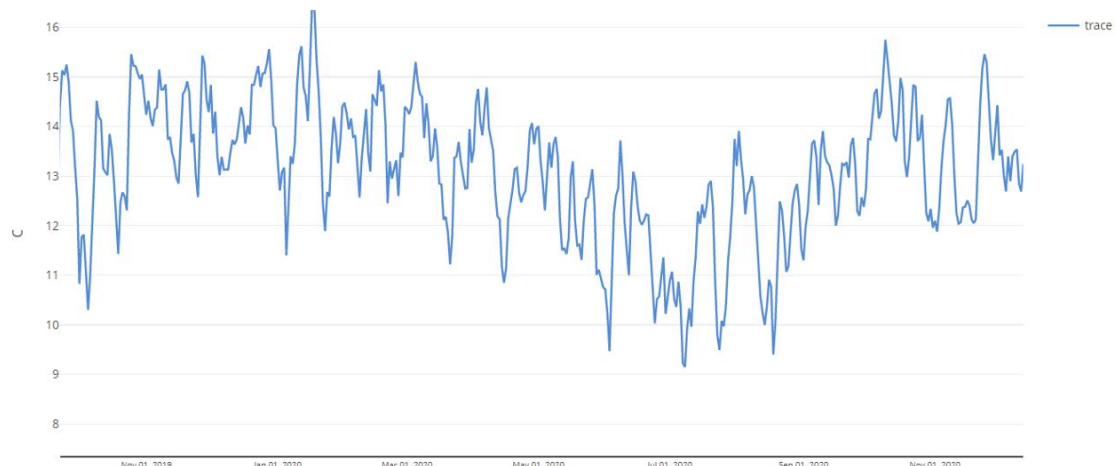


Figura 53 Grafico./ valores de la temperatura. fuente pagina virtual de la NASA

Fuente: Elaboración propia

A continuación presentamos las horas sol para la ciudad de Arequipa, dichos datos fueron proporcionados por SENAMHI, de acuerdo a las tablas siguientes tenemos un promedio anual de 3315.3 de horas sol al año, y un promedio mensual a 241.3 HSM de horas de sol al mes.

HORAS DE SOL, SEGÚN DEPARTAMENTO, 2004-2015
(Horas)

Departamento	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Áncash	2 137.4	2 321.0	2 144.3	2 003.1	1 863.7	1 698.0	1 756.9	1 667.5	1 725.7	1 999.0	...	...
Apurímac	...	...	...	...	...	...	1 920.4	742.8	1 469.9	1 840.8	...	1,926.9
Arequipa	3 503.0	3 436.4	3 334.8	3 388.0	3 333.7	3 360.4	3 462.4	3 256.7	3 133.1	3 132.8	3,126.9	...
Cajamarca	2 029.8	2 289.8	2 134.8	2 137.4	2 094.6	2 118.1	2 165.3	1 941.6	2 231.4	2 100.4	1,955.3	2,036.9
Cusco	...	2 469.3	2 303.7	2 199.6	...	2 084.6	2 119.4	1 812.9	2 086.9	1 954.6	1,902.1	2,134.3
Huancavelica	...	...	...	...	...	...	...	...	1 096.4	1 738.7	1,588.6	1,597.6
Huánuco	2 128.7	2 355.3	...	2 122.3	2 077.5	2 294.9	2 171.5	1 941.3	2 087.9	2 012.3	...	...
Ica	2 814.7	2 747.4	2 634.7	2 544.9	2 541.9	2 645.9	2 640.4	2 712.1	2 488.7	2 739.2	2,531.7	2,475.7
Junín	2 613.9	2 830.2	2 658.2	2 675.6	...	2 513.2	2 586.4	2 511.7	2 564.1	2 563.1	2,569.5	2,602.2
La Libertad	...	...	...	1 772.9	1 614.2	1 662.8	1 770.8	1 848.5	2 061.3	1 887.8	1,468.4	1,779.4
Lambayeque	2 465.9	...	...	...	...	1 735.9	1 915.6	1 971.7	1 981.4	1 825.4	1,498.9	...
Lima	1 534.2	1 375.3	1 385.3	1 355.5	1 374.1	1 294.6	1 281.9	1 222.4	1 047.2	1 080.9	869.5	...
Loreto	1 525.7	1 535.0	1 666.9	1 739.1	1 506.1	1 678.8	1 751.9	998.5	...	...	...	1,171.9
Madre de Dios	...	...	...	...	...	...	...	1 591.3	1 888.2	1 534.6	1,748.4	...
Moquegua	3 525.9	3 549.3	3 437.3	3 507.2	3 547.2	3 559.5	3 665.7	3 451.1	3 347.3	3 600.2	3,669.7	3,319.9
Pasco	1 609.6	1 874.7	1 675.1	1 609.9	1 748.8	1 555.7	1 617.2	1 522.9	1 374.2	1 326.1	1,408.0	...
Piura	2 775.2	2 656.5	2 543.9	2 599.6	2 172.1	...	2 414.2	2 646.5	2 403.0	2 728.3	2,331.2	...
San Martín	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Tacna	2 768.0	2 731.8	2 712.3	2 727.5	2 824.0	2 680.5	2 672.8	2 572.6	2 540.9	2 668.3	2,292.0	2,172.8
Ucayali	1 781.6	2 065.3	1 994.7	1 956.6	1 869.0	1 773.9	2 000.6	1 691.3	1 809.7	1 785.4	1,473.1	...

Tabla 11 Registro de horas de sol por año en departamentos de Peru, fuente SENAMHI

Fuente: Elaboración propia

HORAS DE SOL POR MESES, SEGÚN DEPARTAMENTO, 2014-2015

Departamento	2014												2015											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Áncash	...	...	...	...	...	...	202.2	171.6	...	143.1	174.5	117.8	169.4	...	...	...	177.1	214.6	...	177.9	153.9	146.9	...	152.9
Apurímac	...	...	...	...	...	202.4	179.3	189.7	153.7	198.2	191.9	134.9	119.2	131.4	132.9	86.1	159.8	172.9	204.9	203.1	190.1	185.1	183.7	157.7
Arequipa	217.9	222.1	206.6	244.2	273.9	256.9	265.0	271.5	261.7	289.0	308.9	309.2	224.8	117.6	151.9	225.8	255.4	...	...	...	...	...	...	...
Cajamarca	141.9	127.6	91.9	147.1	141.6	203.0	245.5	207.8	167.5	158.4	173.7	149.3	125.5	131.6	111.8	127.1	142.0	205.0	235.0	266.8	198.2	150.3	164.1	179.5
Cusco	98.0	106.9	143.2	169.6	192.0	242.6	227.4	214.4	153.5	198.2	156.3	...	110.0	122.9	151.3	120.1	194.0	239.6	268.2	247.0	204.9	177.0	166.5	132.8
Huancavelica	141.9	98.9	104.5	113.2	181.4	173.9	177.7	200.6	136.7	138.1	...	121.7	85.0	81.2	87.3	69.3	130.0	178.4	206.7	211.3	173.8	136.5	137.2	100.9
Huánuco	108.9	94.9	130.1	146.0	199.6	251.9	...	...	...	...	...	...	...	...	...	124.5	158.9	226.9	256.7	254.5	215.9	169.4	143.3	137.4
Ica	198.9	226.4	184.8	231.3	184.0	154.1	208.0	223.4	203.2	249.3	235.8	232.5	233.7	100.2	177.7	242.4	235.2	182.4	194.1	198.9	219.1	231.9	234.3	225.8
Junín	182.0	146.5	172.4	184.6	255.5	283.1	255.7	270.4	210.3	207.9	219.2	181.9	183.1	147.8	153.3	172.6	230.8	257.0	294.1	292.1	243.6	227.3	219.9	180.6
La Libertad	157.8	...	...	195.9	98.9	82.3	123.3	152.8	173.8	175.4	150.7	157.5	214.5	145.3	190.5	207.8	124.2	94.1	124.9	119.3	149.7	155.1	140.9	113.1
Lambayeque	178.2	...	181.9	168.7	114.2	80.4	129.7	129.1	...	152.7	199.2	164.8	197.5	...	...	...	139.0	76.7	114.0	128.8	162.6	154.9	148.6	141.2
Lima	124.7	159.5	138.6	121.9	25.1	8.6	3.2	18.5	34.3	65.7	74.7	94.7	138.4	129.9	155.0	178.4	81.0	27.4	35.5	...	41.1	70.5	21.9	57.9
Loreto	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	40.3	30.3	79.3	66.9	71.6	96.7	94.9	157.2	202.0	148.3	115.0	69.4
Madre de Dios	85.9	75.2	134.2	170.5	108.4	149.1	156.7	246.7	198.5	200.6	116.8	105.8	...	120.7	138.1	169.9	105.5	180.2	164.8	210.9	184.2	184.6	155.9	147.4
Moquegua	246.2	305.2	294.4	282.5	313.7	301.1	307.2	312.6	301.7	340.0	326.4	338.7	270.9	130.7	183.7	251.3	291.4	300.6	301.7	305.3	315.5	324.9	317.1	326.8
Pasco	84.7	57.4	83.0	102.0	156.1	188.2	173.1	172.6	129.6	112.3	127.2	21.8	59.7	77.2	87.1	75.0	116.4	167.9	195.7	205.5	149.4	125.4	111.6	...
Piura	175.9	194.9	221.7	167.9	177.3	231.4	233.8	247.1	219.0	220.8	241.4	...	236.8	167.2	189.6	...	172.0	147.7	180.2	206.8	240.3	194.4	180.1	222.2
Puno	...	...	247.9	259.5	...	...	266.2	...	233.8	263.0	245.1	220.6	...	186.2	227.5	176.2	269.8	284.9	278.2	281.6	273.6	265.2	237.3	244.3
San Martín	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	186.1	174.8	149.8	125.8	94.4
Tacna	276.2	221.4	...	184.6	192.6	142.9	189.6	210.8	141.6	246.3	233.6	252.4	242.8	171.2	216.8	200.8	165.5	154.6	59.7	176.3	200.5	181.7	187.4	215.5
Ucayali	111.4	79.5	109.3	130.6	120.3	173.4	173.5	...	173.3	170.8	130.5	100.5	...	...	...	126.5	127.9	185.0	176.1	215.5	211.6	166.3	141.0	144.2

Tabla 12 Registro de horas de sol por mes es departamentos de Peru, fuente SENAMHI

Fuente: Elaboración propia

Se tiene los planos de arquitectura del proyecto, en Autocad que serán importados al programa de iluminación para realizar el modelamiento y considerando los parámetros de cálculo mencionados anteriormente, además consideramos diferentes escenarios de iluminación y se tiene por objetivo que en todos los escenarios con luz artificial y/o luz natural se

consigan los valores óptimos de iluminación. Que de acuerdo a la normatividad establece una iluminancia media 50 luxes para el estacionamiento, en escaleras 150 luxes y en vestíbulo 100 luxes.

Una vez concluida la recopilación climatológica del área del proyecto, y establecidas las necesidades luminotécnicas, procedemos a presentar la información técnica de los ductos solares que se utilizaran en la propuesta del proyecto, en los cuales la empresa a efectuado las pruebas y mediciones necesarias a dicho sistema para que con dicha información se pueda modelar en el software de iluminación.

3.8. Materiales

Actualmente existen empresas que instalan este tipo de sistemas en Europa y España, de las cuales se ha considerado las especificaciones técnicas de la marca TECLUSOL y SOLATUBE.

3.8.1. Base para la cubierta

Es un accesorio del sistema de iluminación por ducto solar para evitar el ingreso de agua, nieve o algún tipo de filtración de agua, hechas de un solo bloque sin soldaduras, se selecciona el tipo plano, sin pendiente:



Figura 54 Base para la cubierta

Fuente: Elaboración propia

3.8.2. Tubos solares o conductos reflectantes

Se pueden fabricar de diferentes diámetros y materiales, el diámetro estará en función de la cantidad que podrá reflejar, pero la superficie interior debería de estar hecha de un material reflectante como el aluminio. Los tubos de extensión se pueden empalmar para hacer un ducto continuo para las longitudes necesarias, así como los diferentes accesorios para un cambio de dirección o

derivación. Se puede llegar hasta una distancia de 30 metros sin reducir las prestaciones del servicio.



Figura 55 Accesorios

Fuente: Elaboración propia

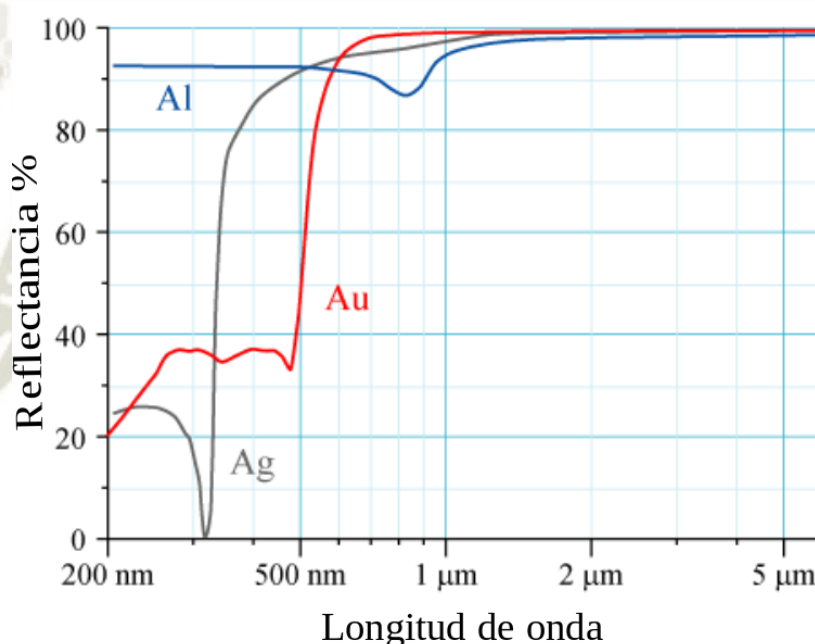


Figura 56 Reflectancia del aluminio, plata y oro en función de la longitud de onda

Fuente: Elaboración propia

El rango de longitud de onda del espectro visible es : 0.4 - 0.7 micrómetros [mm] (400-700 [nm]). Entonces como podemos apreciar en la imagen anterior el aluminio tiene una muy buena reflectancia para el rango de la longitud de onda visible..

3.8.3. Cúpula

Traslucida exterior con lente de alto rendimiento compuesta por una serie de lentes de fresnel, que captan la luz natural apropiadamente, este lente filtra la luz del medio día (cuando ingresa perpendicularmente a la cúpula) (tecnología

Raybender), además ayuda a redirigir la luz cuando el ángulo de luz solar es bajo, además atenúa lo reflejos, mediante un pequeño reflector colocado en el interior del domo que se encargara de interceptar y redirigir los rayos solares de menor ángulo.



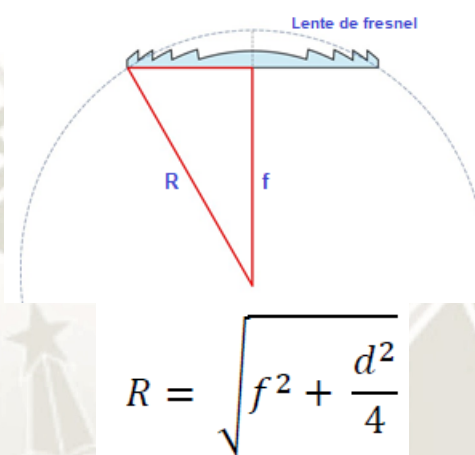
Figura 57 Cupula y accesorios

Fuente: Elaboración propia

3.8.4. Lente Fresnel y diámetro de la esfera

“El lente de fresnel se seleccionara en función del diámetro, tenemos entre los fabricantes la empresa estadounidense EdmundOptics, del cual se ha extraído un listado de las principales lentes Fresnel circulares que ofrecen con sus medidas” (Mor, 2020).

N	Diámetro de la lente, d (mm)	Distancia focal, f (mm)	Espesor de la lente, e (mm)
1	264,16	317,5	1,524
2	264,16	493,3	1,524
3	317,5	213,36	2,286
4	317,5	584,2	2,794
5	355,6	609,6	2,794
6	463,55	457,2	2,794

Tabla 13 Lentes de Fresnel en función al diámetro
Fuente: Mor, (2020)

Figura 58 Características del lente de Fresnel
Fuente: Mor, (2020)

Reemplazando en la formula anterior para hallar el radio para cada uno de los lentes, obtenemos que los lentes 2, 4, 5 y 6 tienen un radio superior a 500 mm, que en esta aplicación no sería necesario por la gran cantidad de luz que es de aplicación de áreas mayores (como la iluminación de naves industriales), los lentes 1 y 3, tienen un radio de 343.88mm y 265mm respectivamente. Se selecciona el lente de Fresnel de 317,5 milímetros de diámetro.

3.8.5. Regulador de luz natural

Accesorio que permite controlar la cantidad de luz que pasa a través del ducto solar



Incluye un interruptor DPDT, una placa de pared y un cable de 5 m. Con un solo interruptor se pueden controlar varias unidades conectadas en serie.

Figura 59 Regulador de luz solar

Fuente: Elaboración propia

3.8.6. Difusores

Son accesorios importantes del sistema que van al final del ducto solar y permite la difusión homogénea de los rayos solares.



Figura 60 Difusores

Fuente: Elaboración propia

3.8.7. Eficiencia en el sistema de ductos solares

“La estimación de la luz que se puede captar y transportar por los ductos se puede determinar, se calcula la superficie efectiva de captación de luz natural (SECLN), que se determinara en función de las dimensiones de la lente Fresnel” (Mor, 2020).

$$SECLN = \pi \cdot \frac{d^2}{4}$$

	Solatube® 290 DS	Solatube® 160 DS
Diámetro del tubo	350 mm	250 mm
SECLN	0,1871 cm ²	0,1032 cm ²
Tecnología Raybender® 3000	Sí	Sí
Reflector LightTracker™	Sí	Sí
Tubos Spectralight® Infinity	Sí	Sí
Distancia máxima aconsejable	9,1 m	6,1 m

Tabla 14 Especificaciones de modelos, 290 y 160 DS, de la serie Brighten Up

Fuente: Elaboración propia

“En la Tabla anterior se muestra la SECLN y la emisión relativa de luz (en lúmenes) que se obtendría para una latitud similar a la del caso de estudio con los modelos de Solatube” (Mor, 2020),

Modelo	SECLN (m ²)	Emisión relativa de luz (lum)
160 DS	0,1032	3.000 de promedio (4.600 máximos)
290 DS	0,1871	6.000 de promedio (9.100 máximos)
330 DS	0,2129	14.000 de promedio (20.800 máximos)

Tabla 15 Emisión relativa de luz en función del modelo

Fuente: Mor, (2020)

Producto	Emisión relativa de luz (lúmenes)	Lámpara eléctrica y artefacto
Cielo raso abierto 330 DS de 530mm -0 Solatube (b) (<u>Serie SolaMaster</u>)	14,000 lúmenes promedio (a) hasta 20,800	Aproximadamente igual a la luz emitida por 0,6 accesorios de haluro de metal de compartimiento alto de 400 vatios. (c)
21-C Solatube 330 DS de 530mm (21 pulg.) Suspendido/Cielo raso duro (b) (<u>Serie SolaMaster</u>)	13,500 lúmenes promedio (b) hasta 20,500	Aproximadamente igual a usar la emisión de luz de 2 artefactos, cada uno de los cuales usa (3) lámparas fluorescentes F032T8. (d)
Solatube de 290 DS 350mm (a) (<u>Serie Brighten Up</u>)	6,000 lúmenes promedio (b) hasta 9,100	Aproximadamente igual a usar la emisión de luz de 1 artefacto que usa (3) lámparas fluorescentes F032T8. (d)
Solatube de 160 DS 250mm (a) (<u>Serie Brighten Up</u>)	3,000 lúmenes promedio (b) hasta 4,600	Aproximadamente igual a (3) lámparas fluorescentes compactas de 18W de cuatro tubos. (d)

Tabla 16 Características técnicas de los ductos solares
Fuente: Especificar, (2020)

Donde:

- La emisión relativa de luz del Solatube basada en un tubo de 76cm (30 pulg.) para el producto de cielo raso abierto SolaMaster de 530mm (21 pulg.). Los valores máximo y promedio logrados durante el pico de las 2.400 horas anuales de luz diurna para San Diego, con datos meteorológicos TMY2 de California.
- La emisión relativa de luz del Solatube basada en un tubo de 1.82m (6 pies) de largo para los productos Brighten Up de 160 DS y de 290 DS y el SolaMaster para cielo raso suspendido de 21-C (530mm/21 pulg.). Los valores máximo y promedio logrados durante el pico de las 2.400 horas anuales de luz diurna para San Diego, con datos meteorológicos TMY2 de California.
- Suponiendo la eficiencia de un artefacto típico de compartimiento alto del 90% y una salida promedio de lámpara de 25.000 lúmenes.
- Suponiendo un factor de pérdida típico de 0.75, excluyendo pérdidas adicionales de eficiencia. (Especificar, 2020)

En la tabla anterior, el fabricante nos da los valores de lúmenes, de las pruebas que realizaron en San Diego California que tiene 2400 Horas de Sol al año, y para la ciudad de Arequipa, contamos con un promedio anual de 3315.3 de horas sol al año, lo que supera las horas del sol al año, es decir que tenemos garantizados la cantidad de lúmenes de dicha tabla, en nuestro caso habíamos seleccionado el SOLATUBE de 290DS 350mm para el estacionamiento que tiene una emisión relativa de luz de 6,000 lúmenes en promedio (hasta 9,100).y 330DS para la iluminación de los cinco niveles de hall-gradas que tiene una emisión relativa de luz de 14,000 lúmenes en promedio (hasta 20,800).

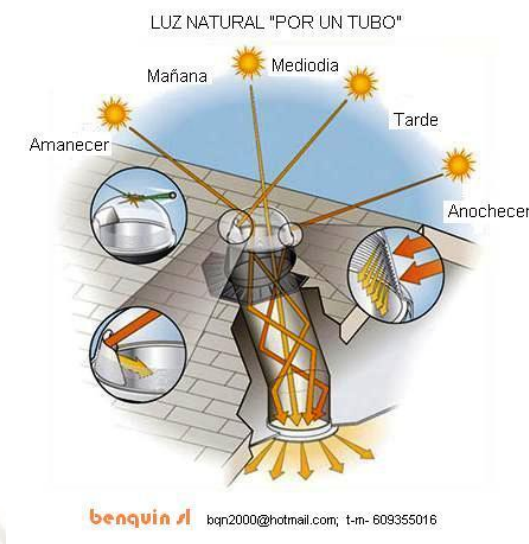


Figura 61 Emisiones de luz natural

Fuente: Elaboración propia

Con el dato de lúmenes y las dimensiones del SOLATUBE, se va a implementar en el DIALUX EVO para hacer el cálculo de iluminación natural. A continuación se detalla el procedimiento utilizado y luego se presentaran los resultados:

1. Se importa el plano de AutoCAD, se deberá designar el punto de origen y las dimensiones, a partir del cual se creará el edificio, las plantas y en cada planta los ambientes a iluminar.

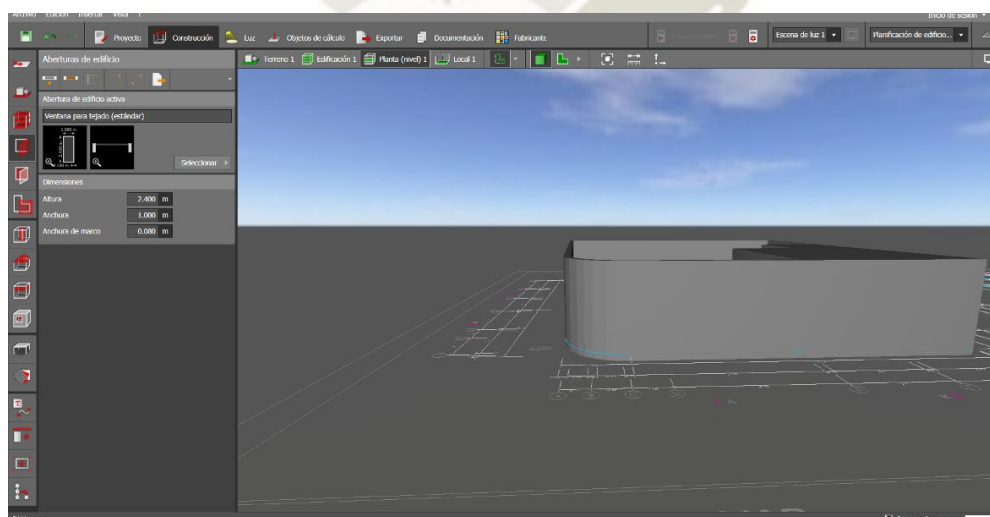


Figura 62 Imagen.-plano de autocad en Dialux Evo

Fuente: Elaboración propia

- Para el cálculo de iluminación natural se tendrá que ubicar el proyecto, latitud, longitud, orientación hacia el norte, zona horaria

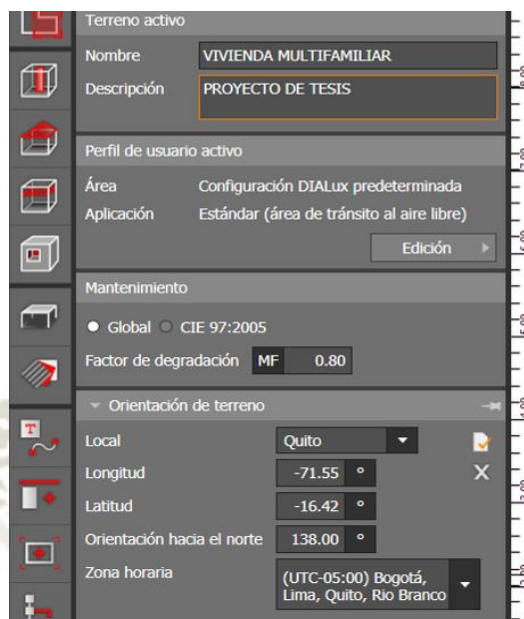


Figura 63 Ubicación del proyecto

Fuente: Elaboración propia

- Se designan las áreas a iluminar, ingresando las dimensiones, y altura, se ingresan el color y texturas de materiales de los pisos, techos y paredes. Y las aberturas de cada ambiente, como ventanas, claraboyas, etc.

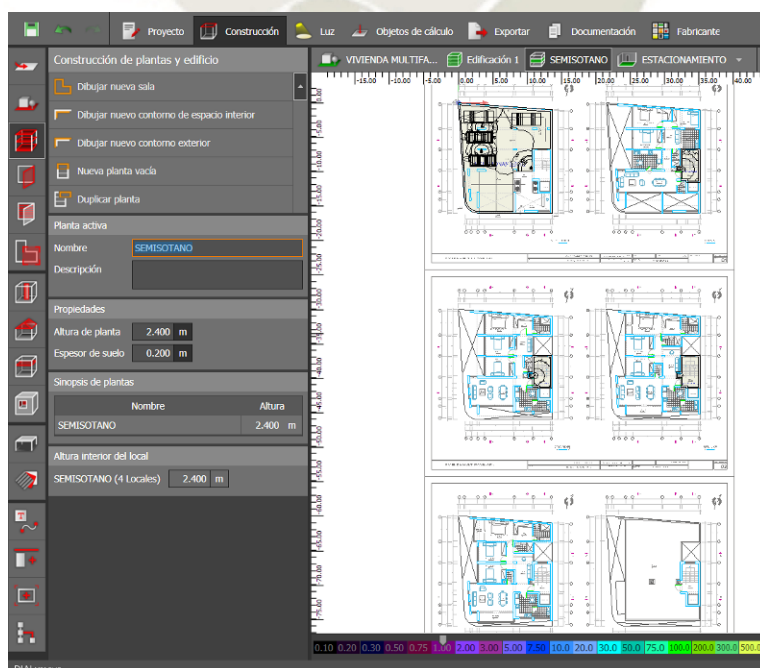


Figura 64 Vista en planta de los ambientes a calcular (estacionamientos y hall-gradas)

Fuente: Elaboración propia

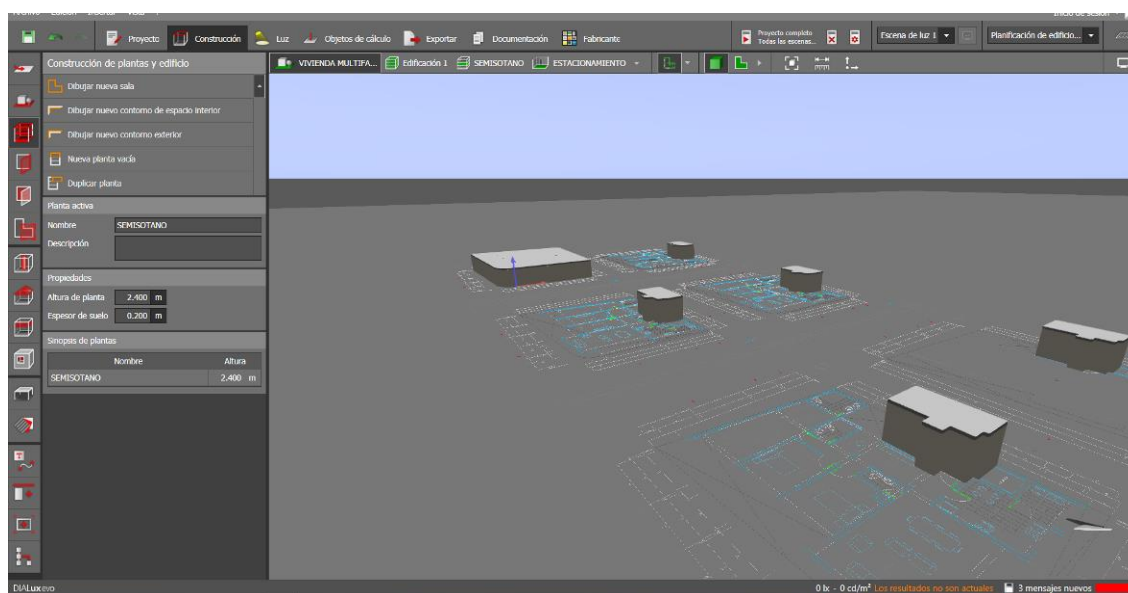


Figura 65 Vista en 3D de los ambientes a calcular (estacionamientos y hall-gradas)

Fuente: Elaboración propia

4. Se añaden las luminarias a emplearse en el proyecto, a pesar de que solo se quiere hacer un cálculo de iluminación natural, se deben de añadir las luminarias porque si no el programa no permite realizar el cálculo de iluminación natural. Se ha añadido las luminarias correspondientes al estacionamiento y al hall-gradas de todos los niveles.

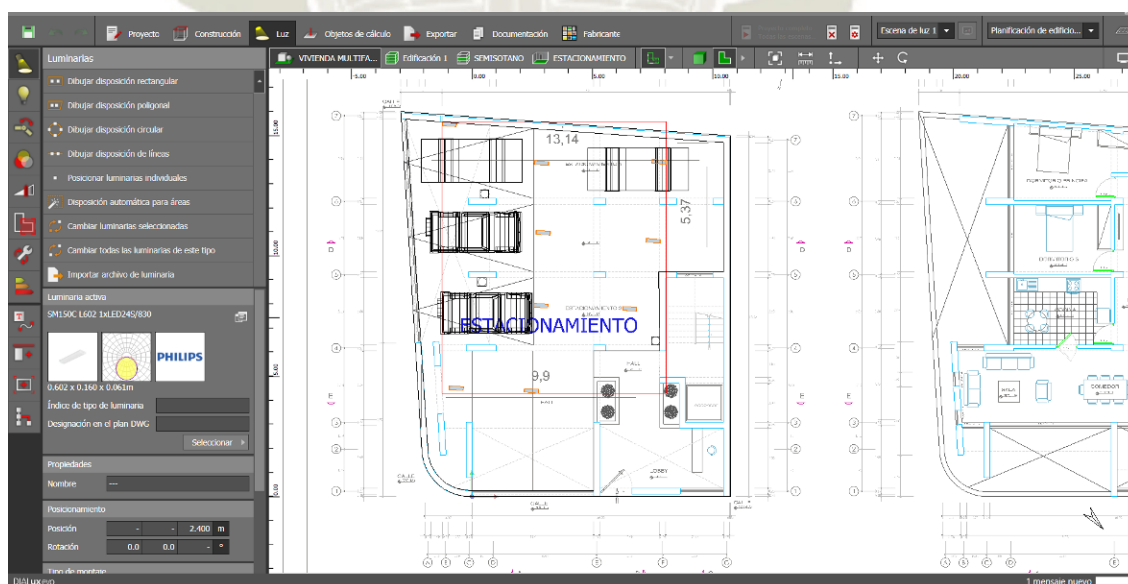


Figura 66 Ubicación de luminarias en estacionamientos

Fuente: Elaboración propia

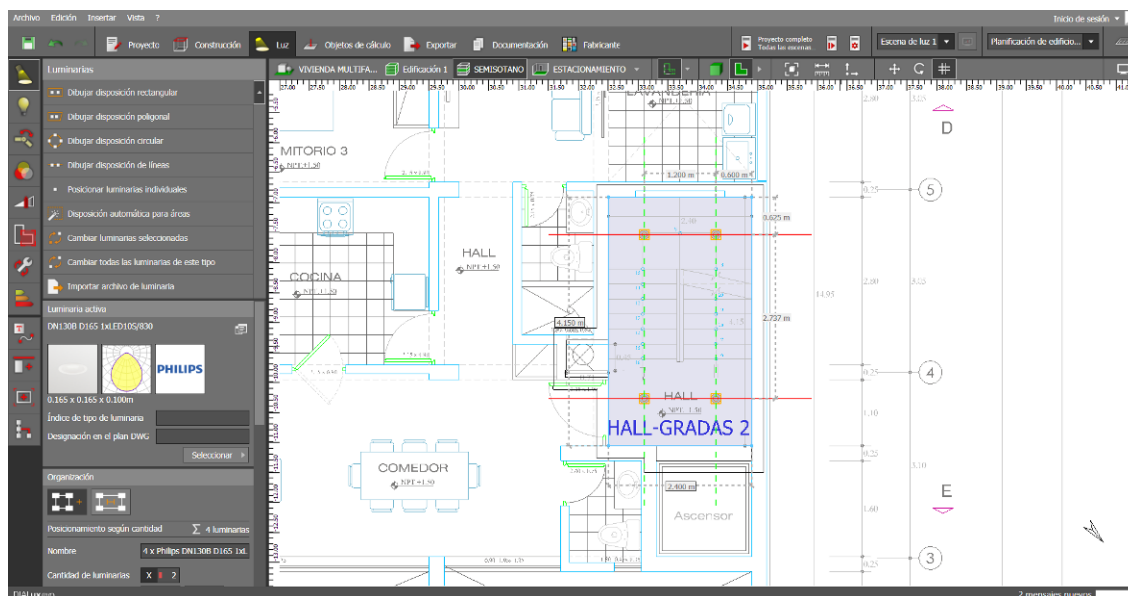


Figura 67 Ubicación de luminarias en hall-gradas

Fuente: Elaboración propia

5. Una vez que ya se tienen creados los ambientes, se ingresa al icono de Áreas y se selecciona ambiente por ambiente a iluminar, en este ítem se podrá realizar el cambio de nombre de cada ambiente y además se configura el valor de iluminancia media y el plano de trabajo, cuenta con valores predeterminados. Como se muestra en la siguiente imagen en la ventana perfil de uso, existen cargadas plantillas de actividades como oficinas, museos, aulas, estacionamientos, etc. Pero los valores preestablecidos son de acuerdo a la normatividad IEC Europea, ya que el origen del software es alemán, sin embargo se puede editar y modificar los valores de acuerdo a la normatividad de cada país donde se utilice el software.

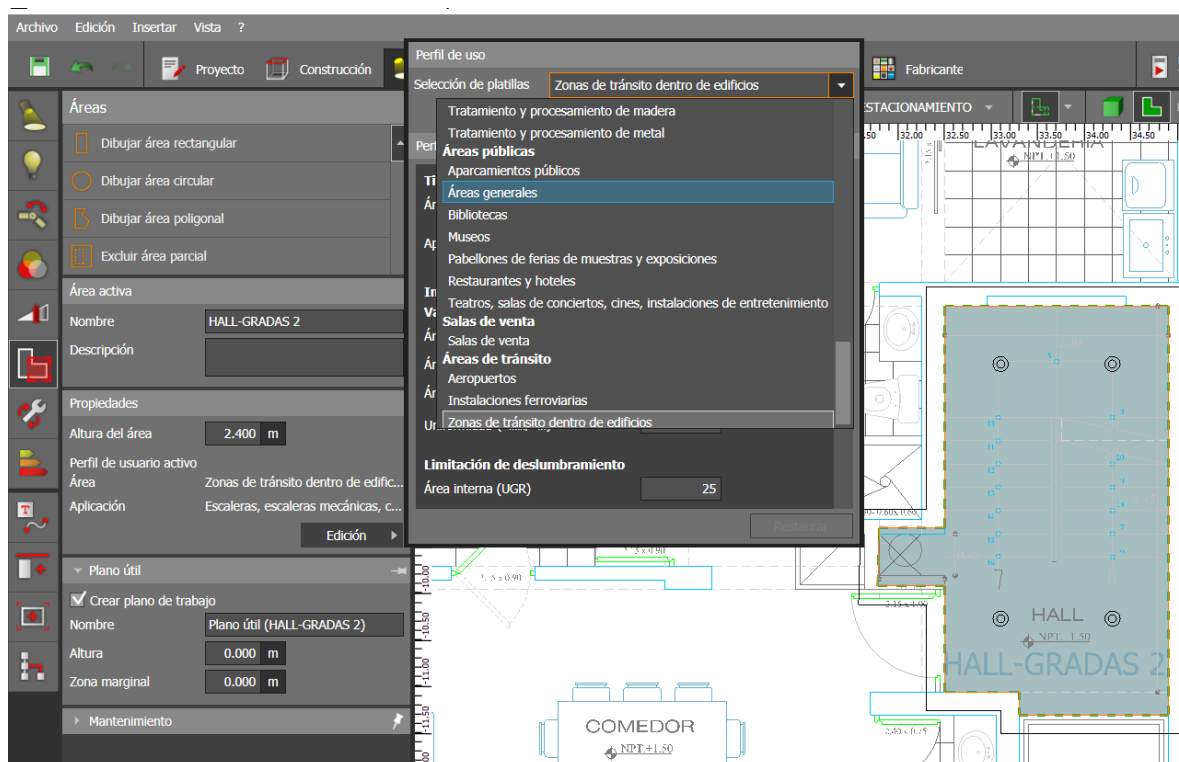


Figura 68 Perfil de uso de cada ambiente

Fuente: Elaboración propia

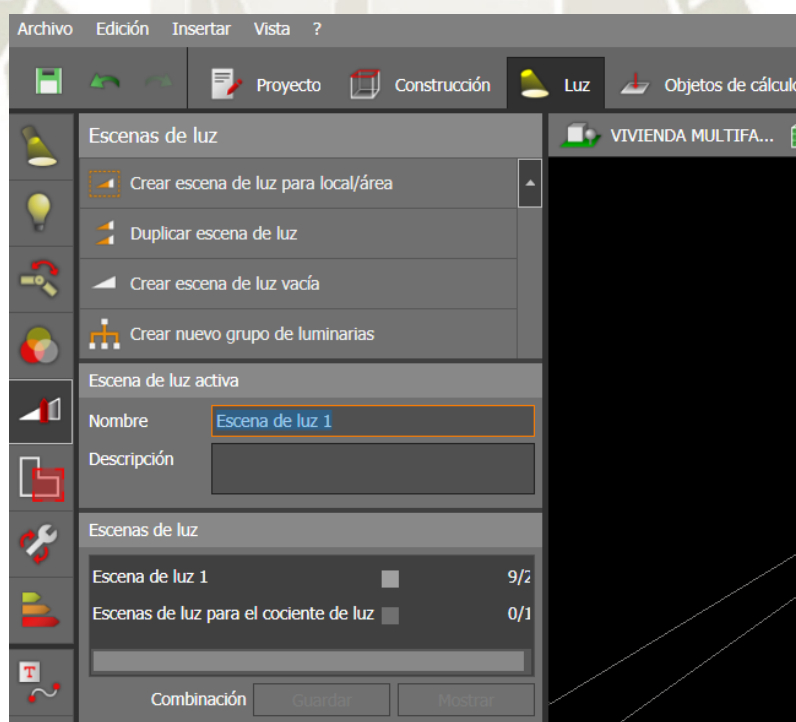


Figura 69 Selección de escena para cálculo de iluminación

Fuente: Elaboración propia

6. Cuando estamos en la opción Escena de luz, aparece en la parte inferior la opción de incluir el cálculo de la luz diurna. En ese sentido tenemos la opción de realizar el cálculo de luz artificial (que ya se realizó y presento en un ítem anterior), se puede incluir el cálculo de luz natural conjuntamente con la luz artificial, y también tenemos la opción de reducir el flujo luminoso de la luz artificial en porcentaje de 0 a 100%, es decir que si colocamos al 0% de luz artificial y tenemos activo el cálculo de luz natural, entonces sería solo el cálculo con luz natural.

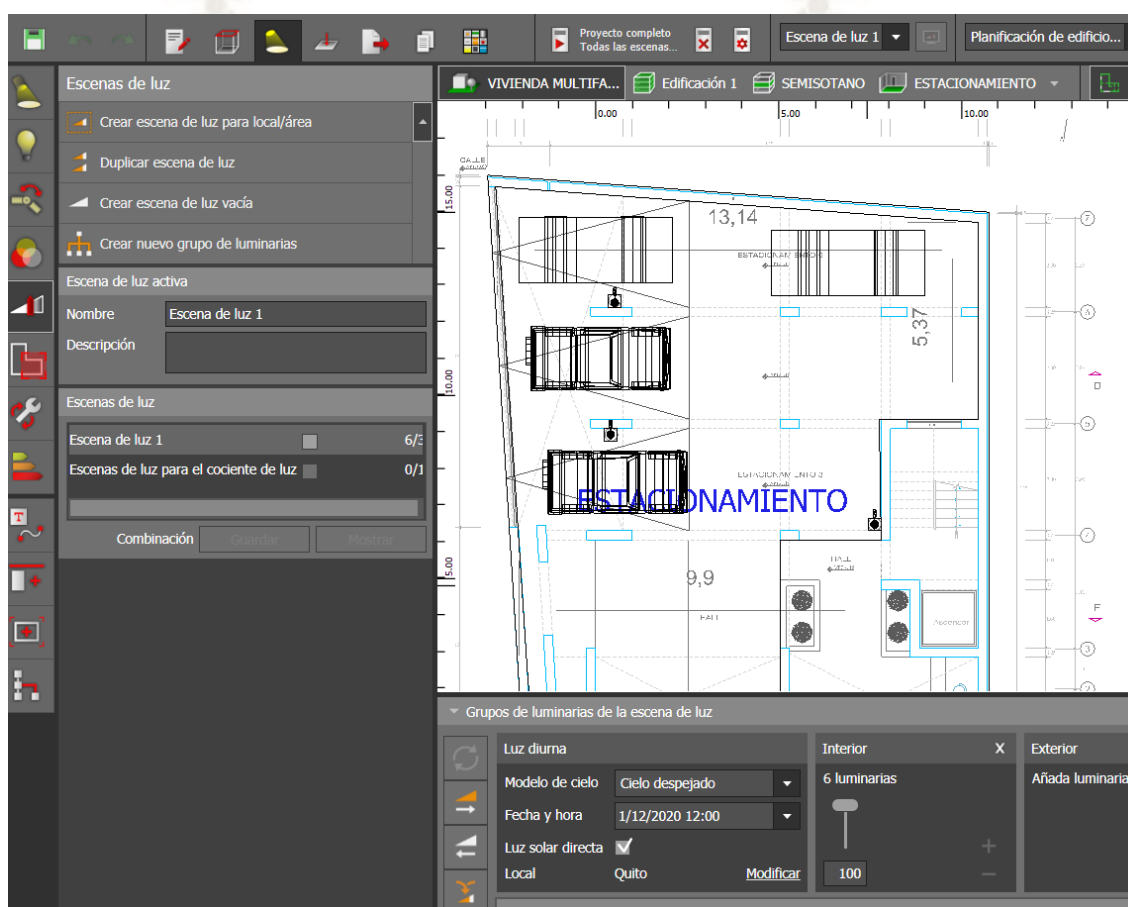


Figura 70 En la parte inferior de la imagen se encuentra el menú para configurar la iluminación natural

Fuente: Elaboración propia

7. Para realizar el cálculo de iluminación natural SIN EL SISTEMA DE TUBOS SOLARES se tendría que considerar tres escenarios, el primero es con el cielo cubierto, cielo medio y cielo despejado, con la luz artificial en 0%. Pero en este caso si no se considerara el sistema de tubos solares, se tendría solo el aporte de las claraboyas, tanto para el estacionamiento como para el hall-gradas de cada nivel.

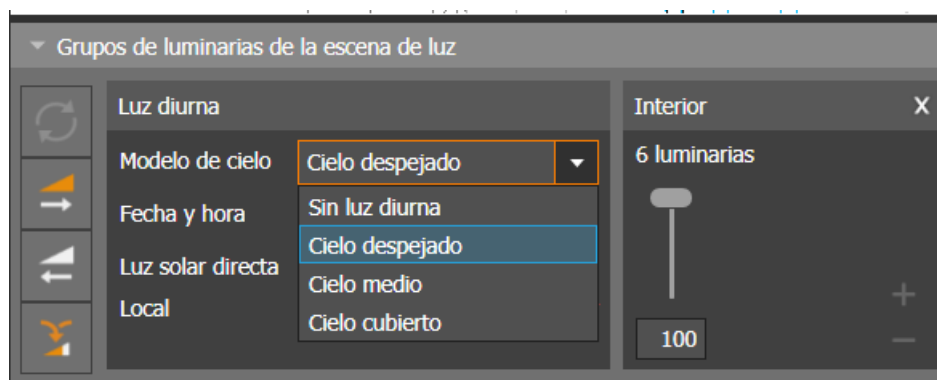


Figura 71 Grupos de luminarias de la escena de luz

Fuente: Elaboración propia

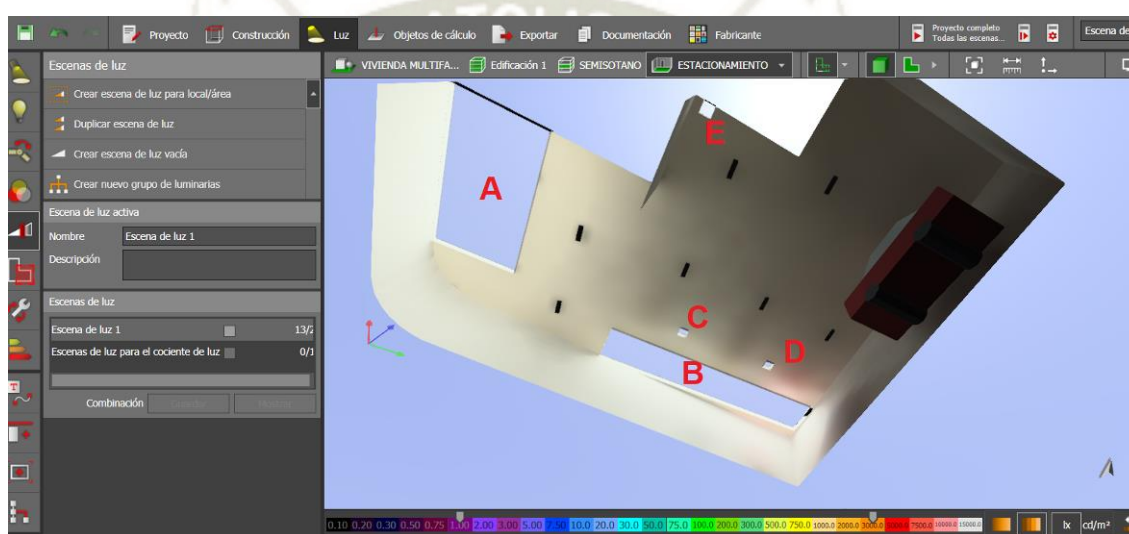


Figura 72 Claraboyas de estacionamiento

Fuente: Elaboración propia

8. Las claraboyas A y B, no se considerarán como un aporte principal de luz natural por el tipo de material (polycarbonato gris), entonces los aportes de luz natural serían las claraboyas C, D, E. En la siguiente imagen podemos ver la distribución fotométrica con la luz natural en condiciones de cielo cubierto, que es la condición del cálculo de iluminación natural por ser el peor escenario.

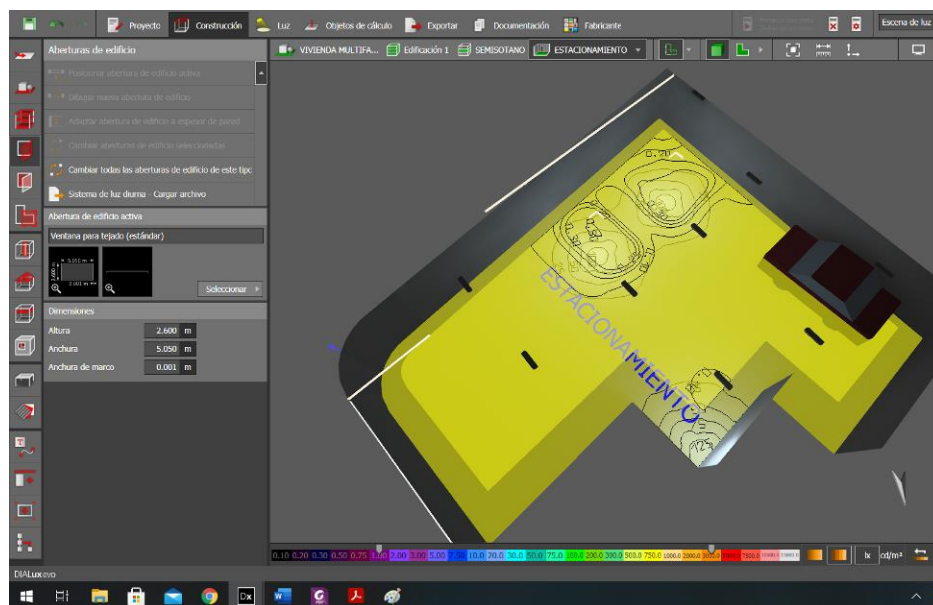


Figura 73 Distribución fotométrica con la luz natural en condiciones de cielo cubierto

Fuente: Elaboración propia

Edificación 1 · SEMISOTANO · ESTACIONAMIENTO (Escena de luz 1)

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Luz diurna	D	0.076 %	-	-
Plano útil	E	15.1 lx	≥ 50.0 lx	✗
	g ₁	0.007	-	-

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al cálculo tenemos un valor promedio de 15.1lux, inferior al de 50 luxes establecidos por la norma.

Para la grada-hall, tenemos lo siguiente, entonces los aportes de luz natural sería la claraboya F. En la siguiente imagen podemos ver la distribución fotométrica con la luz natural en condiciones de cielo cubierto.

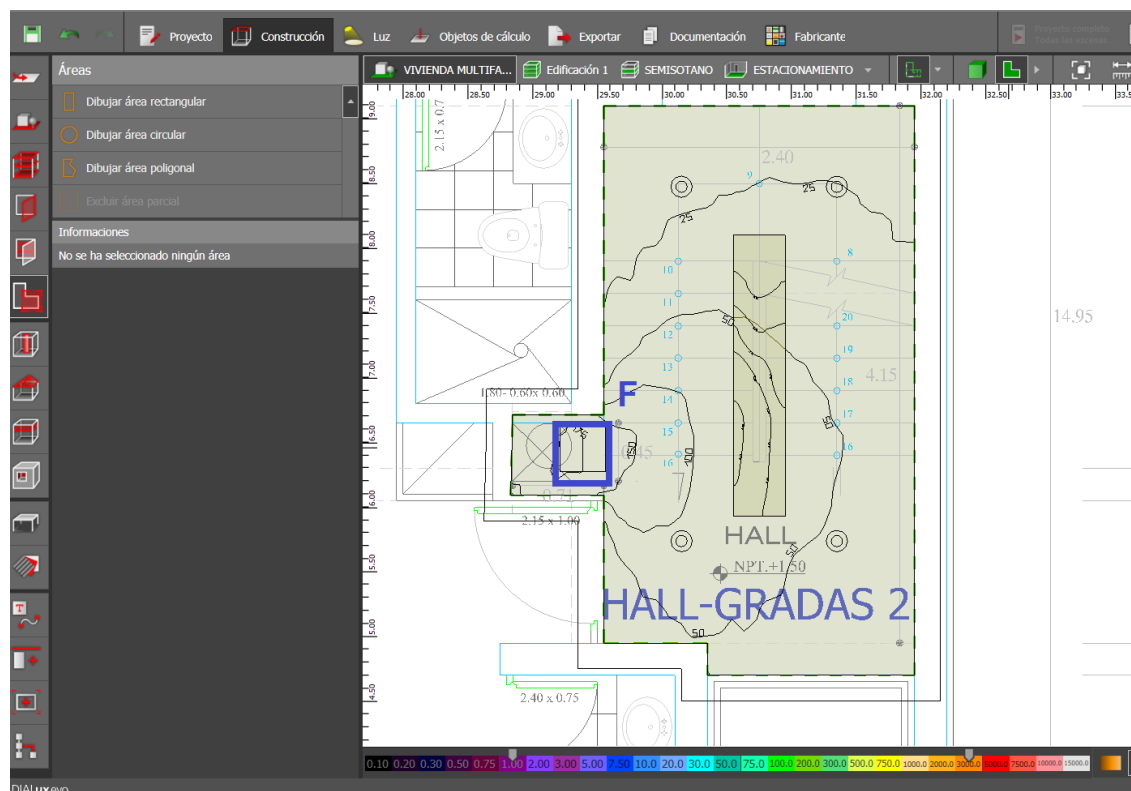


Figura 74 Distribución fotométrica con la luz natural en condiciones de cielo cubierto

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al cálculo tenemos un valor promedio de 53.2lux, inferior al de 150 luxes establecidos por la norma.

Edificación 1 · SEMISOTANO · HALL-GRADAS 2 (Escena de luz 1)

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Luz diurna	D	0.254 %	-	-
Plano útil	E	53.2 lx	≥ 150 lx	✗
	g ₁	0.31	-	-

Fuente: Elaboración propia

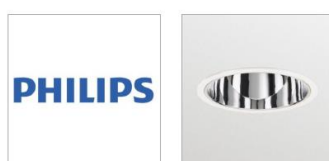
- De acuerdo a la tabla de fabricante y considerando las Horas de Sol al año para la ciudad de Arequipa, contamos con un promedio anual de 3315.3 de horas sol al año, tenemos garantizados la cantidad de lúmenes indicados por el fabricante, en nuestro caso el SOLATUBE de 290DS 350mm para el estacionamiento que tiene una emisión relativa de luz de 6,000 lúmenes en promedio (hasta 9,100).y 330DS para la iluminación de los cinco niveles de

hall-gradas que tiene una emisión relativa de luz de 14,000 lúmenes en promedio (hasta 20,800).

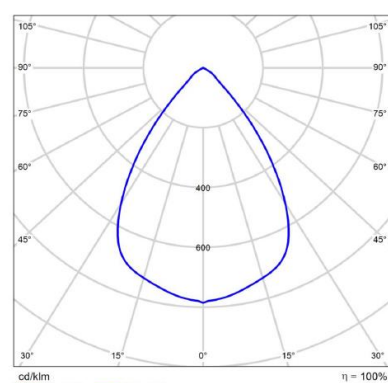
10. Para realizar la comprobación de que los TUBESOL seleccionados cumplen con los valores de iluminación, se seleccionó unas luminarias que tienen la misma cantidad de lúmenes y curvas asimétricas fotométricas de amplio espectro, para el estacionamiento se seleccionó 02 TUBESOL de 290DS 350mm, y 01 330DS 530mm, se ha realizado la comprobación asumiendo el valor promedio de lúmenes de 6000lm y 14000lm, además el ducto que baja hacia la caja de escaleras tendrá derivaciones en cada nivel, que de acuerdo a las especificaciones del fabricante en las derivaciones tendremos un aproximado de 2000lm, de acuerdo a ello las luminarias a utilizar serían:

Ficha de producto

PHILIPS DN571B 1 xLED60S/830 C PG



N° de artículo	
P	48.0 W
$\Phi_{\text{Lámpara}}$	6000 lm
$\Phi_{\text{Luminaria}}$	6000 lm
η	100.00 %
Rendimiento luminico	125.0 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100



CDL polar

Figura 75 Representación del flujo Luminoso del TUBESOL de 290DS 350mm

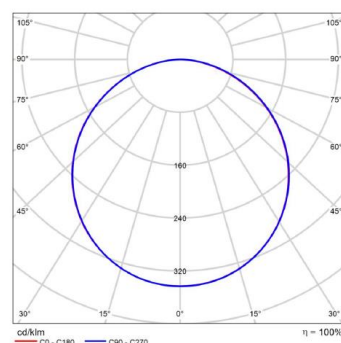
Fuente: Elaboración propia

Ficha de producto

PHILIPS DN135C D215 1xLED20S/830



Nº de artículo	
P	28.0 W
Φ Lámpara	2000 lm
Φ Luminaria	2000 lm
η	100.00 %
Rendimiento luminico	71.4 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100



CDL polar

Figura 76 Representación del flujo Luminoso de la salida de derivación TUBESOL de 330DS

11. Fuente: Elaboración propia

12. Entonces considerando las luminarias indicadas, y con los valores de iluminación ya establecidos, tendríamos la ubicación de los tubos solares en el estacionamiento y el hall-gradas de cada nivel, y finalmente los valores obtenidos los cuales serán comparados con los requeridos por la normatividad y poder validar los resultados.

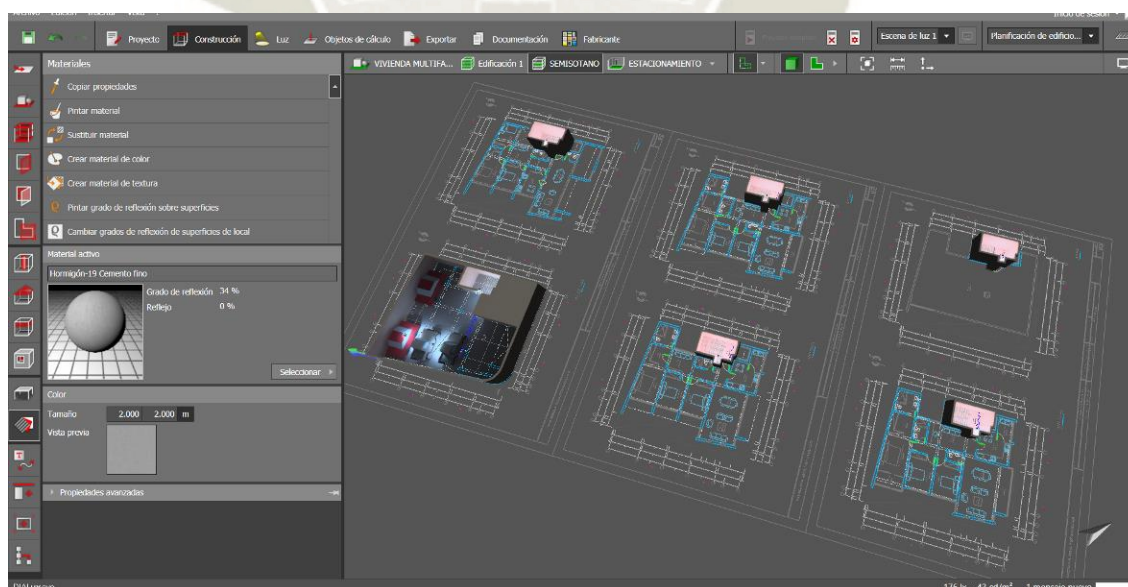


Figura 77 Ubicación de los tubos solares en el estacionamiento y en el hall gradas

Fuente: Elaboración propia

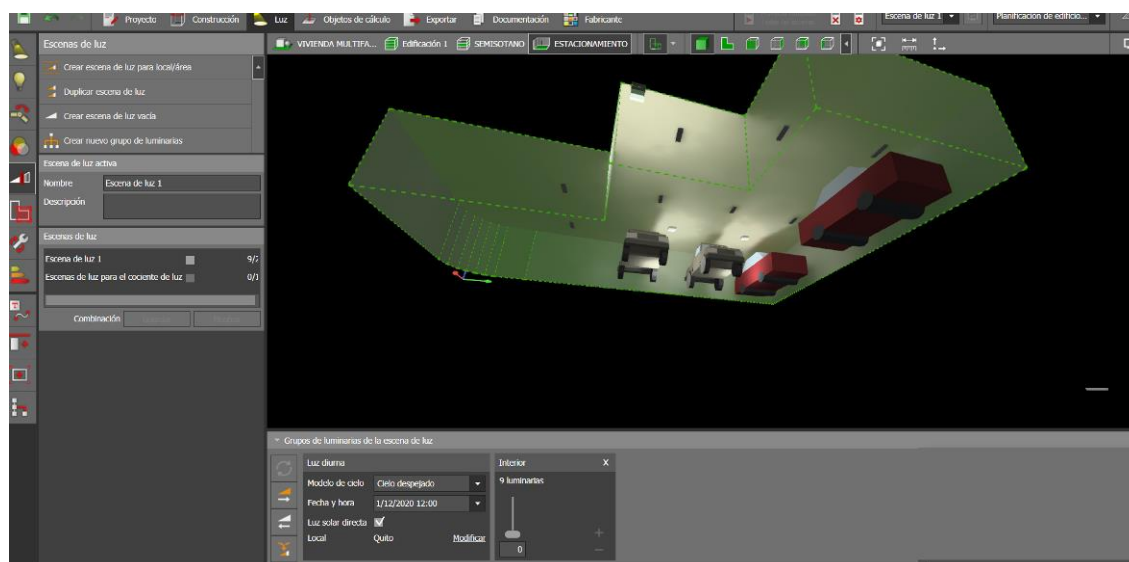


Figura 78 Ubicación e iluminación natural del estacionamiento con los tubos solares.

Fuente: Elaboración propia

ESTACIONAMIENTO

P_{total} 124.0 W	A_{Local} 148.71 m ²	Potencia específica de conexión 0.83 W/m ² = 1.22 W/m ² /100 lx (Local)	$E_{horizontal}$ (Plano útil) 68.5 lx
------------------------	--------------------------------------	--	--

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
1	PHILIPS	DN135C D215 1xLED20S/830		28.0 W	2000 lm
2	PHILIPS	DN571B 1 xLED60S/830 C PG		48.0 W	6000 lm

GRADA -HALL 2

P_{total} 28.0 W	A_{Local} 10.94 m ²	Potencia específica de conexión 2.56 W/m ² = 1.45 W/m ² /100 lx (Local)	$E_{horizontal}$ (Plano útil) 177 lx
-----------------------	-------------------------------------	--	---

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
1	PHILIPS	DN135C D215 1xLED20S/830		28.0 W	2000 lm

GRADA - HALL 3

P_{total} 28.0 W	A_{Local} 10.77 m ²	Potencia específica de conexión 2.60 W/m ² = 1.57 W/m ² /100 lx (Local)	$E_{horizontal}$ (Plano útil) 166 lx
-----------------------	-------------------------------------	--	---

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
1	PHILIPS	DN135C D215 1xLED20S/830		28.0 W	2000 lm

Grada-Hall azotea

P_{total} 28.0 W	A_{Local} 10.77 m ²	Potencia específica de conexión 2.60 W/m ² = 1.58 W/m ² /100 lx (Local)	$E_{horizontal}$ (Plano útil) 165 lx
-----------------------	-------------------------------------	--	---

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	ΦLuminaria
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm

Gradas-Hall 1

P_{total} 28.0 W	A_{Local} 10.75 m ²	Potencia específica de conexión 2.60 W/m ² = 1.60 W/m ² /100 lx (Local)	$E_{horizontal}$ (Plano útil) 163 lx
-----------------------	-------------------------------------	--	---

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	ΦLuminaria
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm

Gradas-Hall 4

P_{total} 28.0 W	A_{Local} 10.78 m ²	Potencia específica de conexión 2.60 W/m ² = 1.58 W/m ² /100 lx (Local)	$E_{horizontal}$ (Plano útil) 164 lx
-----------------------	-------------------------------------	--	---

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	ΦLuminaria
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm

Fuente: Elaboración propia

Se ha presentado el procedimiento de cálculo de la iluminación natural con el sistema de tubos solares en el software DIALUX EVO 9.1., de los cuales podemos concluir que con los ductos solares seleccionados de acuerdo a la cantidad de lúmenes que emiten se llega a los valores recomendados por la normativa peruana R.N.E.

CAPÍTULO IV

4. EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE LA ILUMINACIÓN MEDIANTE TUBOS SOLARES.

4.1. Memoria descriptiva

La presente Memoria Descriptiva tiene por objeto la descripción del sistema de iluminación de áreas comunes del proyecto de vivienda multifamiliar mediante tubos solares, dentro de un marco de cumplimiento de las normas del Reglamento Nacional de Edificaciones y lo establecido en el Código Nacional de Electricidad.

Se estableció criterios y requisitos mínimos de diseño, con la finalidad de alcanzar una instalación óptima acorde a las necesidades del tipo edificación, cumplimiento de la norma vigente, y eficiencia energética.

La edificación cuenta con una capacidad de 08 estacionamientos ubicados en el semisótano.

El proyecto contempla semisótano, cuatro niveles de departamentos y azotea.

- SEMISÓTANO: Contiene 8 estacionamientos; áreas comunes: escaleras de acceso al primer nivel, caja de ascensor con capacidad de 8 personas.
- PRIMER PISO : Contiene Hall de ingreso principal, escaleras de evacuación y acceso al segundo nivel, caja de ascensor con capacidad de 8 personas, y un departamento con una distribución interior:
TIPOLOGIA A: Sala, comedor, cocina, desayunador, lavandería, baño de visitas, dormitorio principal con baño y closet, dormitorio 2 con closet; dormitorio 3 con closet ; y baño común .
- SEGUNDO PISO : Contiene: escaleras de evacuación y de acceso al tercer nivel; caja de ascensor con capacidad de 8 personas; y un departamento con una distribución interior de TIPOLOGÍA A.
- TERCER PISO : Contiene: escaleras de evacuación y de acceso al cuarto nivel; caja de ascensor con capacidad de 8 personas; y un departamento con una distribución interior de TIPOLOGÍA A.
- CUARTO PISO : Contiene : hall, escaleras de evacuación y de acceso al quinto nivel ; caja de ascensor con capacidad de 8 personas; y un departamento con una distribución interior de TIPOLOGIA A.
- AZOTEA: Contiene: escaleras de evacuación y acceso desde el cuarto nivel;

caja de ascensor con capacidad de 8 personas, hall 1, y azotea.

La vivienda multifamiliar está ubicada En Urb. Ecológica Casa Lago San José, Distrito, Provincia y Departamento de Arequipa, está en etapa de proyecto y se piensa ejecutar cuando se concluya el trámite de la licencia de construcción, que por el tema de la situación actual de la pandemia aún está pendiente de trámite. La vivienda tiene un área de terreno de 200 m² y cuenta con cinco niveles, un semisótano para los estacionamientos y los cuatro niveles son departamentos de vivienda.

“El departamento de Arequipa está ubicado en el sur del país, con las siguientes coordenadas geográficas: 70°48'15" a 70°05'52" de latitud oeste y 14°36'06" a 17°17'54" de latitud sur” (De la Cruz Romero, 2019).

De acuerdo a las especificaciones de fabricantes sobre el sistema de ductos solares SOLATUBE, además teniendo en cuenta la arquitectura del proyecto así como su ubicación, y su entorno, ya que se encuentra en una zona de viviendas multifamiliares que limitan mucho el ingreso de sol directo a los espacios como estacionamientos y caja de escaleras, ello repercute en la poca iluminación natural que se tendría en condiciones normales de utilización, por lo que sería necesario el uso de iluminación artificial en forma permanente, con el diseño explicado en el capítulo anterior queda claro el uso de dos ductos solares (de 6000 lúmenes aprox.) y un ducto solar de 2000 lúmenes aproximadamente, para el área de estacionamiento y para el área de hall-gradas de todos los niveles un ducto solar de 14000 lúmenes, se ha planteado realizar derivaciones, considerándose un aproximado de 2000 lúmenes por cada nivel de hall-grada para el cálculo.

4.2. Especificaciones técnicas de materiales

El sistema de tubos solares, está basado en una claraboya o domo que se sitúan en el techo de los edificios y utiliza unos conductos altamente reflectantes que transportaran la luz solar al interior de los mismos. En la siguiente imagen podemos ver la composición de este sistema:

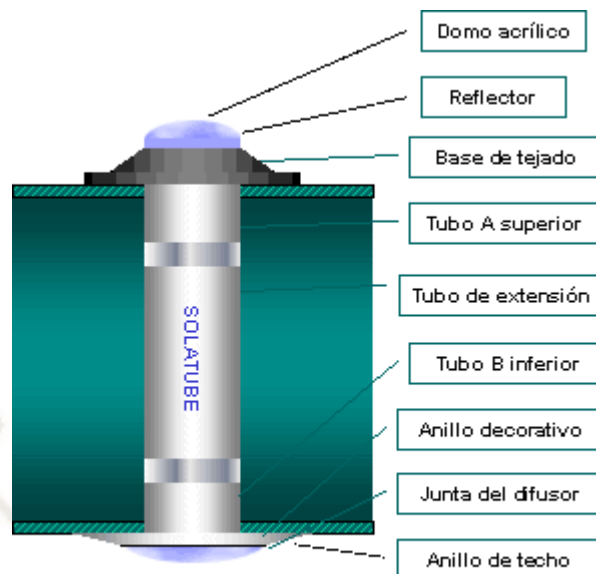


Figura 79 Imagen.- composición del sistema de ductos solares

“El sistema está compuesto de un sistema de tuberías que desde el techo de las edificaciones y mediante la reflexión conduce la luz visible natural a los espacios interiores logrando aprovechar los rayos solares existentes hasta la puesta del sol” (De la Cruz Romero, 2019).

Es importante mencionar las ventajas del sistema:

- Instalación en el mismo día y sin reformas estructurales.
- No necesita mantenimiento
- No transmite ni calor ni ruido
- Filtra los rayos UV
- 4 Diámetros diferentes (25 cm, 35 cm, 53 cm y 74 cm)
- Se adapta a cualquier tipo de cubierta o tejado
- Difumina la luz llegando más de 21 metros
- 20 años de vida útil. (De la Cruz Romero, 2019)

El sistema de ductos solares estará compuesto de los siguiente:

- a) Domo o Cúpulas de vidrio: fabricadas en doble vidrio con cámara de aire anti condensación. Posee una resistencia mecánica al impacto y al rallado difícil de conseguir con plásticos y una mayor durabilidad gracias al templado exterior. La cámara de aire le proporciona un mejor aislamiento

térmico y acústico. Además lleva colocado un anillo perimetral en acero, con acabado metálico

- b) Celosías reflectantes: son de aluminio de alta reflexión, capturando y redirigiendo la luz del sol hacia el interior del conducto y aumentando así su rendimiento. El diseño maximiza su rendimiento durante los meses de invierno (le llegan los rayos de menor ángulo), y lo minimiza en los de verano (cuando los rayos inciden con mayor intensidad), protegiéndolo de una excesiva radiación.
- c) Conductos: llevan un acabado superficial de plata con un factor súper-reflectante del 98%, transfiriendo la luz solar una distancia de hasta 21m. Otra posibilidad de los tubos de luz, es la opción de un tubo de luz con multisalidas, permitiéndonos iluminar varias estancias con un único tubo de luz, empleando salidas laterales y derivando así los rayos solares. se puede aplicar en vez de iluminando distintas estancias, iluminando distintas plantas. (De la Cruz Romero, 2019)

En nuestro caso para el estacionamiento se tiene directamente un tubo que va desde la cúpula hasta el difusor, mientras que el ducto de la caja de escaleras se optó por un tubo solar con multisalidas, empleando salidas laterales, teniendo así una salida en cada nivel y en el sótano dos salidas, una hacia el estacionamiento y otra hacia las gradas.

4.3. Características del sistema

TECNOLOGÍA RAYBENDER. Es una cualidad de la cúpula que nos permite captar la luz difusa y concentrarla en el interior del tubo aumentando así su rendimiento en días nublados e incluso en invierno cuando hay poca iluminación solar.

El sistema domo y el sistema reflector exclusivo patentado, incrementa dentro del tubo, el nivel de luz solar natural captada y la transfiere directamente, así también como la luz ambiental en días nublados. De material acrílico es resistente a impactos y rayos UV clasificado como material CC2, tiene 0'32 cms de grosor, una transmisión de luz visible del 92% y de sólo 0'3% de U.V.

TUBO de SPECTRALIGHT INFINITY. Lo mas avanzado en el mundo y en exclusiva para SOLATUBE. La disponibilidad del sistema SPECTRALIGHT INFINITY, cuyo material es de lo más avanzado en reflectividad nos provee del máximo rendimiento en la transmisión de luz. Efecto potenciado por un reflector (LITD™) que aumenta la recogida de luz cuando el sol está muy bajo.

ASENTAMIENTOS EN TEJADOS PERFECTOS. Fabricados de una sola pieza y diseñados especialmente para que no existan goteras.

INSTALACION RÁPIDA Y FÁCIL. Los nuevos componentes pre-ajustables hacen que la instalación sea mas fácil y rápida que nunca y sin ninguna reforma estructural en sus tejados.

TUBO COMPACTO. Se ajusta entre canales de tejados y falsos techos aunque sean inaccesibles. Cada paquete (kit) de instalación de SOLATUBE incluye un par de adaptadores estándar que permiten ser colocados virtualmente en cualquier parte.

ENERGÍA EFICIENTE. Hace que los objetos, salas y los cuartos se vean mucho mas exactos a sus colores originales, ya que SOLATUBE proporciona una temperatura de color =100 muy semejante a la luz solar natural. El sello asegura la mínima transferencia calorífica entre ambientes interiores y exteriores. (Benquin, 2020)

4.4. Evaluación del Diseño del sistema de iluminación mediante tubos solares

Para realizar la evaluación de los resultados se deberá tener claro los valores de iluminación media que se consideraron para el diseño y cálculo de a iluminación artificial y natural mediante el sistema de tubos solares, en el caso del estacionamiento 50 luxes y el hall-gradas 150 luxes. Considerando además que el plano útil a considerar en el estacionamiento es del nivel del suelo y para las gradas y el hall será a nivel del suelo, de acuerdo a lo que indica la normatividad R.N.E. se presenta el modelamiento efectuado a partir de los planos de arquitectura.

Lista de locales

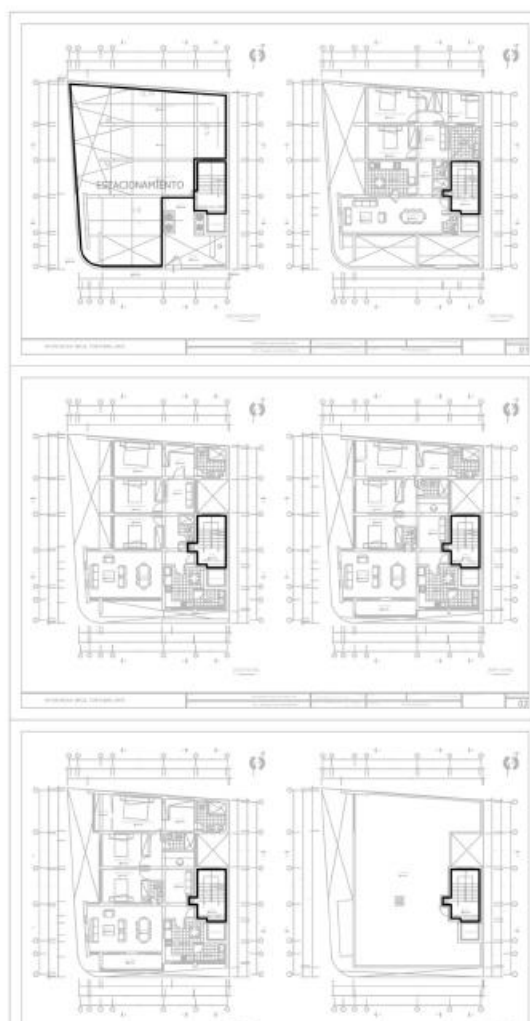


Figura 80 Imagen.- distribución en planta de los ambientes a iluminar con los tubos solares (los que están resaltados)

Fuente: Elaboración propia

Se ha utilizado el software DIALUX EVO y el 4.13, para el cálculo de iluminación de ductos solares, con el cual hemos determinado la cantidad y la ubicación óptima de los ductos, teniendo en consideración la arquitectura y los planos estructurales. Se determinó el uso de dos ductos solares (de 6000 lúmenes aprox.) y un ducto solar de 2000 lúmenes aproximadamente, para el área de estacionamiento y para el área de hall-gradas de todos los niveles un ducto solar de 14000 lúmenes, se ha planteado realizar derivaciones, considerándose un aproximado de 2000 lúmenes por cada nivel de hall-grada para el cálculo, para controlar la variable de lúmenes proporcionado por los ductos solares se eligieron dos luminarias de la misma curva

fotométrica, con la misma temperatura de color de 3000 grados kelvin, además del índice de reproducción cromática de 100 y lúmenes que los ductos solares es así que se selecciono la luminaria Philips DN135C D215 1xLED20S/830 de 2000 lúmenes y la luminaria Philips DN571B 1 xLED60S/830 C PG de 6000 lúmenes, como se detalla a continuación:

Lista de luminarias

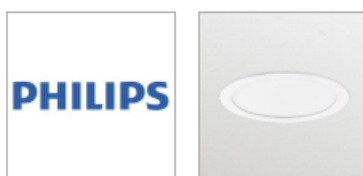
Φ_{total} 26000 lm		P_{total} 292.0 W	Rendimiento lumínico 89.0 lm/W			
Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
7	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm	71.4 lm/W
2	PHILIPS		DN571B 1 xLED60S/830 C PG	48.0 W	6000 lm	125.0 lm/W

Tabla 17 Luminarias equivalentes a tubos solares

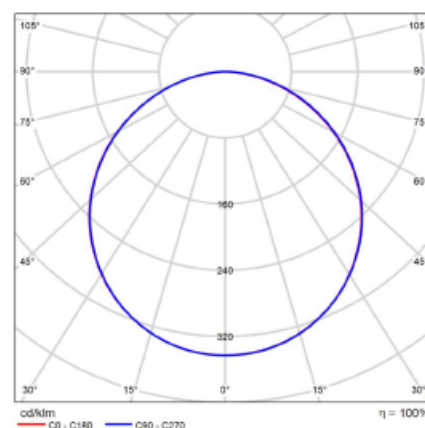
Fuente: Philips, (2020)

Ficha de producto

PHILIPS DN135C D215 1xLED20S/830



N° de artículo	
P	28.0 W
$\Phi_{Lámpara}$	2000 lm
$\Phi_{Luminaria}$	2000 lm
η	100.00 %
Rendimiento lumínico	71.4 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100



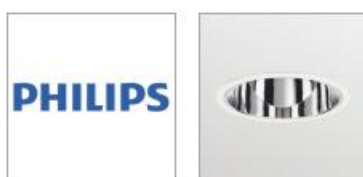
CDL polar

Figura 81 Ficha técnica de la luminaria DN135C D215 1xLED20S/830

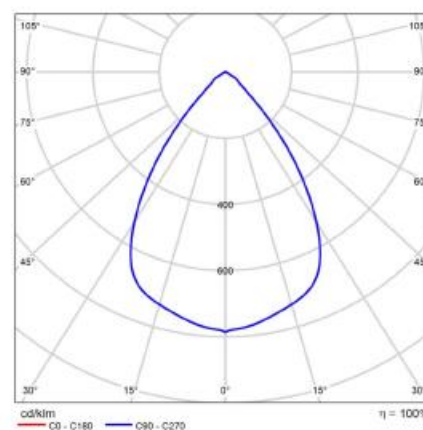
Fuente: Philips, (2020)

Ficha de producto

PHILIPS DN571B 1 xLED60S/830 C PG



N° de artículo	
P	48.0 W
$\Phi_{\text{Lámpara}}$	6000 lm
$\Phi_{\text{Luminaria}}$	6000 lm
η	100.00 %
Rendimiento luminico	125.0 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100



CDL polar

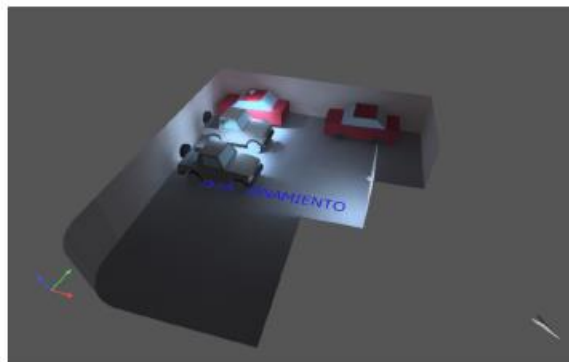
Figura 82 Ficha técnica de la luminaria PHILIPS DN571B 1 xLED60S/830CPG

Fuente: Philips, (2020)

De acuerdo a los cálculos realizados, se ubicaron óptimamente los tubos solares, a continuación, se muestra en vista de 3D, la ubicación para los ambientes de áreas comunes, que son estacionamientos y hall-gradas:

Imágenes

ESTACIONAMIENTO (55)



Gradas-Hall 4 (56)



Gradas-Hall 4 (57)

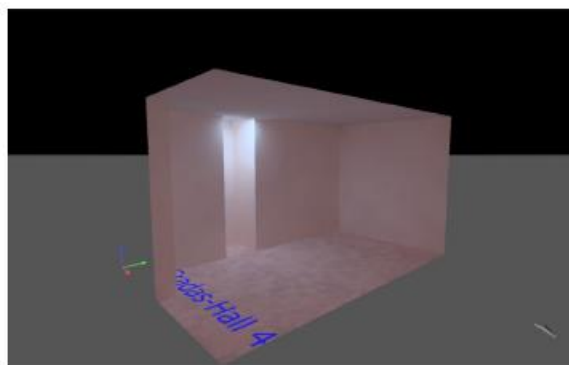


Figura 83 Vistas en 3D de la iluminación con los tubos solares

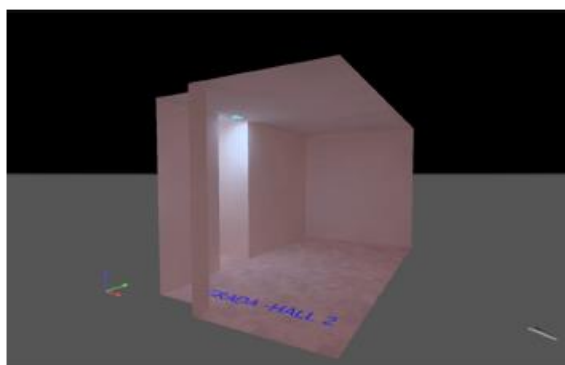
Fuente: Elaboración propia

Imágenes

GRADAS-HALL SEMIS (58)



GRADA -HALL 2 (59)



ESTACIONAMIENTO (60)

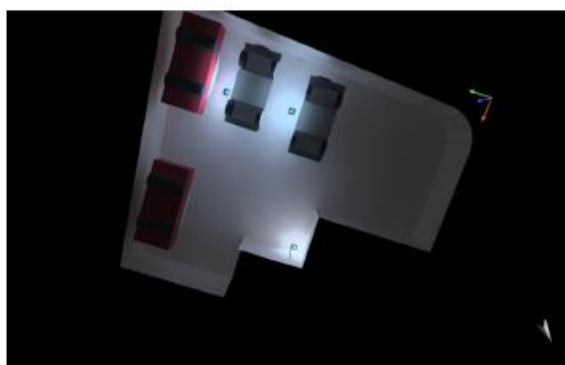


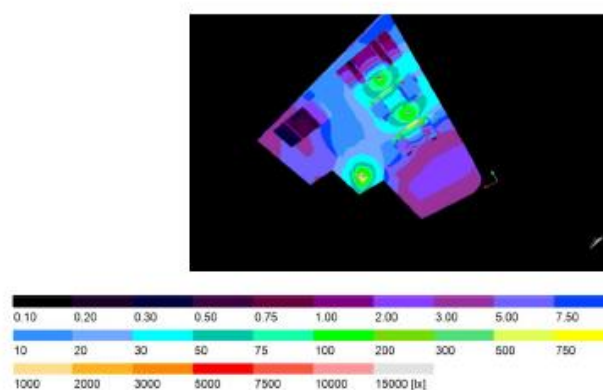
Figura 84 Vistas en 3D de la iluminación con los tubos solares

Fuente: Elaboración propia

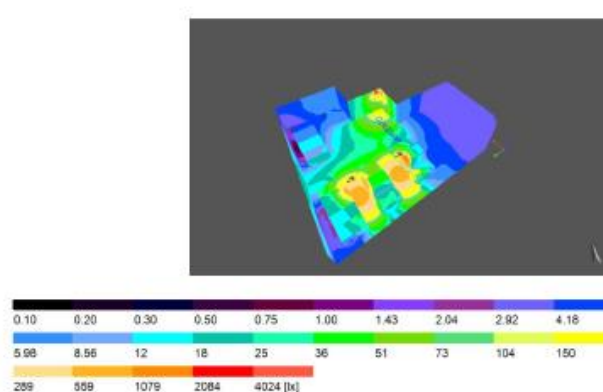
Ahora se presentan las vistas de los ambientes, pero se ha activado el modo de vista de colores falsos, esta vista nos permite hacer un análisis visual muy rápido de la distribución del flujo luminoso en el área además en la parte inferior de cada imagen encontramos una leyenda de los colores presentados cada uno correspondiente a un nivel de iluminación:

Imágenes

ESTACIONAMIENTO (61)



ESTACIONAMIENTO (62)



ESTACIONAMIENTO (63)

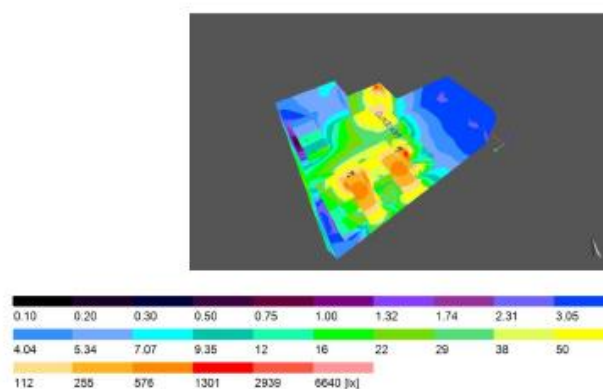
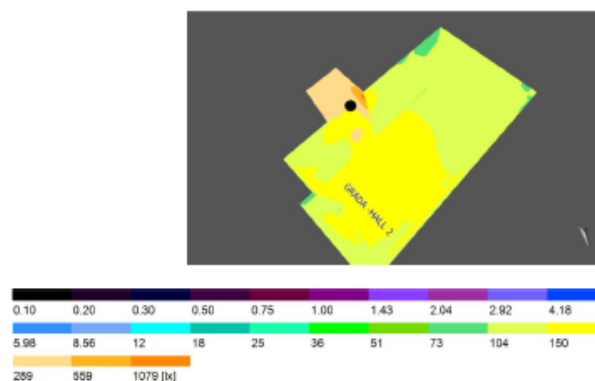


Figura 85 Vistas en 3D de la iluminación con los tubos solares, en vista de colores falsos

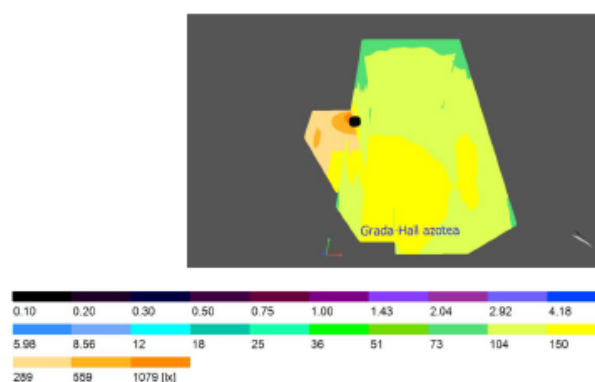
Fuente: Elaboración propia

Imágenes

GRADA -HALL 2 (64)



Grada-Hall azotea (65)



GRADA - HALL 3 (66)

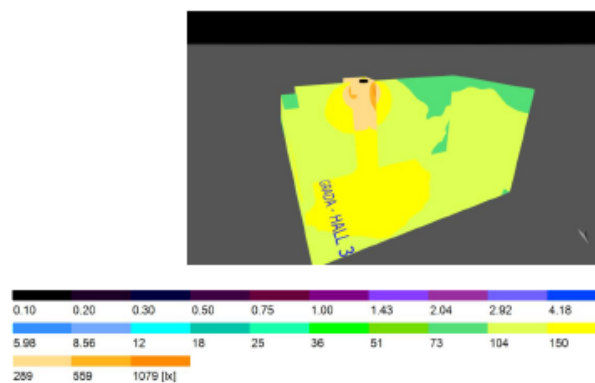
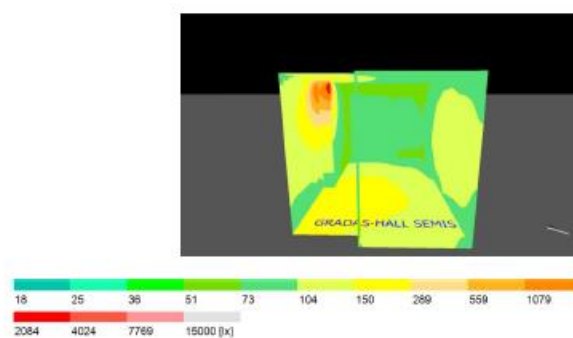


Figura 86 Vistas en 3D de la iluminación con los tubos solares, en vista de colores falsos

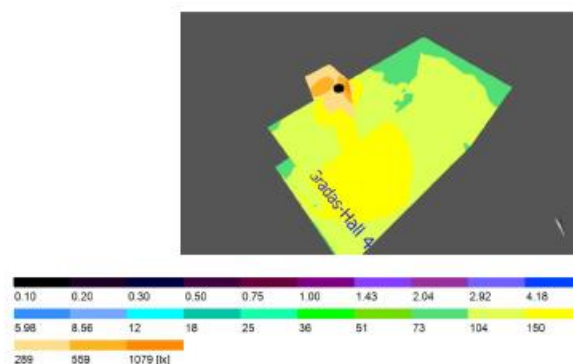
Fuente: Elaboración propia

Imágenes

GRADAS-HALL SEMIS (67)



Gradas-Hall 4 (68)



Gradas-Hall 1 (69)

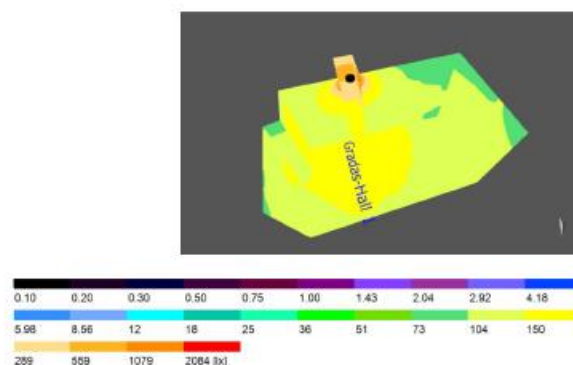


Figura 87 Vistas en 3D de la iluminación con los tubos solares, en vista de colores falsos

Fuente: Elaboración propia

Se muestran a continuación los valores de iluminancia media en el plano útil, para cada uno de los ambientes:

ESTACIONAMIENTO

P_{total} 124.0 W	A_{Local} 148.71 m ²	Potencia específica de conexión 0.83 W/m ² = 1.22 W/m ² /100 lx (Local)	$E_{horizontal}$ (Plano útil) 68.5 lx
------------------------	--------------------------------------	--	--

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm
2	PHILIPS		DN571B 1 xLED60S/830 C PG	48.0 W	6000 lm

GRADA -HALL 2

P_{total} 28.0 W	A_{Local} 10.94 m ²	Potencia específica de conexión 2.56 W/m ² = 1.45 W/m ² /100 lx (Local)	$E_{horizontal}$ (Plano útil) 177 lx
-----------------------	-------------------------------------	--	---

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm

GRADA - HALL 3

P_{total} 28.0 W	A_{Local} 10.77 m ²	Potencia específica de conexión 2.60 W/m ² = 1.57 W/m ² /100 lx (Local)	$E_{horizontal}$ (Plano útil) 166 lx
-----------------------	-------------------------------------	--	---

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm



Grada-Hall azotea

P_{total} 28.0 W	A_{Local} 10.77 m ²	Potencia específica de conexión $2.60 \text{ W/m}^2 = 1.58 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx (Local)}$	$E_{horizontal}$ (Plano útil) 165 lx
-----------------------	-------------------------------------	---	---

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm

Gradas-Hall 1

P_{total} 28.0 W	A_{Local} 10.75 m ²	Potencia específica de conexión $2.60 \text{ W/m}^2 = 1.60 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx (Local)}$	$E_{horizontal}$ (Plano útil) 163 lx
-----------------------	-------------------------------------	---	---

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm

Gradas-Hall 4

P_{total} 28.0 W	A_{Local} 10.78 m ²	Potencia específica de conexión $2.60 \text{ W/m}^2 = 1.58 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx (Local)}$	$E_{horizontal}$ (Plano útil) 164 lx
-----------------------	-------------------------------------	---	---

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm

GRADAS-HALL SEMIS

P_{total} 28.0 W	A_{Local} 10.78 m ²	Potencia específica de conexión $2.60 \text{ W/m}^2 = 1.20 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx (Local)}$	$E_{horizontal}$ (Plano útil) 216 lx
-----------------------	-------------------------------------	---	---

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se ve la vista de planta de los ambientes donde se efectuó el cálculo, se le designo una codificación a cada uno de los ambientes de cada planta del proyecto de la vivienda multifamiliar

Objetos de cálculo

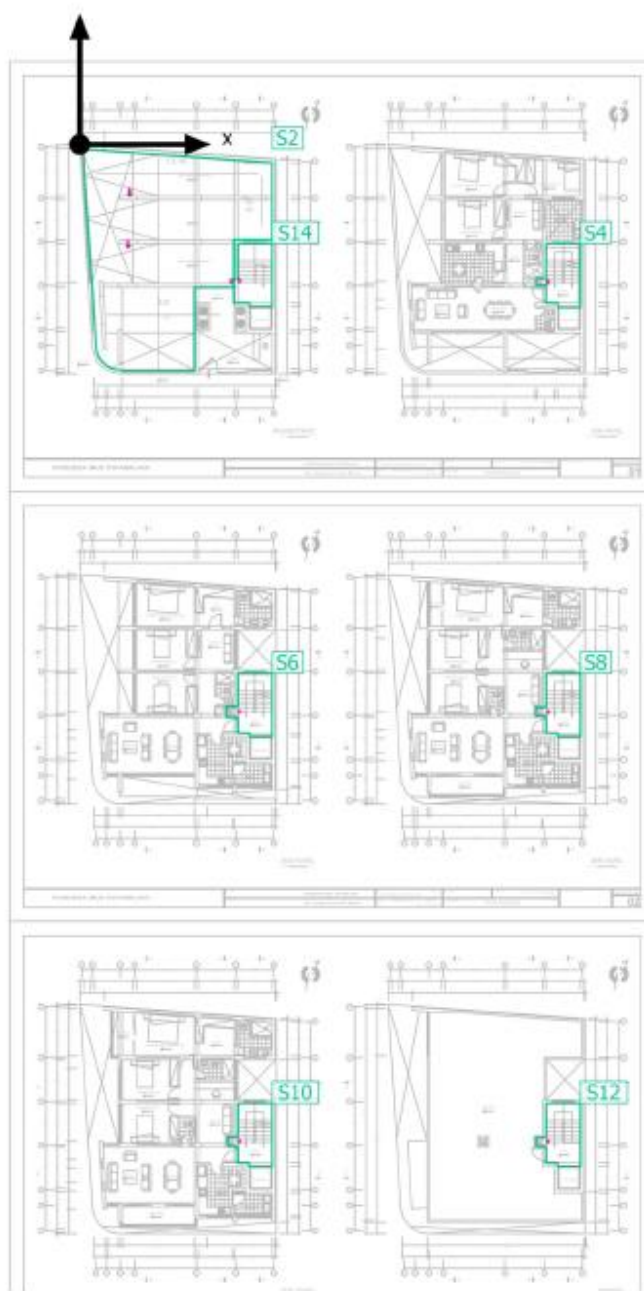


Figura 88 Vista de planta de los ambientes donde se efectuó el cálculo

Fuente: Elaboración propia

Se presenta a continuación los resultados detallados de cada ambiente, además debajo de cada resultado de la iluminancia media calculada se presenta entre paréntesis el valor normalizado, marcándose con un check verde si se cumple los niveles de iluminación requeridos para cada actividad correspondiente.

Edificación 1 · SEMISOTANO

Objetos de cálculo

Planos útiles

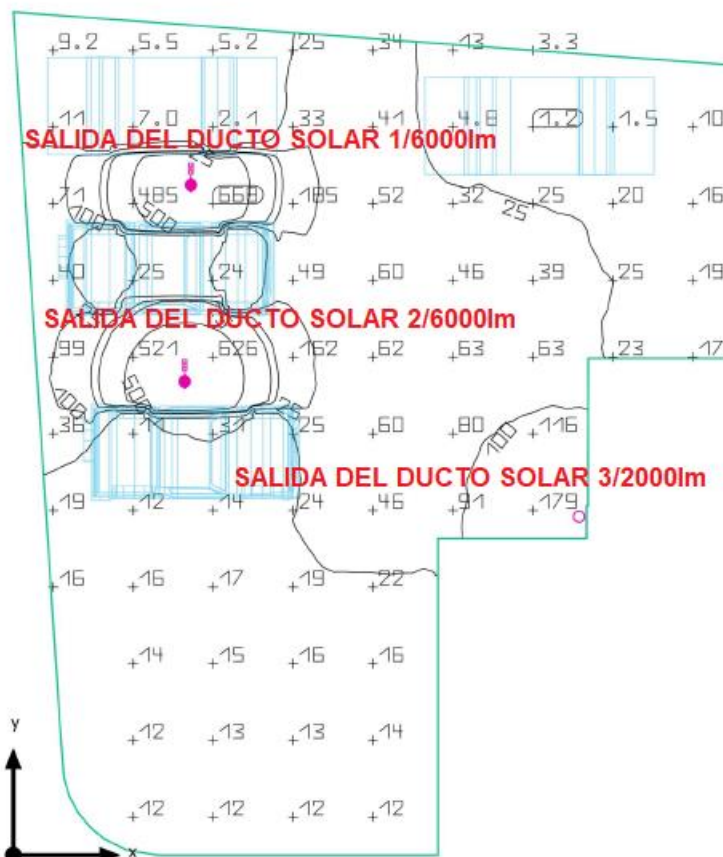
Propiedades	E (Nominal)	E _{min}	E _{máx}	g ₁	g ₂	Índice
Plano útil (ESTACIONAMIENTO) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	68.5 lx (≥ 50.0 lx) ✓	0.54 lx	742 lx	0.008	0.001	S2
Plano útil (Gradas-Hall 1) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	163 lx (≥ 150 lx) ✓	107 lx	269 lx	0.66	0.40	S4
Plano útil (GRADA -HALL 2) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	177 lx (≥ 150 lx) ✓	111 lx	295 lx	0.63	0.38	S6
Plano útil (GRADA - HALL 3) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	166 lx (≥ 150 lx) ✓	103 lx	272 lx	0.62	0.38	S8
Plano útil (Gradas-Hall 4) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	164 lx (≥ 150 lx) ✓	102 lx	282 lx	0.62	0.36	S10
Plano útil (Grada-Hall azotea) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	165 lx (≥ 150 lx) ✓	107 lx	271 lx	0.65	0.39	S12
Plano útil (GRADAS-HALL SEMIS) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	216 lx (≥ 150 lx) ✓	148 lx	280 lx	0.69	0.53	S14

Tabla 18 Resultados detallados de cada ambiente
Fuente: Elaboración propia

Ahora se presentaran las vistas en planta con las curvas isolux que detallan la distribución luminosa en el plano de trabajo, así como la ubicación de los ductos solares:

Edificación 1 · SEMISOTANO · ESTACIONAMIENTO

Resumen



Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Plano útil	E	68.5 lx	≥ 50.0 lx	✓
	g ₁	0.008	-	-
Valores de consumo	Consumo	[210 - 270] kWh/a	máx. 5250 kWh/a	✓
Potencia específica de conexión	Local	0.83 W/m ²	-	-
		1.22 W/m ² /100 lx	-	-

Perfil de uso: Áreas públicas - Aparcamientos públicos, Plazas de aparcamiento y estacionamiento

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	PHILIPS	DN135C D215	1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm	71.4 lm/W
2	PHILIPS	DN571B 1	xLED60S/830 C PG	48.0 W	6000 lm	125.0 lm/W

Fuente: Elaboración propia

Continuamos con los niveles de hall y gradas:

Edificación 1 · SEMISOTANO · Gradas-Hall 1

Resumen



Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Plano útil	E	163 lx	≥ 150 lx	✓
	g ₁	0.66	-	-
Valores de consumo	Consumo	31 kWh/a	máx. 400 kWh/a	✓
Potencia específica de conexión	Local	2.60 W/m ²	-	-
		1.60 W/m ² /100 lx	-	-

Perfil de uso: Zonas de tránsito dentro de edificios, Escaleras, escaleras mecánicas, cintas transportadoras

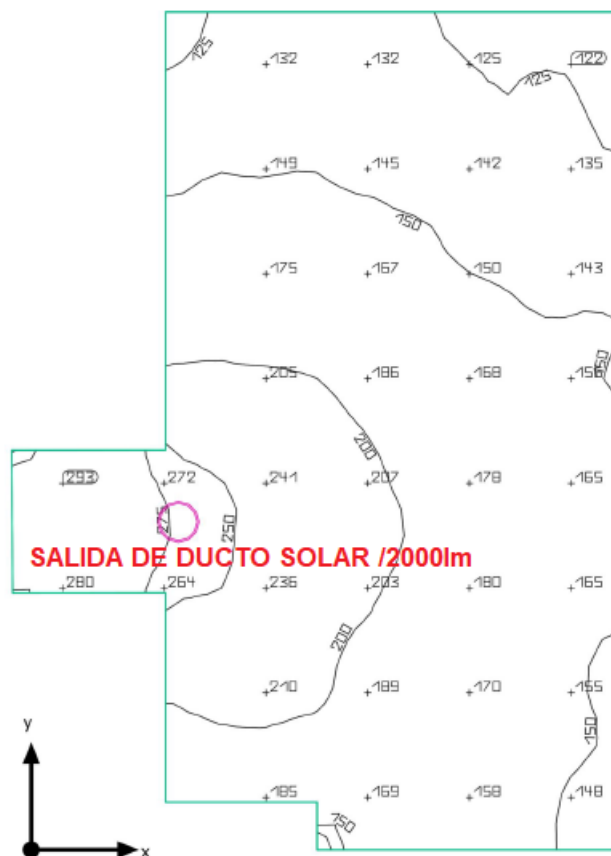
Lista de luminarias

Unl.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED205/830	28.0 W	2000 lm	71.4 lm/W

Fuente: Elaboración propia

Edificación 1 · SEMISOTANO · GRADA -HALL 2

Resumen



Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Plano útil	É	177 lx	≥ 150 lx	✓
	g ₁	0.63	-	-
Valores de consumo	Consumo	31 kWh/a	máx. 400 kWh/a	✓
Potencia específica de conexión	Local	2.56 W/m ²	-	-
		1.45 W/m ² /100 lx	-	-

Perfil de uso: Zonas de tránsito dentro de edificios, Escaleras, escaleras mecánicas, cintas transportadoras

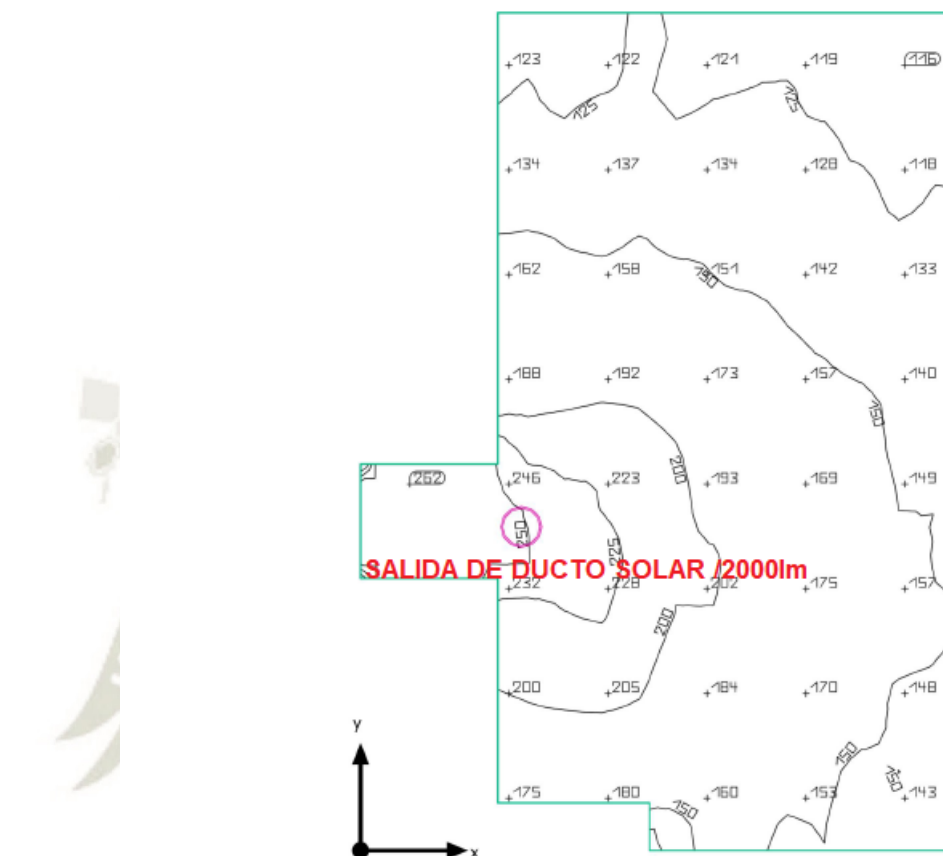
Lista de luminarias

Uní.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm	71.4 lm/W

Fuente: Elaboración propia

Edificación 1 · SEMISOTANO · GRADA · HALL 3

Resumen



Resultados

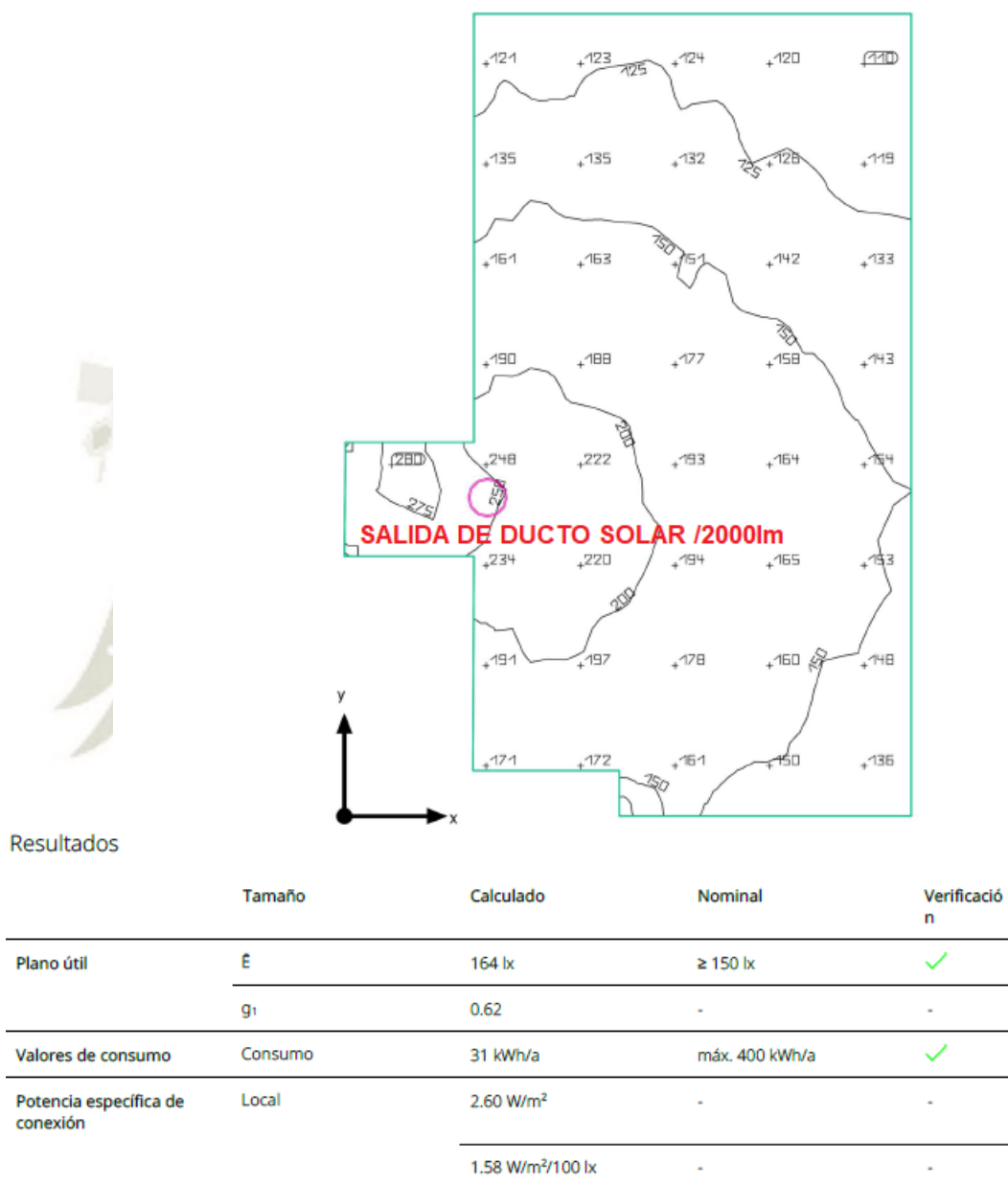
	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Plano útil	E	166 lx	≥ 150 lx	✓
	g _i	0.62	-	-
Valores de consumo	Consumo	31 kWh/a	máx. 400 kWh/a	✓
Potencia específica de conexión	Local	2.60 W/m ²	-	-
		1.57 W/m ² /100 lx	-	-

Perfil de uso: Zonas de tránsito dentro de edificios, Escaleras, escaleras mecánicas, cintas transportadoras

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	PHILIPS	DN135C D215	1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm	71.4 lm/W

Fuente: Elaboración propia

Edificación 1 · SEMISOTANO · Gradas-Hall 4
Resumen


Perfil de uso: Zonas de tránsito dentro de edificios, Escaleras, escaleras mecánicas, cintas transportadoras

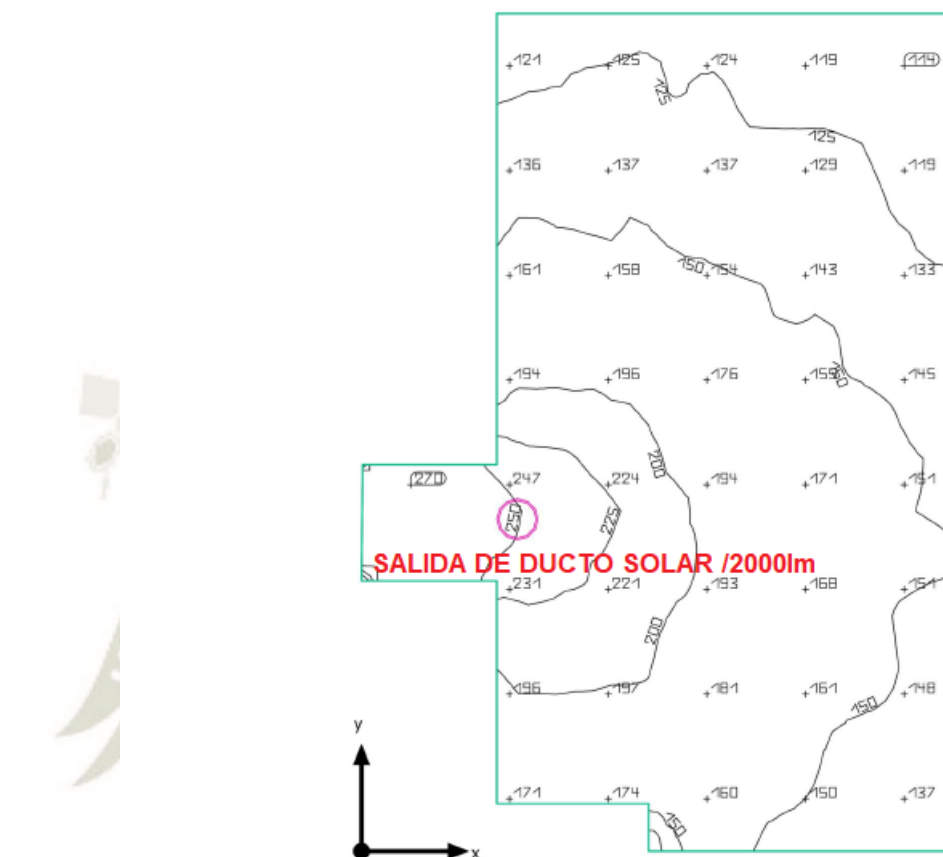
Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm	71.4 lm/W

Fuente: Elaboración propia

Edificación 1 · SEMISOTANO · Grada-Hall azotea

Resumen



Resultados

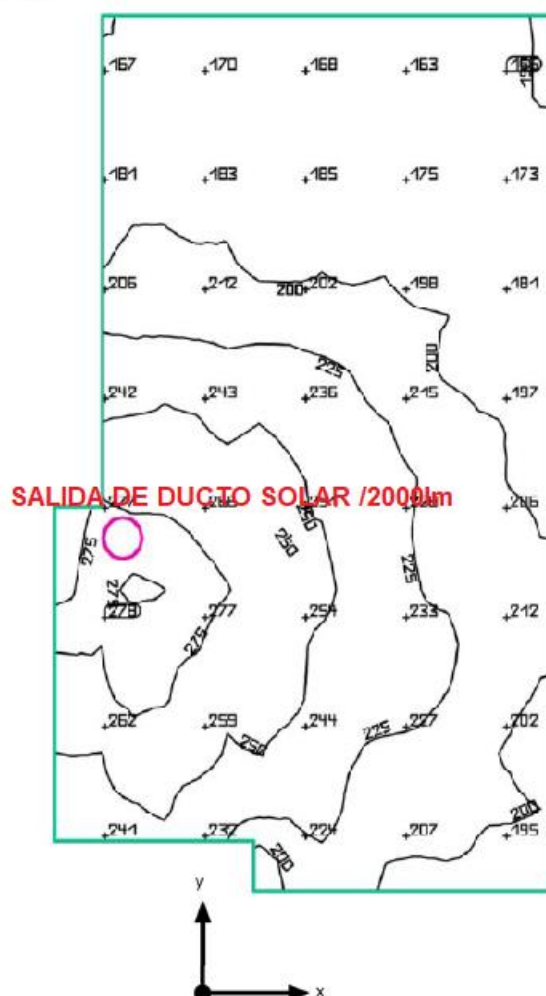
	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Plano útil	É	165 lx	≥ 150 lx	✓
	g _i	0.65	-	-
Valores de consumo	Consumo	31 kWh/a	máx. 400 kWh/a	✓
Potencia específica de conexión	Local	2.60 W/m ²	-	-
		1.58 W/m ² /100 lx	-	-

Perfil de uso: Zonas de tránsito dentro de edificios, Escaleras, escaleras mecánicas, cintas transportadoras

Lista de luminarias

Uní.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	PHILIPS	DN135C D215 1xLED20S/830		28.0 W	2000 lm	71.4 lm/W

Fuente: Elaboración propia



	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Plano útil	E	216 lx	≥ 150 lx	✓
	g _i	0.69	-	-
Valores de consumo	Consumo	31 kWh/a	máx. 400 kWh/a	✓
Potencia específica de conexión	Local	2.60 W/m ²	-	-
		1.20 W/m ² /100 lx	-	-

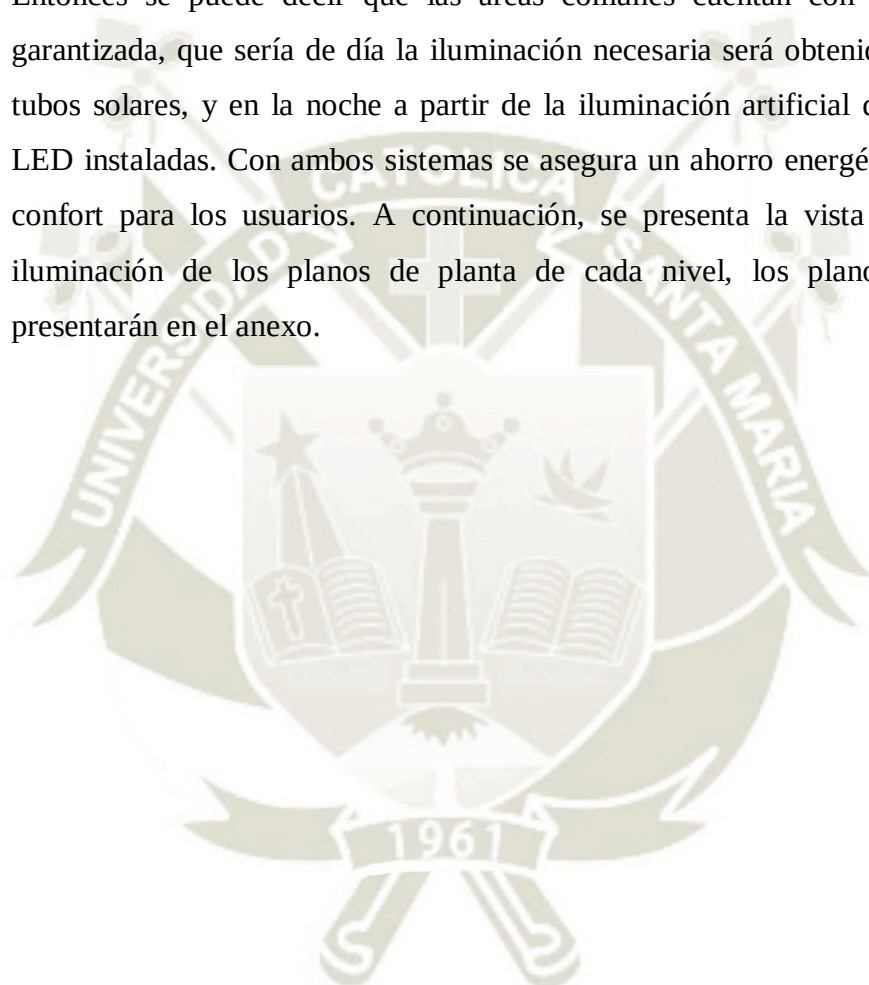
Lista de luminarias

Unid.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm	71.4 lm/W

104

4.5. Planos de iluminación finales

En los ítems anteriores se han presentado los resultados de la iluminación artificial de las luminarias con lámparas LED que incluyen sensores de movimiento (Cada sensor incluye célula de medición de la luminosidad y Lente de detección reforzada), y también se han presentado los resultados de iluminación natural con los tubos solares, para los cuales se han presentado la ubicación de dichos ductos. Entonces se puede decir que las áreas comunes cuentan con una iluminación garantizada, que sería de día la iluminación necesaria será obtenida a partir de los tubos solares, y en la noche a partir de la iluminación artificial de las luminarias LED instaladas. Con ambos sistemas se asegura un ahorro energético con un buen confort para los usuarios. A continuación, se presenta la vista en planta de la iluminación de los planos de planta de cada nivel, los planos completos se presentarán en el anexo.



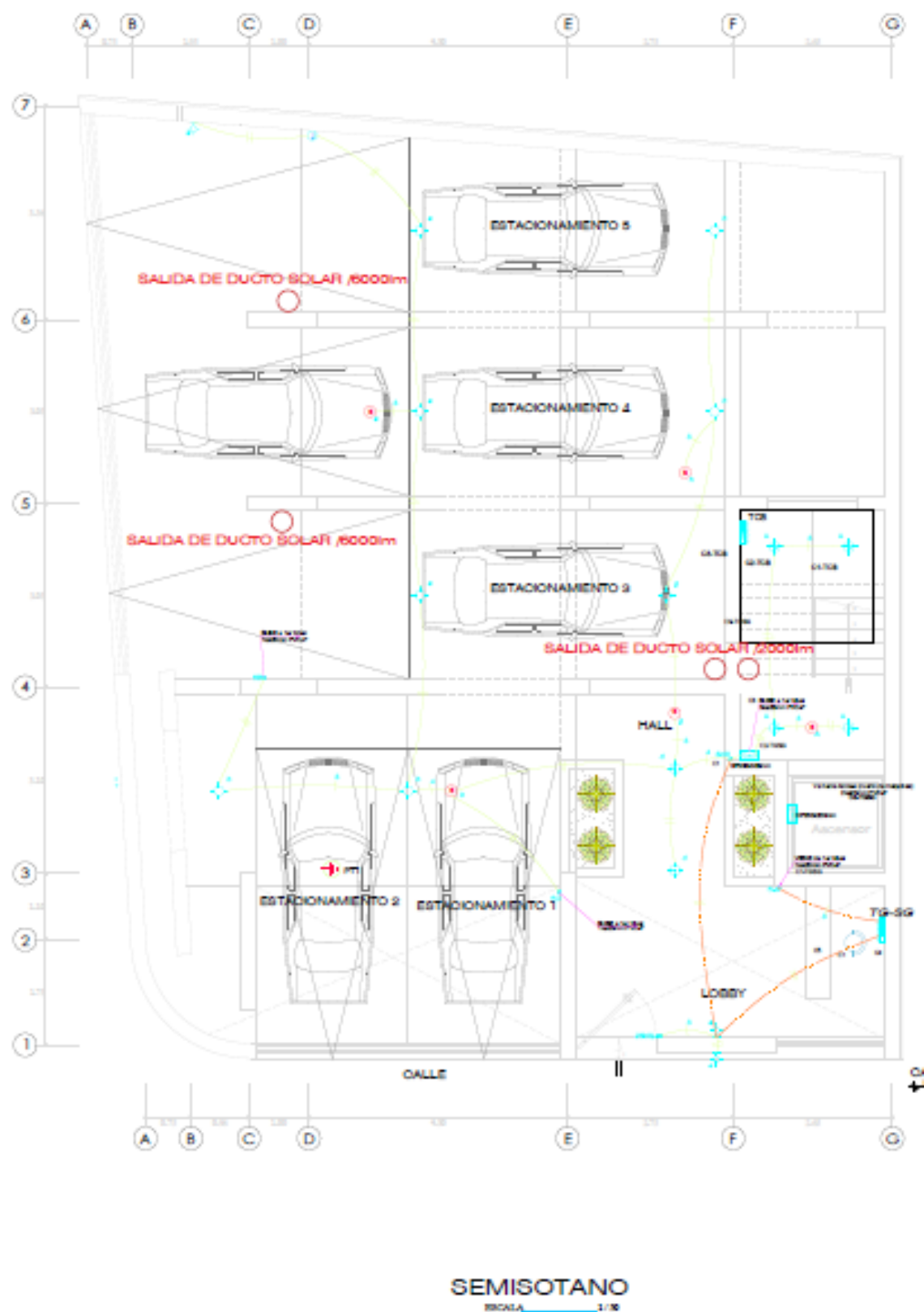
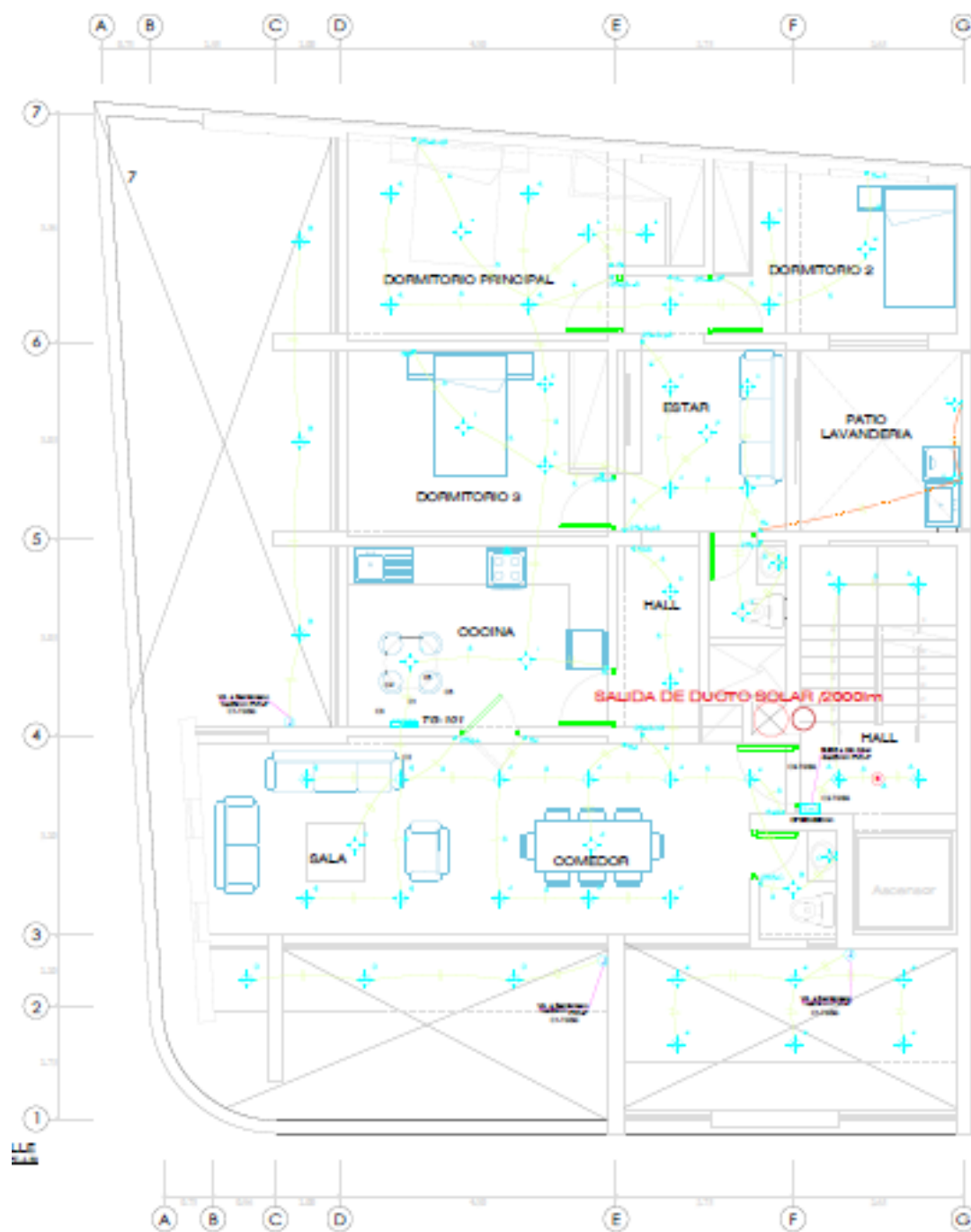


Figura 89 Vista en planta de iluminación final
Fuente: Elaboración propia



PRIMER NIVEL

Figura 90 Vista en planta de iluminación finales

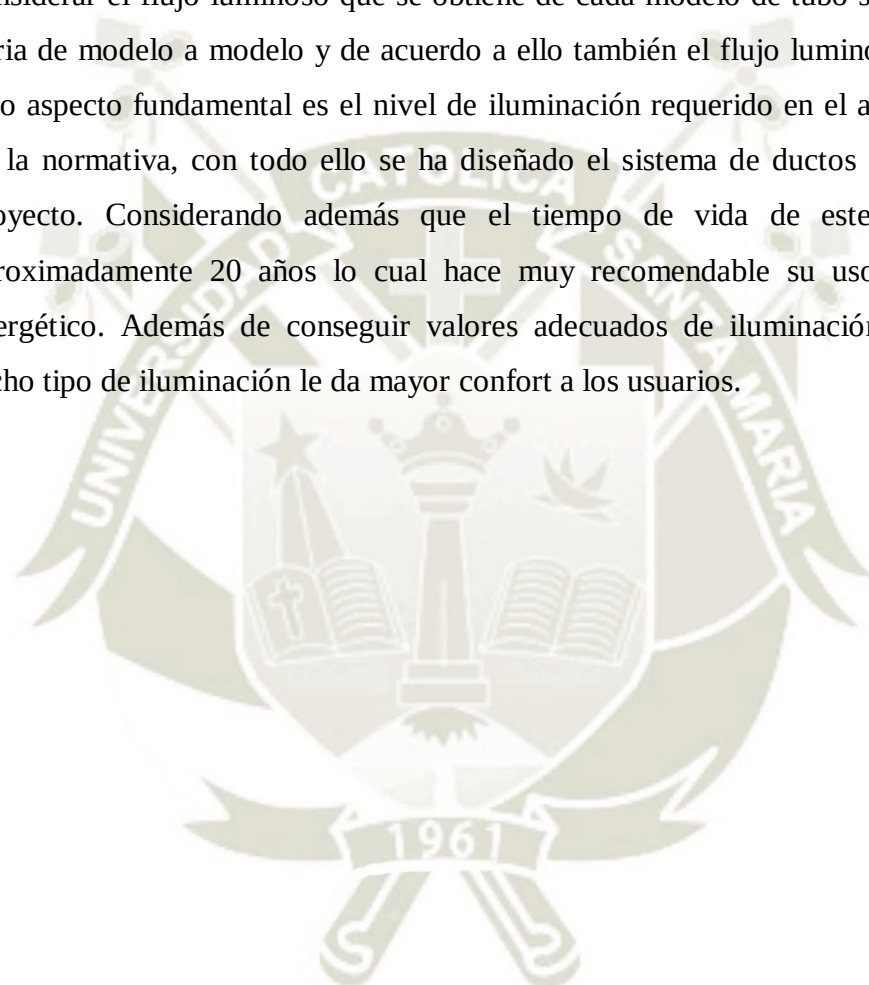
Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

1. Se ha realizado un análisis los sistemas de iluminación no convencionales existentes. Con lo cual se incluye el aporte de luz natural en espacios que no tengas ventanas ni claraboyas, o en aquellos casos que a pesar de tenerlos quedan cubiertos por las construcciones aledañas. Lo cual mejorara el comportamiento de la edificación en cuanto a eficiencia energética y menor consumo.
2. Se ha realizado el diseño de iluminación artificial del estacionamiento en sótano y áreas comunes hall-gradas de una vivienda multifamiliar, utilizando luminarias con lámparas LED, y realizando el control de estas con sensores de movimiento y Célula de medición de la luminosidad, lo cual nos garantiza que sin importar las condiciones climatológicas siempre se contara con la iluminación correcta en las áreas comunes, ya que si con la iluminación natural no se llega a valor deseado automáticamente encenderían las luminarias de la iluminación artificial.
3. En el marco teórico se estudió los conceptos de iluminación aplicados a edificaciones teniendo en cuenta la normatividad nacional existente.
4. Se seleccionó y propuso un dispositivo para captar y distribuir la luz natural teniendo en cuenta los costos y las opciones de mercado. Además es importante mencionar que el fabricante nos da los valores de lúmenes, de las pruebas que realizaron en San Diego California que tiene 2400 Horas de Sol al año, y para la ciudad de Arequipa, contamos con un promedio anual de 3315.3 de horas sol al año, lo que supera las horas del sol al año, es decir que tenemos garantizados la cantidad de lúmenes de dicha tabla, en nuestro caso hemos seleccionado el SOLATUBE de 290DS 350mm para el estacionamiento (02 unidades) que tiene una emisión relativa de luz de 6,000 lúmenes en promedio (hasta 9,100).y 330DS (01 unidad) para la iluminación de los cinco niveles de hall-gradas que tiene una emisión relativa de luz de 14,000 lúmenes en promedio (hasta 20,800).,
5. Se seleccionó y propuso los ductos solares del tipo de material apropiado, considerando las propiedades de reflexión de ondas propagadas como la luz solar dentro del tubo. Llevan un acabado superficial de plata con un factor súper- reflectante del 98%, para el estacionamiento se tiene directamente un tubo que va desde la cúpula hasta el difusor, mientras que el ducto de la caja de escaleras se optó por un tubo solar con multisalidas,

empleando salidas laterales, teniendo así una salida en cada nivel y en el sótano dos salidas, una hacia el estacionamiento y otra hacia las gradas.

6. Se diseñó y calculo un sistema de iluminación no convencional por medio de tubos solares y cúpula de luz para la iluminación de un estacionamiento en sótano y áreas comunes de una vivienda multifamiliar. Es importante mencionar que lo importante en la aplicación de los ductos solares para la iluminación natural de ambientes es considerar el flujo luminoso que se obtiene de cada modelo de tubo solar (el diámetro varia de modelo a modelo y de acuerdo a ello también el flujo luminoso emitido) y el otro aspecto fundamental es el nivel de iluminación requerido en el ambiente que nos da la normativa, con todo ello se ha diseñado el sistema de ductos solares para este proyecto. Considerando además que el tiempo de vida de este sistema es de aproximadamente 20 años lo cual hace muy recomendable su uso para el ahorro energético. Además de conseguir valores adecuados de iluminación la luz natural, dicho tipo de iluminación le da mayor confort a los usuarios.



RECOMENDACIONES

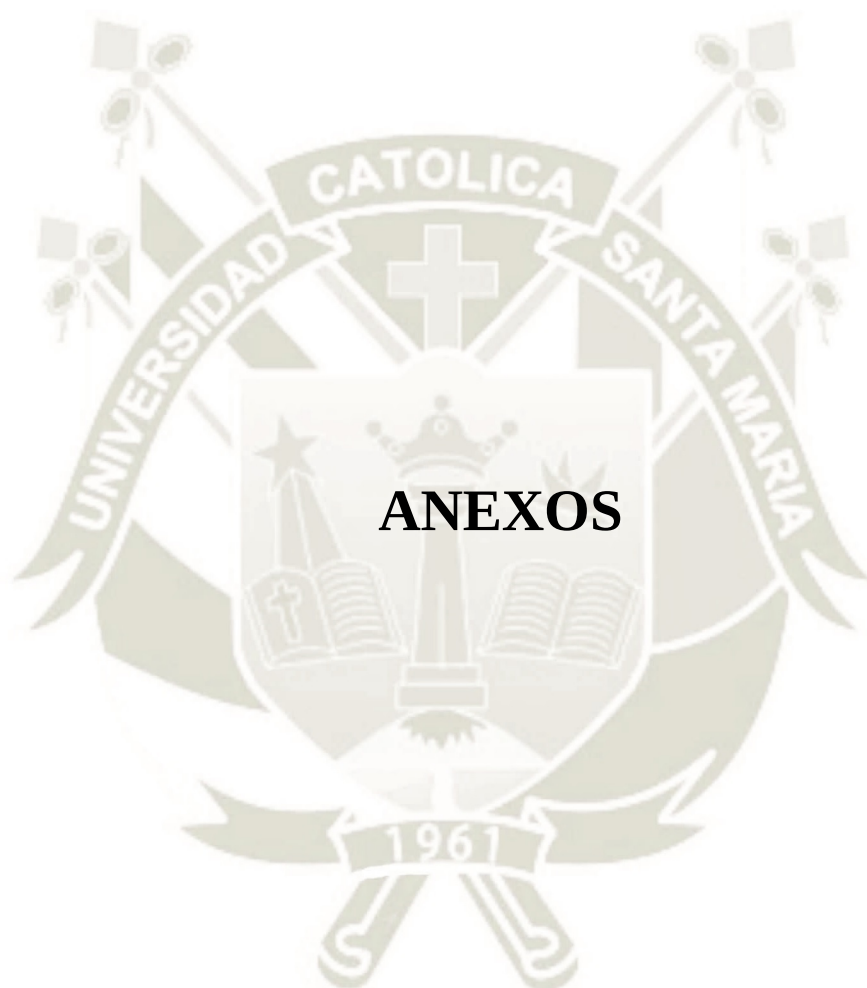
1. El sistema de ductos solares propuestos es de la empresa SOLATUBE, y se recomienda el uso de este tipo de sistemas para el ahorro energético de las edificaciones y además realizar líneas de investigación en nuestra Escuela y nuestra Universidad para fomentar en nuestro país empresas que puedan producir dichos sistemas y sea más económico la aplicación de estos sistemas a nuestra sociedad.
2. Se recomienda el uso de heliostatos para mejorar la captura de luz de la cúpula, en el caso que dicha cúpula quede en un nivel inferior al plano donde exista mayor incidencia de luz natural.
3. Se recomienda el uso de los ductos solares en la mayoría de proyectos, pero sobre todo en las actividades en las cuales se requiera una cantidad de luz durante las horas del día y no cuente con un acceso directo al sol, ya que este sistema no consume potencia eléctrica, filtra los rayos UV, y distribuye un flujo luminoso simétrico en el área a iluminar.
4. Se recomienda utilizar en forma combinada con este sistema iluminación artificial tipo LED, con sensores de movimiento, además se puede implementar dichas lámparas led en los mismos difusores del sistema de ductos solares. Así como la implementación de ventilación aprovechando los mismos ductos solares, solo que con una salida diferente. Y ya que en la mayoría de proyectos se considera ductos de ventilación, estos mismos se podrían aprovechar para la implementación del sistema de ductos solares inclusive en los proyectos ya existentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación española de normalización y certificación. (2003). *Iluminación en los lugares de trabajo*. madrid.
- Benquin. (2020). *JJO Beijing'08, Componentes*. Obtenido de <http://www.benquin.net/1instal.htm>
- Castillero. (2011). *Sistema de transporte vertical de luz natural: lumiductos: Solución pasiva para el aprovechamiento de luz natural en espacios profundos o con obstrucciones*. México: [Tesis para optar por el grado de Maestría en Diseño Línea de Investigación: Arquitectura Bioclimática].
- Coloma. (1999). *El ahorro de la energía en el campo de la iluminación*. Quito: [Tesis para optar el título profesional de electronica y control].
- Darula, S.; Kittler, R; Malikova, M. (2014). Criteria for evaluation of daylight interiors. *Energy & Fuels; Construction & Building Technology; Instruments & Instrumentation. Engineering*, 899, 307-14.
- De la Cruz Romero. (2019). *Radiación solar*. Obtenido de <http://docplayer.es/112838697-De.html>
- De las Casas Ayala, Gonzáles Gonzáles, Puente García. (1991). *Curso de Iluminación integrada en la Arquitectura*. Madrid: Servicio de Publicaciones del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.
- Dirección general de industria, energía y minas. (2015). *Guia sobre tecnologia led en el alumbrado*. Madrid.
- Donell, Sandoval. (2002). *Iluminación Eficiente*. Madrid, España: Udelar.
- Especificar. (2020). *Tragaluz Tubular*. Obtenido de http://www.especificar.cl/fichas/tragaluz-tubular-solatube-#informacion_tecnica
- Espinoza Montes, C. A. (2010). *Metodología de investigación tecnológica. Pensando en sistemas*. Huancayo, Perú: Imagen Gráfica SAC.
- Figuroa. (1989). *Criterios de Adecuación Bioclimática en la Arquitectura*. Mexico: Instituto Mexicano del Seguro Social.

- Florez, D. A. (2012). *Diseño del Sistema de Iluminacion basado en Tubos Reflectantes para el último nivel de la Reforma del Edificio de la E3T*. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- Frades. (2011). *Optimización energetica en viviendas unifamiliares mediante sistemas de aporte de luz natural*. [Tesis para optar el título de master].
- Gago, E.J., Muneer, T., Knez, M. and Köster. (2015). Natural Light Controls and Guides in Buildings. Energy Saving for Electrical Lighting, Reduction of Cooling Load. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1(41), 1-13.
- García. (2016). Evaluating Daylight Performance of Light Shelves Combined with External Blinds in South-Facing Classrooms in Athens. Greece. *Energy and Buildings*, 116, 190-205.
- Indalux. (2002). *La energía y el reto de la sostenibilidad*. Bogota : RETILAP.
- Innes, M. (2012). «La luz natural». *Iluminación en interiorismo*. Blume.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energia (IDAE). (2005). *Guía Técnica para el Aprovechamiento de la Luz Natural en la Iluminación de Edificios*. Madrid: Informes IDAE.
- International Energy Agency EIA. (2000). *Daylight in Buildings, A source book on daylighting systems and components*. USA: International Energy Agency.
- Jiménez, Aguilar. (1995). *Iluminación y Color*. Valencia: UPV.
- Kischkoweit. (2002). An Overview of Daylighting Systems. *Energy & Fuels*.
- Laouadi, A. S. (2013). Optical Model for Tubular Hollow Light Guides (1415-RP). *Construction & Building Technology*. Madrid: WEB OF SCIENCE. ISSN 1078-9669.
- Méndez Muñoz, Cuervo García, Veritas. (2009). *Formacion.Energía Solar Térmica*. Mexico DF: Fundación Confemetal.
- Ministerio de fomento. (2014). Estrategia a largo plazo para la Rehabilitación Energética en el sector de la Edificación en España. *Secretaria de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda*, 20-27.
- Mor. (2020). *Estudio de un sistema de iluminación natural para edificios*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero industrial].
- Nair. (2014). Classification of Indoor Daylight Enhancement Systems. *Lighting. Research and Technology*, 46(3), 245 267.

- Philips. (2020). *CoreLineSlimDownlight DN135C D215*. Obtenido de https://www.assets.lighting.philips.com/is/content/PhilipsLighting/fp910503910117-pss-es_es
- Quintero. (2015). *Estudio sobre iluminación natural en lugares con poco acceso de luz*. Pereira: [Tesis para optar por el título de Tecnólogo Mecánico].
- Sánchez Carlessi, H., & Reyes Meza, C. (1996). *Metodología y diseños en la investigación científica* (Segunda ed.). Lima, Perú: Gráfica Los Jazmines.
- Tipler. (2010). *Física para la Ciencia y la Tecnología. Electricidad y Magnetismo / Luz*. España: Editorial Reverté S.A.
- Victoria, M. E. (2004). *Sistemas innovativos para el direccionamiento de luz natural películas holográficas y lumiductos*. Inland: Centro de Investigación Hábitat y Energía CIHE – SICyT.
- Wolf Cecci, C. (2014). *Estrategias, sistemas y tecnologías para el uso de luz natural y su aplicación en la rehabilitación de edificios históricos*. Madrid, España: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
- Yañez. (2008). *Arquitectura solar & Iluminación Natural*. Madrid: Editorial Munilla - Lería (ed. lit.).





ANEXO A
DETALLE DEL CALCULO DE ILUMINACION

Proyecto vivienda multifamiliar

ILUMINACIÓN DE AREAS COMUNES UTILIZANDO TUBOS SOLARES

Observaciones preliminares

Indicaciones para planificación:

Las magnitudes de consumo de energía no tienen en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.



Contenido

Portada	1
Observaciones preliminares	2
Contenido	3
Contactos	6
Descripción	7
Imágenes	8
Lista de luminarias	9

Fichas de producto

Philips - DN135C D215 1xLED20S/830 (1x LED20S/830/-)	10
Philips - DN571B 1 xLED60S/830 C PG (1x LED60S/830/-)	11

VIVIENDA MULTIFAMILIAR

Descripción	12
Imágenes	13

VIVIENDA MULTIFAMILIAR

Edificación 1

Descripción	18
Imágenes	19
Lista de luminarias	20

VIVIENDA MULTIFAMILIAR - Edificación 1

SEMISOTANO

Descripción	21
Imágenes	22
Lista de locales	23
Lista de luminarias	27
Objetos de cálculo	28

VIVIENDA MULTIFAMILIAR - Edificación 1 - SEMISOTANO

ESTACIONAMIENTO

Descripción	30
Imágenes	31
Resumen	32
Plano de situación de luminarias	34
Lista de luminarias	37

Contenido

Objetos de cálculo	38
Plano útil (ESTACIONAMIENTO) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	40

VIVIENDA MULTIFAMILIAR - Edificación 1 - SEMISOTANO

Gradas-Hall 1

Descripción	41
Imágenes	42
Resumen	43
Plano de situación de luminarias	45
Lista de luminarias	47
Objetos de cálculo	48
Plano útil (Gradas-Hall 1) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	50

VIVIENDA MULTIFAMILIAR - Edificación 1 - SEMISOTANO

GRADA -HALL 2

Descripción	51
Imágenes	52
Resumen	53
Plano de situación de luminarias	55
Lista de luminarias	57
Objetos de cálculo	58
Plano útil (GRADA -HALL 2) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	60

VIVIENDA MULTIFAMILIAR - Edificación 1 - SEMISOTANO

GRADA - HALL 3

Descripción	61
Imágenes	62
Resumen	63
Plano de situación de luminarias	65
Lista de luminarias	67
Objetos de cálculo	68
Plano útil (GRADA - HALL 3) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	70

VIVIENDA MULTIFAMILIAR - Edificación 1 - SEMISOTANO

Gradas-Hall 4

Descripción	71
Imágenes	72
Resumen	73
Plano de situación de luminarias	75

Contenido

Lista de luminarias	77
Objetos de cálculo	78
Plano útil (Gradas-Hall 4) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	80

VIVIENDA MULTIFAMILIAR - Edificación 1 - SEMISOTANO

Grada-Hall azotea

Descripción	81
Imágenes	82
Resumen	83
Plano de situación de luminarias	85
Lista de luminarias	87
Objetos de cálculo	88
Plano útil (Grada-Hall azotea) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	90

VIVIENDA MULTIFAMILIAR - Edificación 1 - SEMISOTANO

GRADAS-HALL SEMIS

Descripción	91
Imágenes	92
Resumen	93
Plano de situación de luminarias	95
Lista de luminarias	97
Objetos de cálculo	98
Plano útil (GRADAS-HALL SEMIS) / Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	100

Glosario	101
----------------	-----

Contactos



Descripción

DISEÑO DE ILUMINACIÓN INTERIOR UTILIZANDO LA LUZ SOLAR
POR MEDIO DE TUBOS SOLARES

Imágenes



Lista de luminarias

Φ_{total} 26000 lm	P_{total} 292.0 W	Rendimiento lumínico 89.0 lm/W
----------------------------	------------------------	-----------------------------------

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
7	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm	71.4 lm/W
2	PHILIPS		DN571B 1 xLED60S/830 C PG	48.0 W	6000 lm	125.0 lm/W

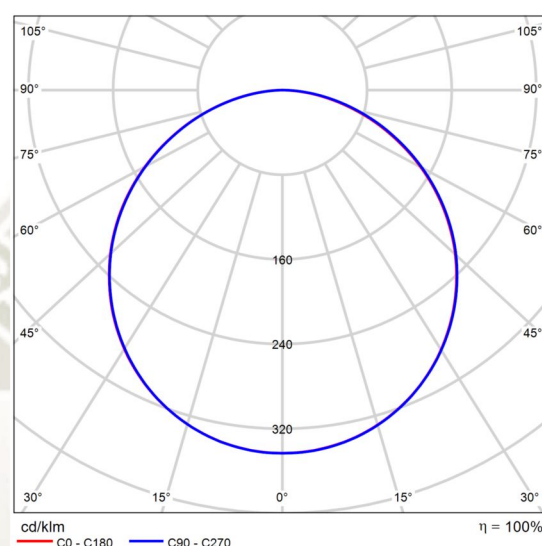


Ficha de producto

PHILIPS DN135C D215 1xLED20S/830



N° de artículo	
P	28.0 W
Φ Lámpara	2000 lm
Φ Luminaria	2000 lm
η	100.00 %
Rendimiento lumínico	71.4 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100



CDL polar

CoreLine SlimDownlight - la opción clara de LED CoreLine SlimDownlight es una gama de luminarias empotradas extremadamente delgadas, diseñadas para reemplazar las luminarias downlight basadas en la tecnología de lámparas CFL-ni/CFL-I. El atractivo coste total de la propiedad facilita a los clientes el cambio a LED. CoreLine SlimDownlight proporciona un efecto de "superficie de luz" natural para utilizarlo en aplicaciones de iluminación general. También ofrece ahorros de energía al instante y una vida útil mucho más prolongada, lo que las hace una solución respetuosa con el medio ambiente y de una excelente relación calidad precio. La instalación es fácil, puesto que la luminaria tiene el mismo diámetro de corte y su profundidad es extremadamente pequeña.

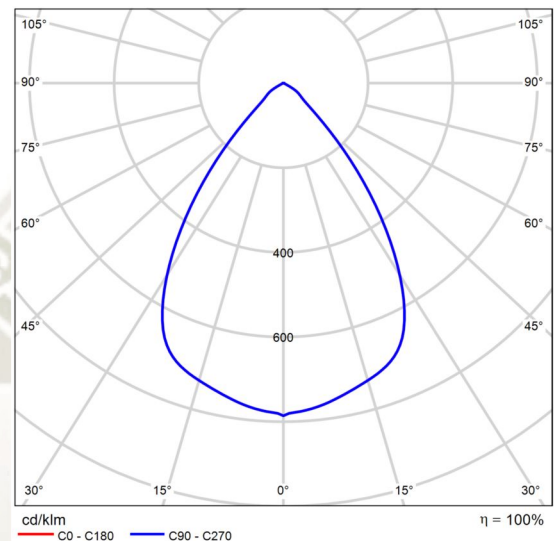
Ficha de producto

PHILIPS DN571B 1 xLED60S/830 C PG



N° de artículo	
P	48.0 W
Φ Lámpara	6000 lm
Φ Luminaria	6000 lm
η	100.00 %
Rendimiento lumínico	125.0 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100

LuxSpace, versión empotrada: alta eficiencia, comodidad visual y elegante diseño. Para los clientes los ahorros energéticos son una prioridad. LuxSpace proporciona la combinación perfecta de eficiencia, comodidad y diseño sin renunciar al rendimiento lumínico (uniformidad y buen índice de reproducción cromática). Ofrece una amplia gama de opciones para crear el ambiente deseado, sea cual sea la aplicación.



CDL polar

Valoración de deslumbramiento según UGR												
p Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
p Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
p Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	22.2	23.1	22.5	23.3	23.5	22.2	23.1	22.5	23.3	23.5	
	3H	22.1	22.9	22.4	23.1	23.4	22.1	22.9	22.4	23.1	23.4	
	4H	22.0	22.8	22.3	23.0	23.3	22.0	22.8	22.3	23.0	23.3	
	6H	22.0	22.7	22.3	22.9	23.2	22.0	22.7	22.3	22.9	23.2	
	8H	21.9	22.6	22.3	22.9	23.2	21.9	22.6	22.3	22.9	23.2	
4H	12H	21.9	22.5	22.2	22.8	23.1	21.9	22.5	22.2	22.8	23.1	
	2H	22.1	22.8	22.4	23.1	23.4	22.1	22.8	22.4	23.1	23.4	
	3H	22.0	22.6	22.3	22.9	23.2	22.0	22.6	22.3	22.9	23.2	
	4H	21.9	22.4	22.3	22.8	23.1	21.9	22.4	22.3	22.8	23.1	
	6H	21.8	22.3	22.2	22.7	23.0	21.8	22.3	22.2	22.7	23.0	
8H	12H	21.8	22.2	22.2	22.6	23.0	21.8	22.2	22.2	22.6	23.0	
	2H	21.7	22.1	22.1	22.5	23.0	21.7	22.1	22.1	22.5	23.0	
	3H	21.7	22.0	22.1	22.5	22.9	21.7	22.0	22.1	22.5	22.9	
	4H	21.6	21.9	22.1	22.4	22.9	21.6	21.9	22.1	22.4	22.9	
	6H	21.6	21.9	22.1	22.4	22.9	21.6	21.9	22.1	22.4	22.9	
12H	12H	21.6	21.9	22.1	22.3	22.8	21.6	21.9	22.1	22.3	22.8	
	2H	21.7	22.1	22.1	22.5	23.0	21.7	22.1	22.1	22.5	23.0	
	3H	21.6	21.9	22.1	22.4	22.9	21.6	21.9	22.1	22.4	22.9	
	4H	21.6	21.9	22.1	22.4	22.9	21.6	21.9	22.1	22.4	22.9	
	6H	21.6	21.9	22.1	22.4	22.9	21.6	21.9	22.1	22.4	22.9	
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias												
S = 1.0H		+3.0 / -4.9					+3.0 / -4.9					
S = 1.5H		+5.6 / -12.3					+5.6 / -12.3					
S = 2.0H		+7.5 / -19.5					+7.5 / -19.5					
Tabla estándar		BK00					BK00					
Sumando de corrección		3.6					3.6					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 6000lm Flujo luminoso total												

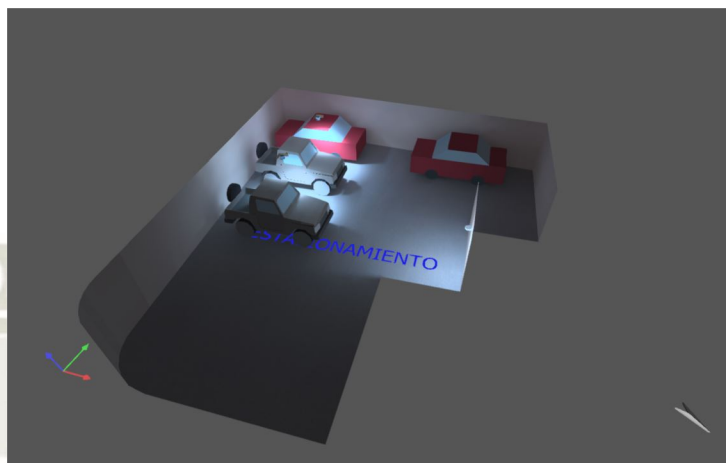
Diagrama UGR (SHR: 0.25)

VIVIENDA MULTIFAMILIAR

Descripción

Imágenes

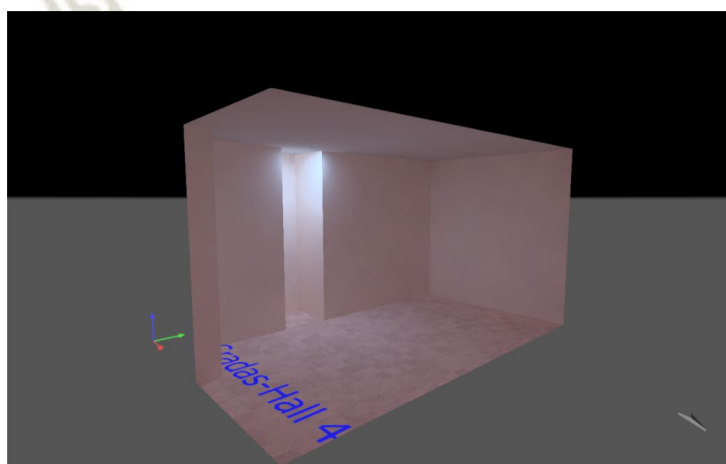
ESTACIONAMIENTO (55)



Gradas-Hall 4 (56)

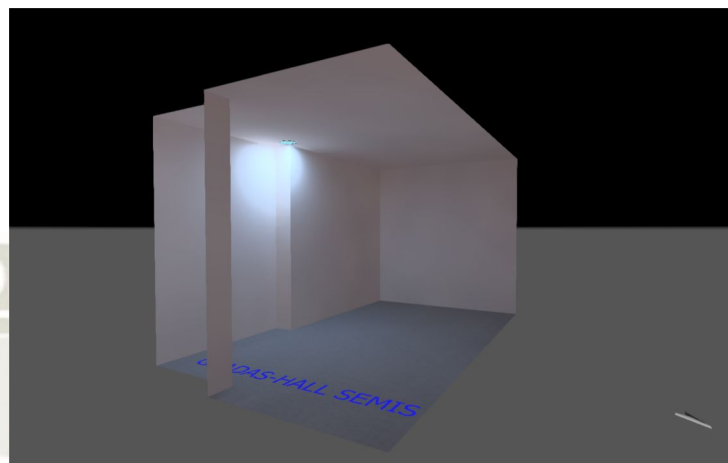


Gradas-Hall 4 (57)

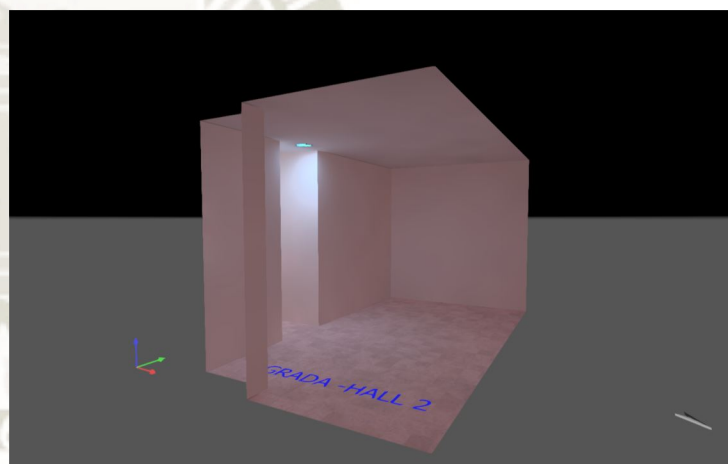


Imágenes

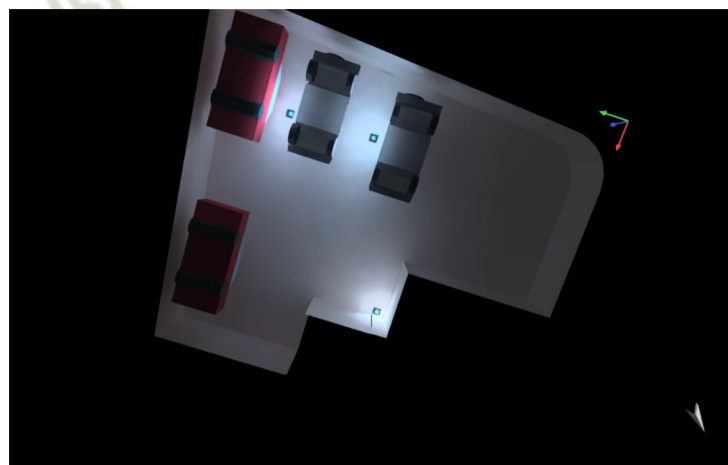
GRADAS-HALL SEMIS (58)



GRADA -HALL 2 (59)

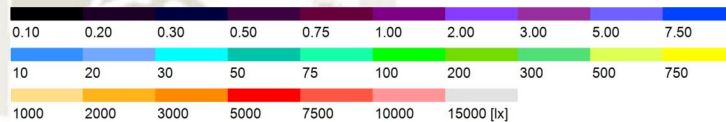
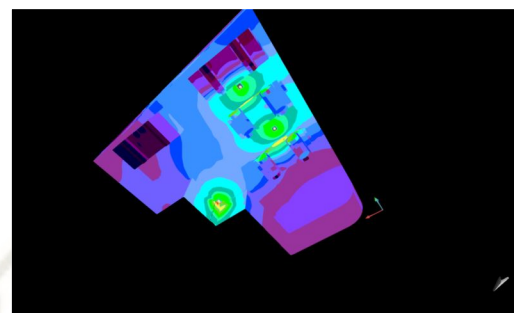


ESTACIONAMIENTO (60)

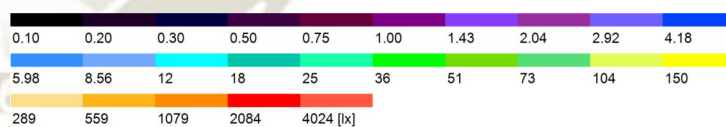
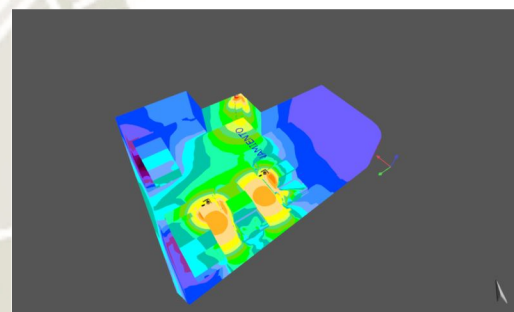


Imágenes

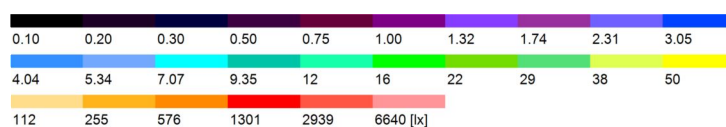
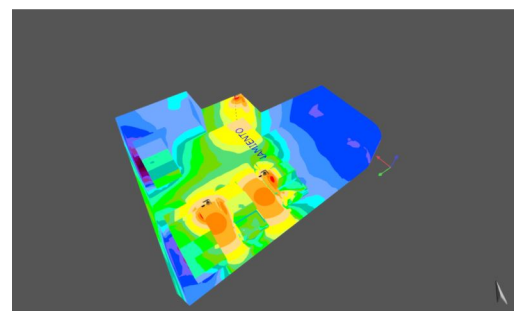
ESTACIONAMIENTO (61)



ESTACIONAMIENTO (62)

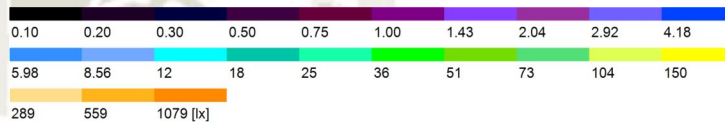


ESTACIONAMIENTO (63)



Imágenes

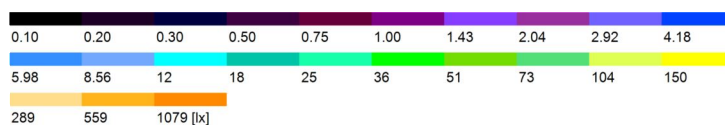
GRADA - HALL 2 (64)



Grada-Hall azotea (65)

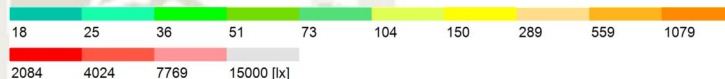
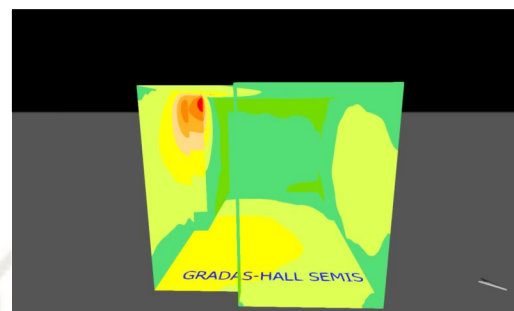


GRADA - HALL 3 (66)

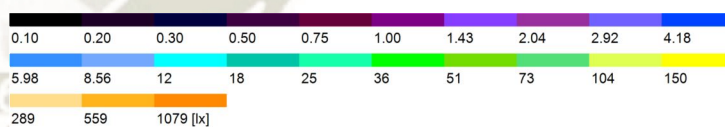
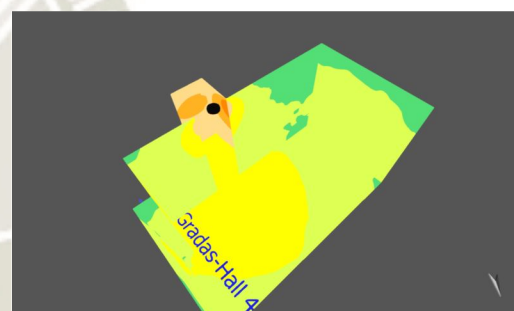


Imágenes

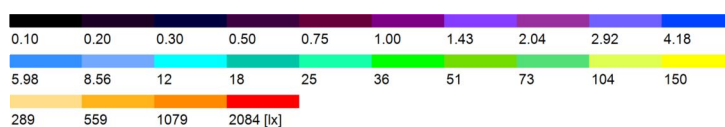
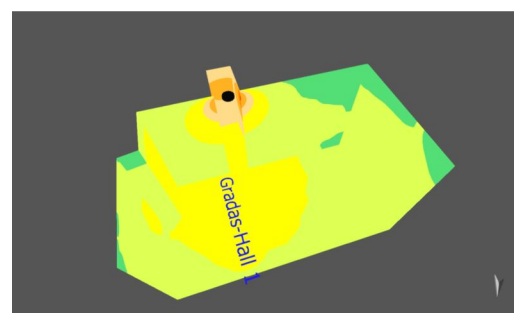
GRADAS-HALL SEMIS (67)



Gradas-Hall 4 (68)



Gradas-Hall 1 (69)



Edificación 1

Descripción

Imágenes



Edificación 1

Lista de luminarias

Φ_{total} 26000 lm	P_{total} 292.0 W	Rendimiento lumínico 89.0 lm/W
----------------------------	------------------------	-----------------------------------

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
7	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm	71.4 lm/W
2	PHILIPS		DN571B 1 xLED60S/830 C PG	48.0 W	6000 lm	125.0 lm/W



Edificación 1 · SEMISOTANO

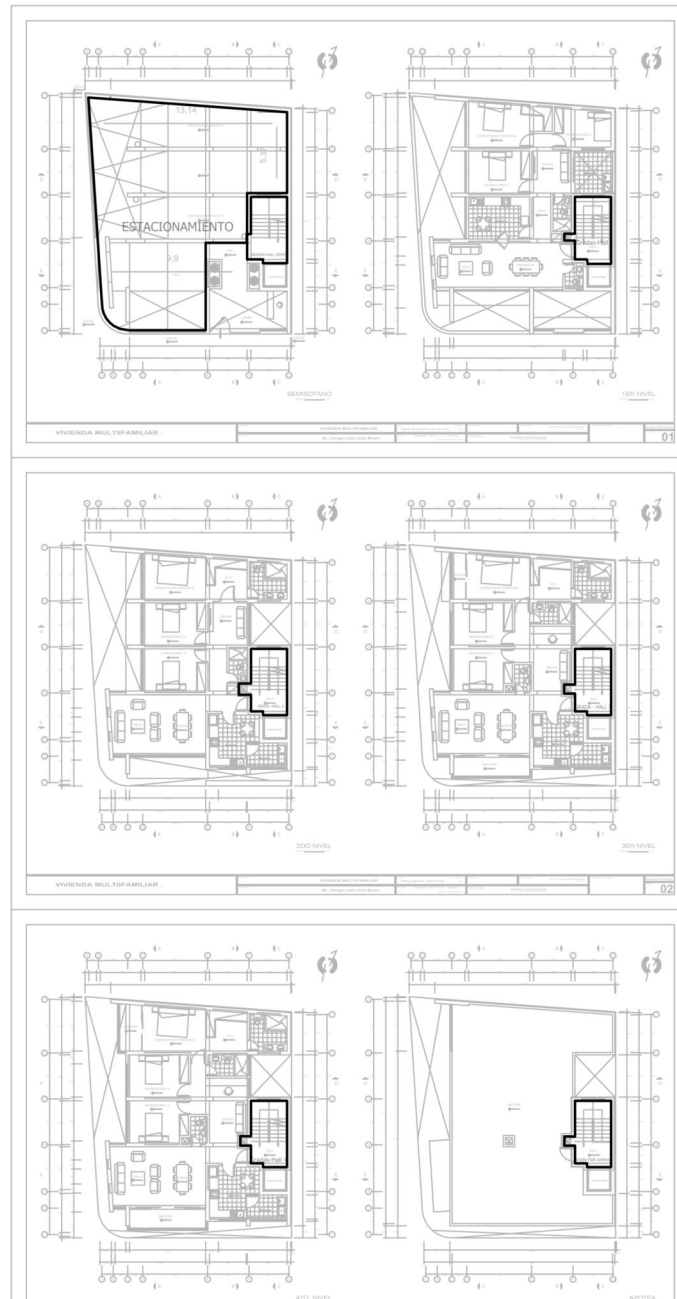
Descripción

Imágenes



Edificación 1 · SEMISOTANO

Lista de locales



Edificación 1 · SEMISOTANO

Lista de locales

ESTACIONAMIENTO

P_{total} 124.0 W	A_{Local} 148.71 m ²	Potencia específica de conexión 0.83 W/m ² = 1.22 W/m ² /100 lx (Local)	$\bar{E}_{horizontal}$ (Plano útil) 68.5 lx
------------------------	--------------------------------------	--	--

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm
2	PHILIPS		DN571B 1 xLED60S/830 C PG	48.0 W	6000 lm

GRADA -HALL 2

P_{total} 28.0 W	A_{Local} 10.94 m ²	Potencia específica de conexión 2.56 W/m ² = 1.45 W/m ² /100 lx (Local)	$\bar{E}_{horizontal}$ (Plano útil) 177 lx
-----------------------	-------------------------------------	--	---

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm

GRADA - HALL 3

P_{total} 28.0 W	A_{Local} 10.77 m ²	Potencia específica de conexión 2.60 W/m ² = 1.57 W/m ² /100 lx (Local)	$\bar{E}_{horizontal}$ (Plano útil) 166 lx
-----------------------	-------------------------------------	--	---

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm

Edificación 1 · SEMISOTANO

Lista de locales

Grada-Hall azotea

P_{total} 28.0 W	A_{Local} 10.77 m²	Potencia específica de conexión 2.60 W/m² = 1.58 W/m²/100 lx (Local)		$\bar{E}_{horizontal}$ (Plano útil) 165 lx	
Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm

Gradas-Hall 1

P_{total} 28.0 W		A_{Local} 10.75 m ²	Potencia específica de conexión 2.60 W/m ² = 1.60 W/m ² /100 lx (Local)	$\bar{E}_{horizontal}$ (Plano útil) 163 lx	
Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm

Gradas-Hall 4

P_{total} 28.0 W		A_{Local} 10.78 m²		Potencia específica de conexión 2.60 W/m² = 1.58 W/m²/100 lx (Local)		Ē_{horizontal} (Plano útil) 164 lx	
Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo			P	Φ _{Luminaria}
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830			28.0 W	2000 lm

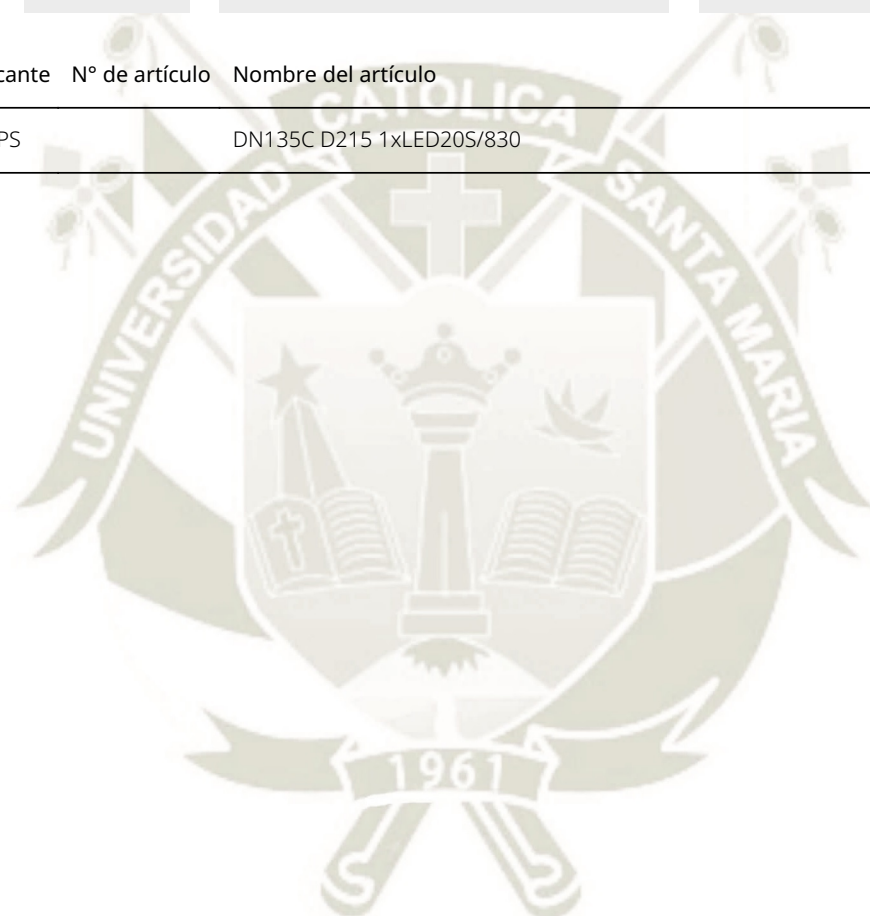
Edificación 1 · SEMISOTANO

Lista de locales

GRADAS-HALL SEMIS

P_{total} 28.0 W	A_{Local} 10.78 m ²	Potencia específica de conexión $2.60 \text{ W/m}^2 = 1.20 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx (Local)}$	$\bar{E}_{horizontal}$ (Plano útil) 216 lx
-----------------------	-------------------------------------	---	---

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi_{Luminaria}$
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm



Edificación 1 · SEMISOTANO

Lista de luminarias

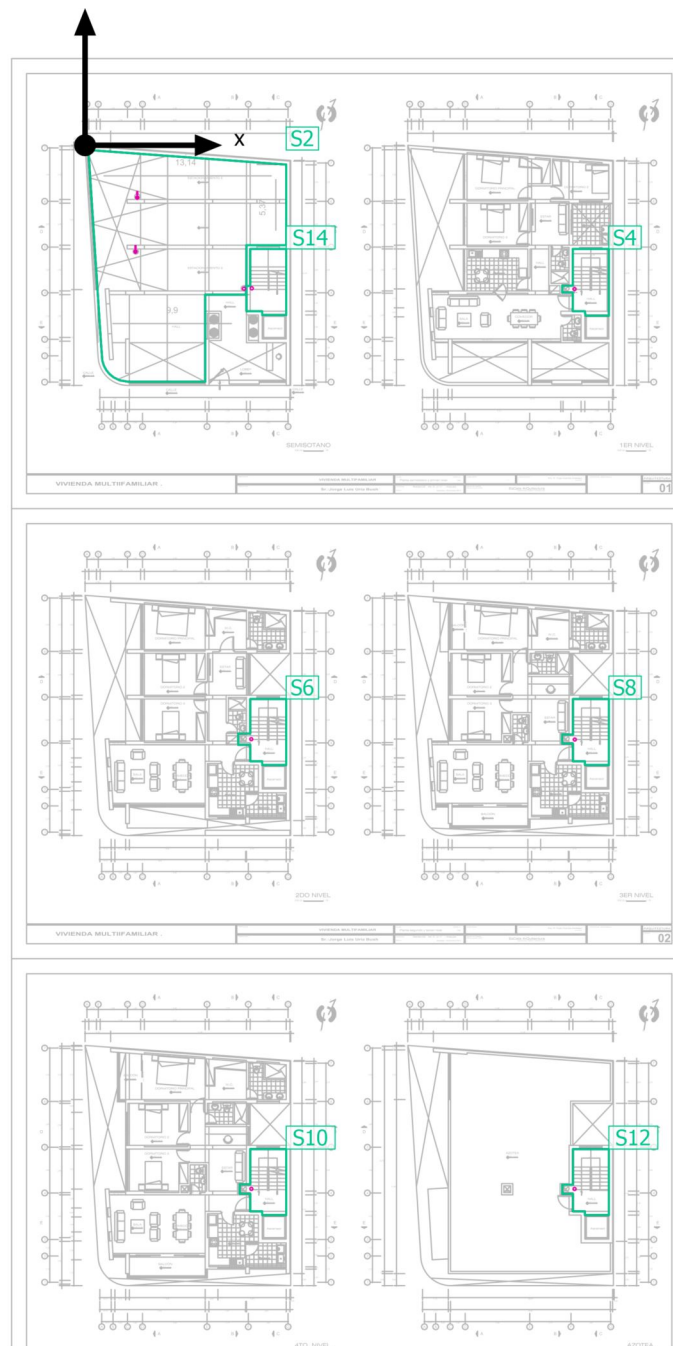
Φ_{total} 26000 lm	P_{total} 292.0 W	Rendimiento lumínico 89.0 lm/W
----------------------------	------------------------	-----------------------------------

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
7	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm	71.4 lm/W
2	PHILIPS		DN571B 1 xLED60S/830 C PG	48.0 W	6000 lm	125.0 lm/W



Edificación 1 · SEMISOTANO

Objetos de cálculo



Edificación 1 · SEMISOTANO

Objetos de cálculo

Planos útiles

Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{\min}$	$E_{\max}$	g_1	g_2	Índice
Plano útil (ESTACIONAMIENTO) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	68.5 lx (≥ 50.0 lx) ✓	0.54 lx	742 lx	0.008	0.001	S2
Plano útil (Gradas-Hall 1) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	163 lx (≥ 150 lx) ✓	107 lx	269 lx	0.66	0.40	S4
Plano útil (GRADA -HALL 2) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	177 lx (≥ 150 lx) ✓	111 lx	295 lx	0.63	0.38	S6
Plano útil (GRADA - HALL 3) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	166 lx (≥ 150 lx) ✓	103 lx	272 lx	0.62	0.38	S8
Plano útil (Gradas-Hall 4) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	164 lx (≥ 150 lx) ✓	102 lx	282 lx	0.62	0.36	S10
Plano útil (Grada-Hall azotea) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	165 lx (≥ 150 lx) ✓	107 lx	271 lx	0.65	0.39	S12
Plano útil (GRADAS-HALL SEMIS) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	216 lx (≥ 150 lx) ✓	148 lx	280 lx	0.69	0.53	S14

Edificación 1 · SEMISOTANO · ESTACIONAMIENTO

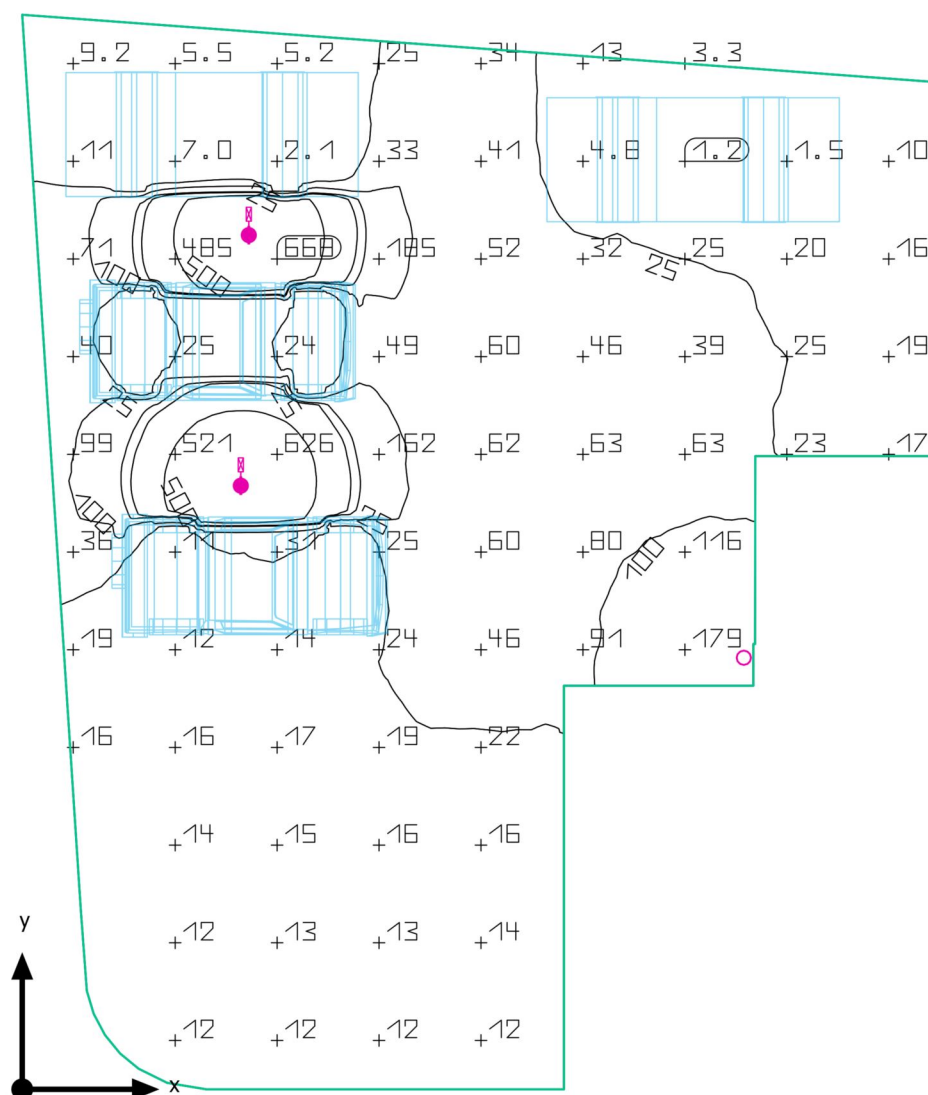
Descripción

Imágenes



Edificación 1 · SEMISOTANO · ESTACIONAMIENTO

Resumen



Edificación 1 · SEMISOTANO · ESTACIONAMIENTO

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Plano útil	E	68.5 lx	≥ 50.0 lx	✓
	g ₁	0.008	-	-
Valores de consumo	Consumo	[210 - 270] kWh/a	máx. 5250 kWh/a	✓
Potencia específica de conexión	Local	0.83 W/m ²	-	-
		1.22 W/m ² /100 lx	-	-

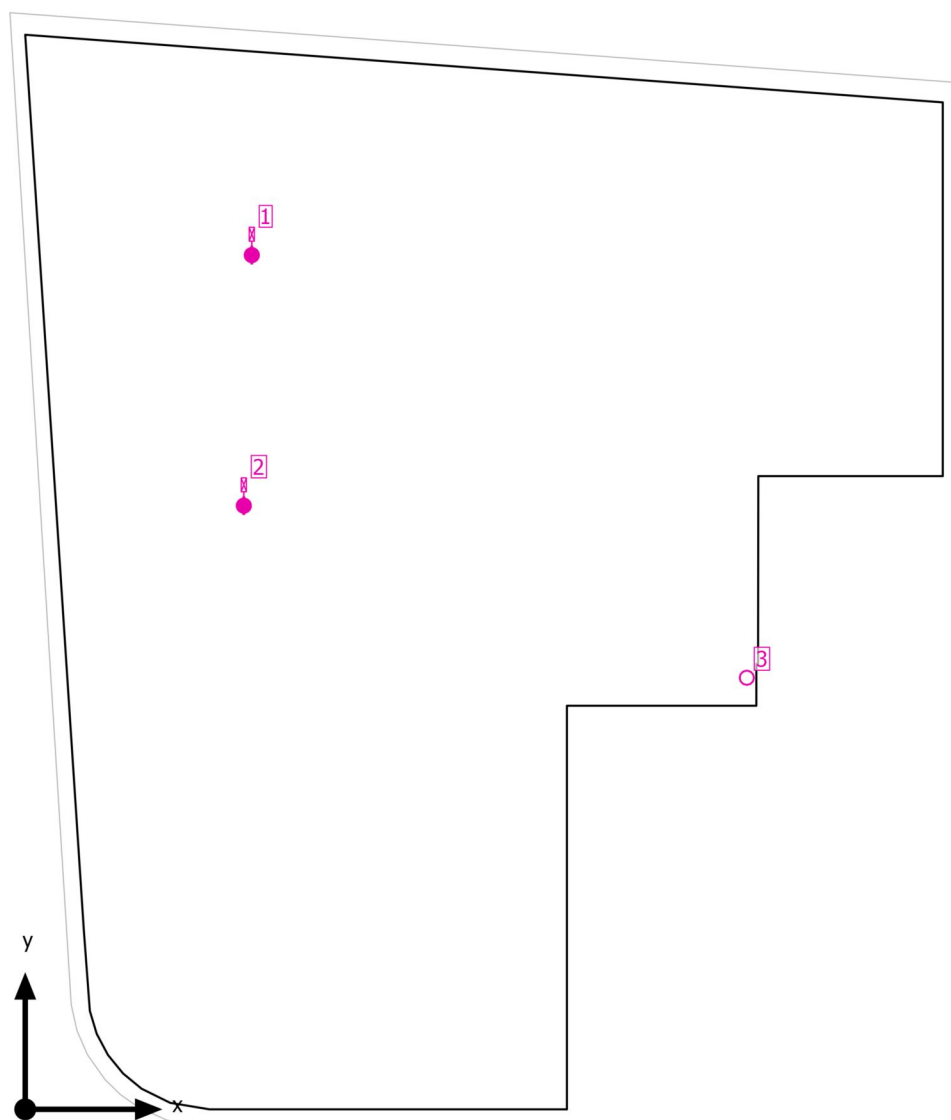
Perfil de uso: Áreas públicas - Aparcamientos públicos, Plazas de aparcamiento y estacionamiento

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm	71.4 lm/W
2	PHILIPS		DN571B 1 xLED60S/830 C PG	48.0 W	6000 lm	125.0 lm/W

Edificación 1 · SEMISOTANO · ESTACIONAMIENTO

Plano de situación de luminarias



Edificación 1 · SEMISOTANO · ESTACIONAMIENTO

Plano de situación de luminarias



Fabricante	PHILIPS
N° de artículo	
Nombre del artículo	DN135C D215 1xLED20S/830

Luminarias individuales

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
10.368 m	6.202 m	2.450 m	3

Edificación 1 · SEMISOTANO · ESTACIONAMIENTO

Plano de situación de luminarias



Fabricante	PHILIPS
N° de artículo	
Nombre del artículo	DN571B 1 xLED60S/830 C PG

Luminarias individuales

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
3.255 m	12.276 m	2.400 m	1
3.141 m	8.675 m	2.400 m	2

Edificación 1 · SEMISOTANO · ESTACIONAMIENTO

Lista de luminarias

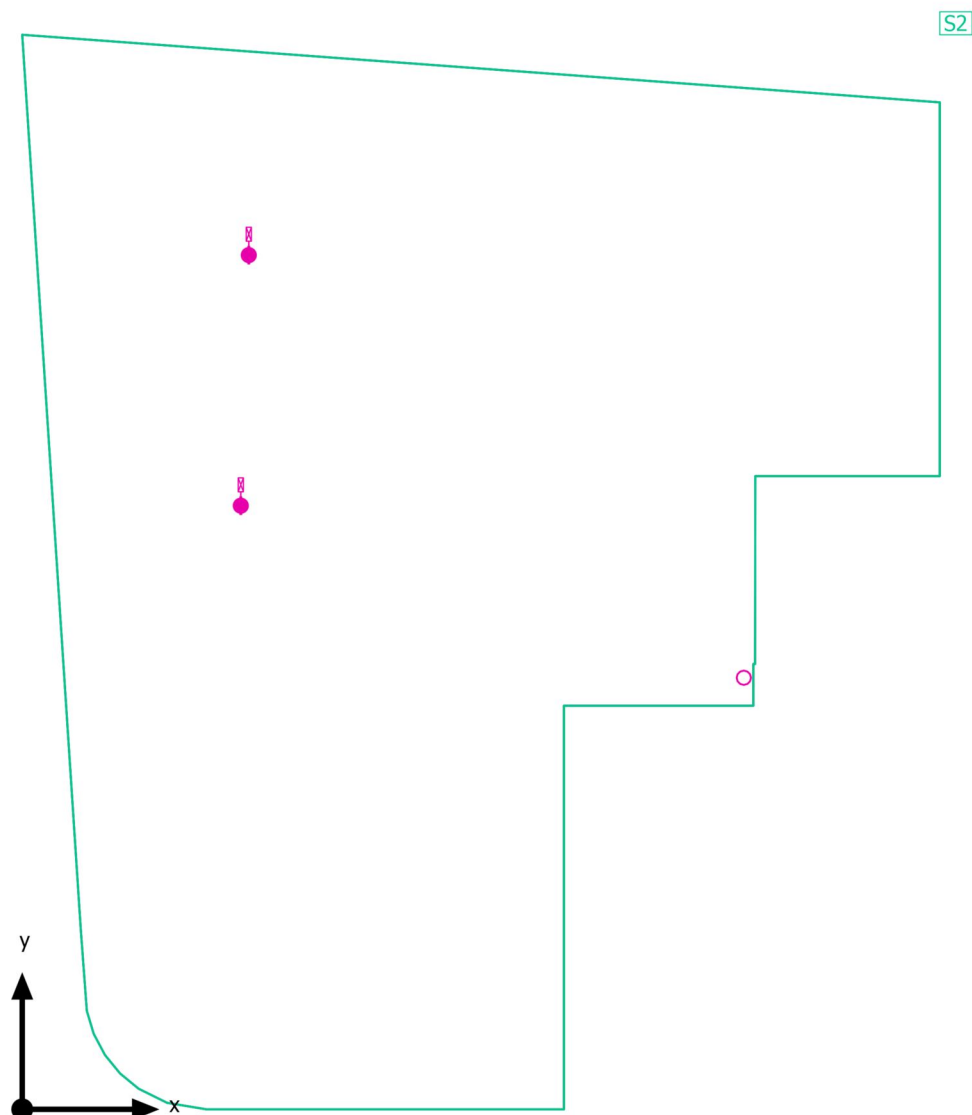
Φ_{total} 14000 lm	P_{total} 124.0 W	Rendimiento lumínico 112.9 lm/W
----------------------------	------------------------	------------------------------------

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm	71.4 lm/W
2	PHILIPS		DN571B 1 xLED60S/830 C PG	48.0 W	6000 lm	125.0 lm/W



Edificación 1 · SEMISOTANO · ESTACIONAMIENTO

Objetos de cálculo



Edificación 1 · SEMISOTANO · ESTACIONAMIENTO

Objetos de cálculo

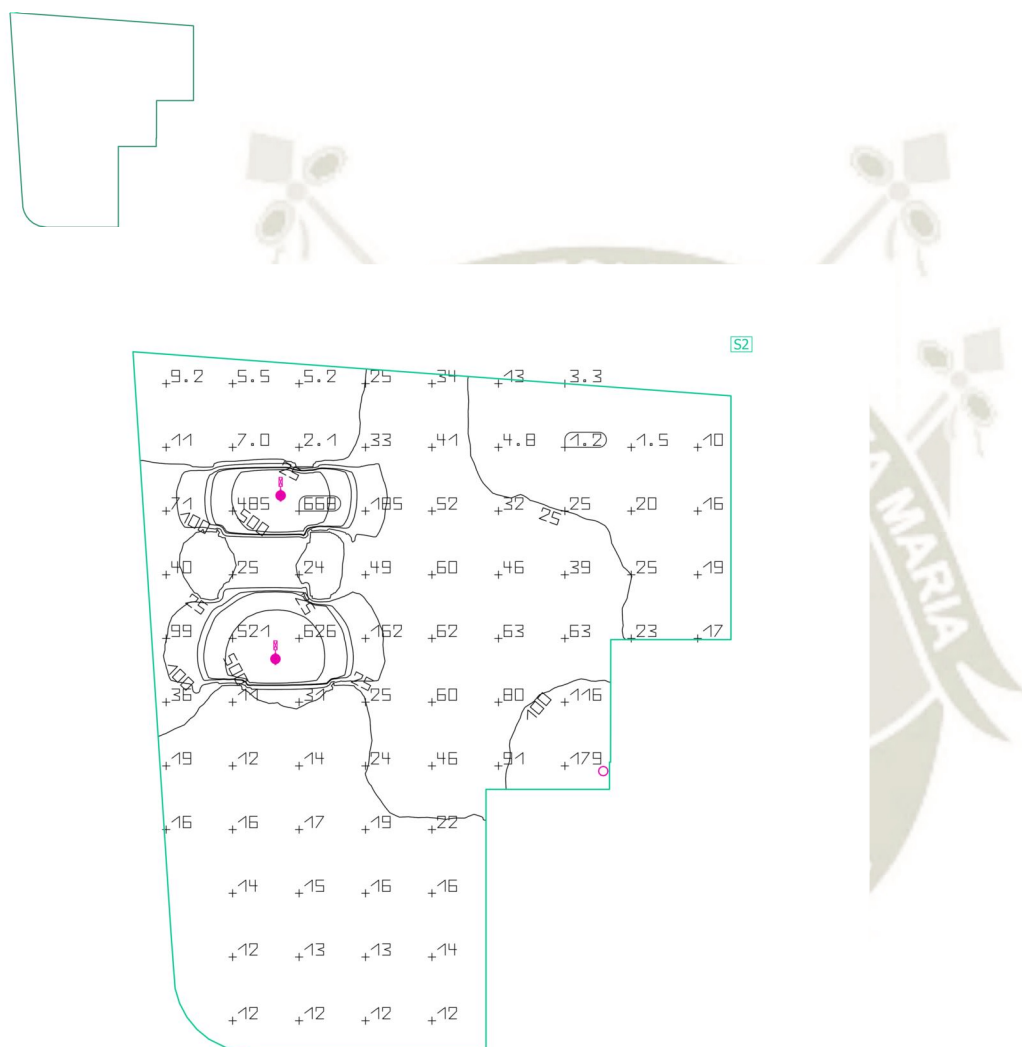
Planos útiles

Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{\min}$	$E_{\max}$	g_1	g_2	Índice
Plano útil (ESTACIONAMIENTO)	68.5 lx	0.54 lx	742 lx	0.008	0.001	S2
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	≥ 50.0 lx					
Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					

Perfil de uso: Áreas públicas - Aparcamientos públicos, Plazas de aparcamiento y estacionamiento



Plano útil (ESTACIONAMIENTO)



Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{\min}$	$E_{\max}$	g_1	g_2	Índice
Plano útil (ESTACIONAMIENTO) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	68.5 lx (≥ 50.0 lx) ✓	0.54 lx	742 lx	0.008	0.001	S2

Perfil de uso: Áreas públicas - Aparcamientos públicos, Plazas de aparcamiento y estacionamiento

Edificación 1 · SEMISOTANO · Gradas-Hall 1

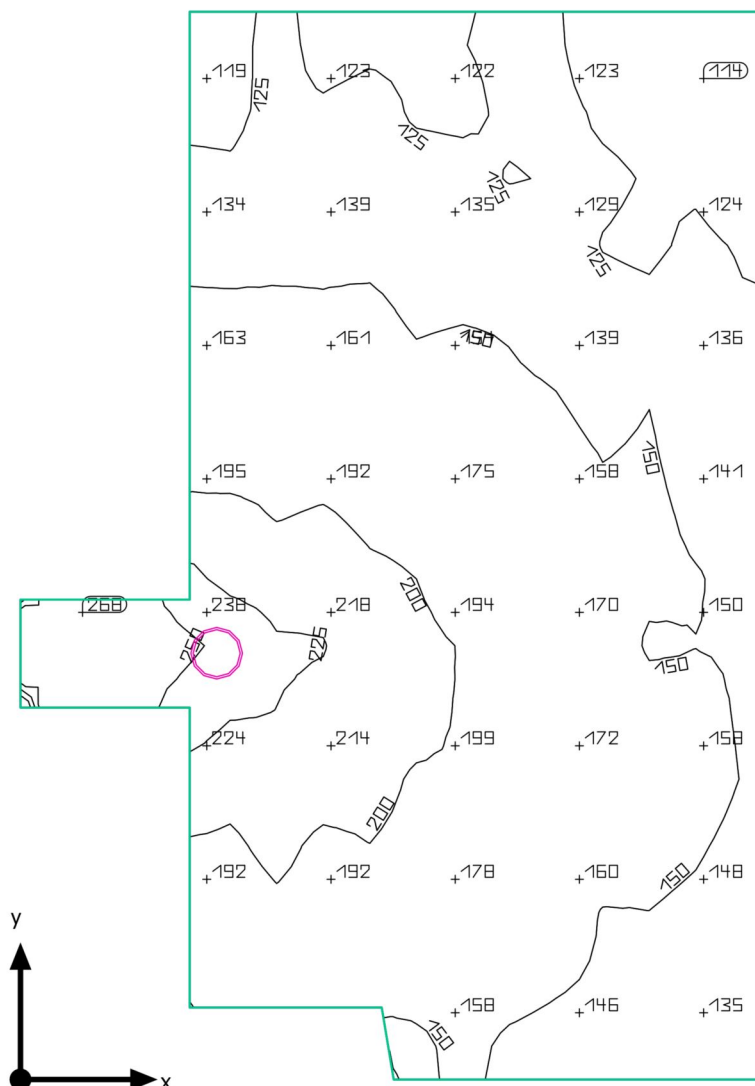
Descripción

Imágenes



Edificación 1 · SEMISOTANO · Gradas-Hall 1

Resumen



Edificación 1 · SEMISOTANO · Gradas-Hall 1

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Plano útil	E	163 lx	≥ 150 lx	✓
	g ₁	0.66	-	-
Valores de consumo	Consumo	31 kWh/a	máx. 400 kWh/a	✓
Potencia específica de conexión	Local	2.60 W/m ²	-	-
		1.60 W/m ² /100 lx	-	-

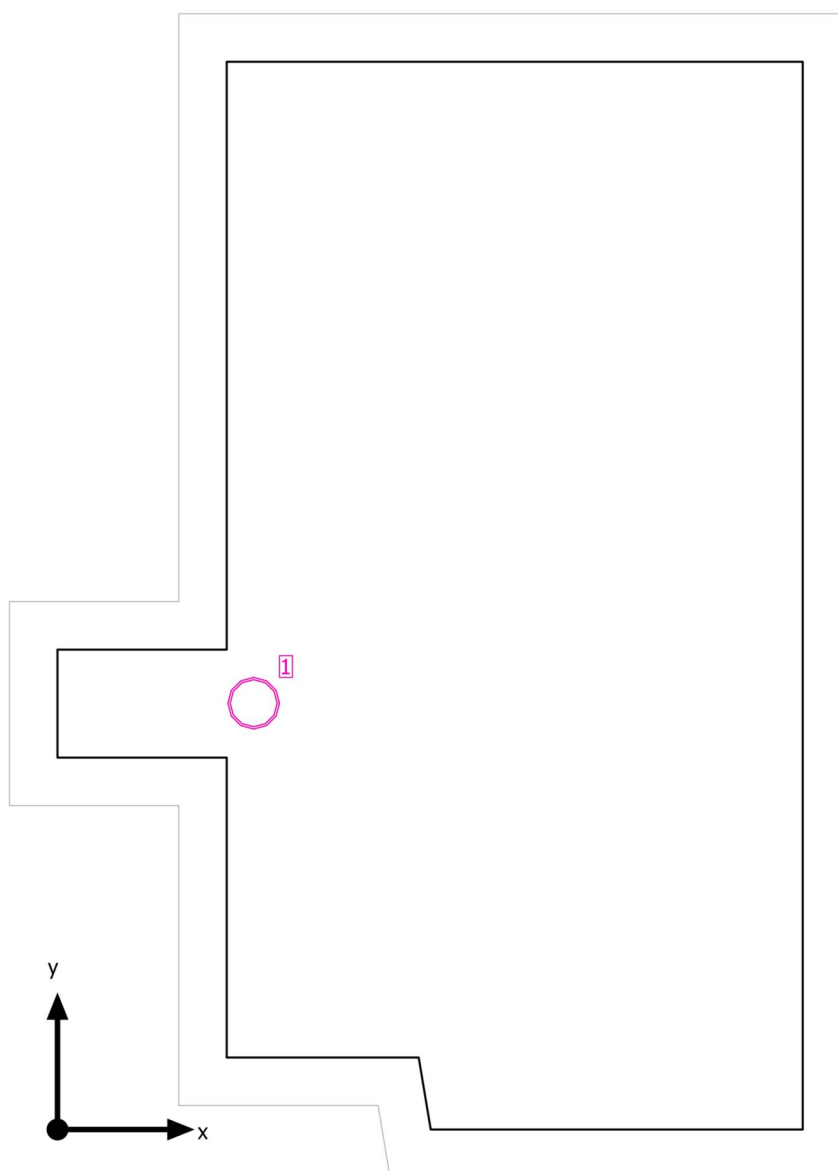
Perfil de uso: Zonas de tránsito dentro de edificios, Escaleras, escaleras mecánicas, cintas transportadoras

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm	71.4 lm/W

Edificación 1 · SEMISOTANO · Gradas-Hall 1

Plano de situación de luminarias



Edificación 1 · SEMISOTANO · Gradas-Hall 1

Plano de situación de luminarias



Fabricante	PHILIPS
N° de artículo	
Nombre del artículo	DN135C D215 1xLED20S/830

Luminarias individuales

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
0.818 m	1.777 m	2.450 m	1

Edificación 1 · SEMISOTANO · Gradas-Hall 1

Lista de luminarias

Φ_{total}
2000 lm

P_{total}
28.0 W

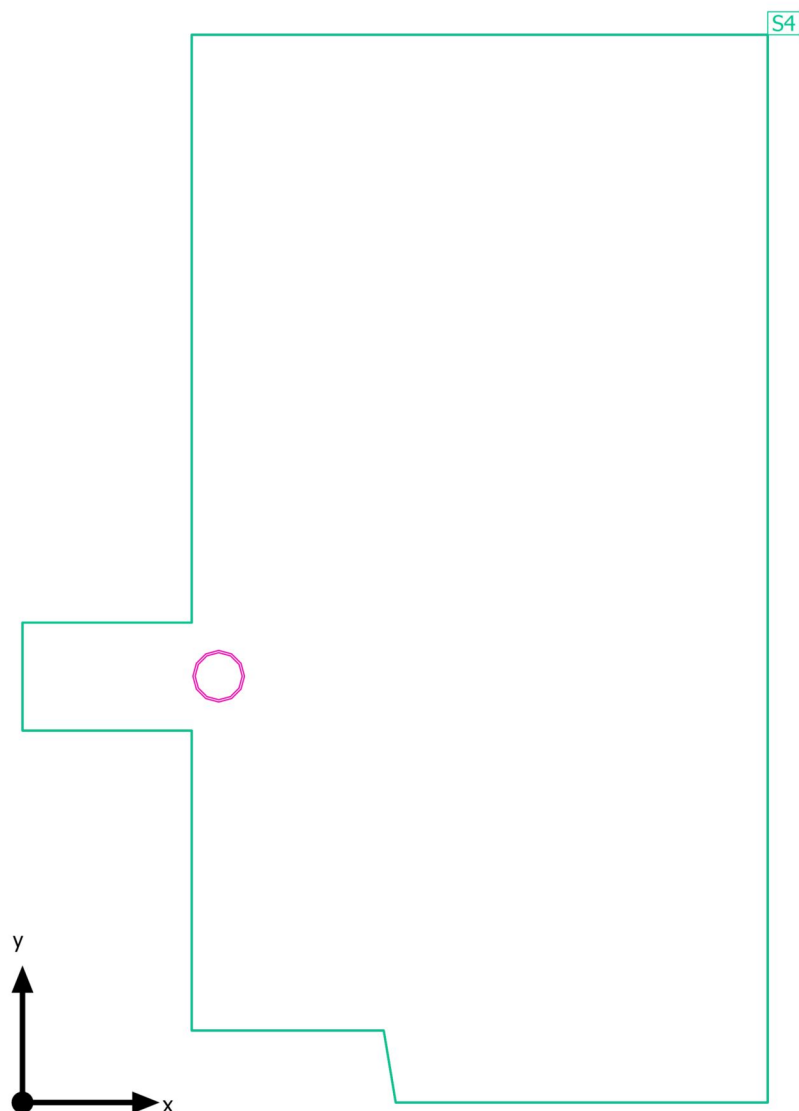
Rendimiento lumínico
71.4 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm	71.4 lm/W



Edificación 1 · SEMISOTANO · Gradas-Hall 1

Objetos de cálculo



Edificación 1 · SEMISOTANO · Gradas-Hall 1

Objetos de cálculo

Planos útiles

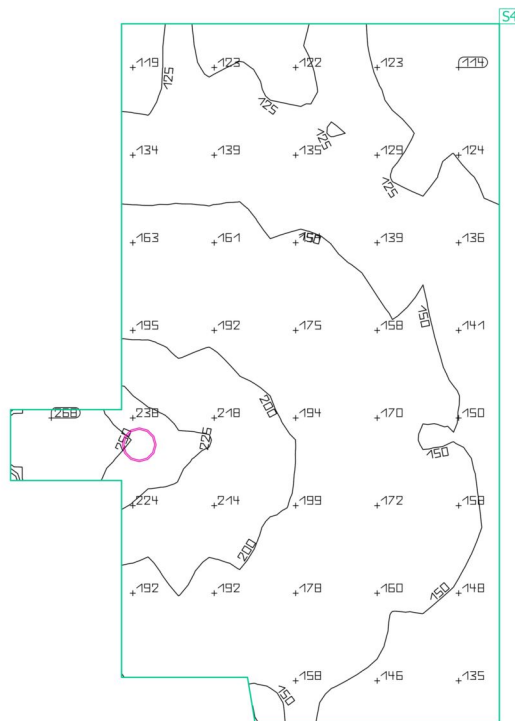
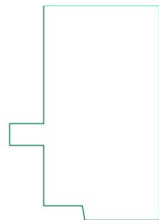
Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{\min}$	$E_{\max}$	g_1	g_2	Índice
Plano útil (Gradas-Hall 1)	163 lx	107 lx	269 lx	0.66	0.40	S4
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	≥ 150 lx					
Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					

Perfil de uso: Zonas de tránsito dentro de edificios, Escaleras, escaleras mecánicas, cintas transportadoras



Edificación 1 · SEMISOTANO · Gradas-Hall 1

Plano útil (Gradas-Hall 1)



Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{\min}$	$E_{\max}$	g_1	g_2	Índice
Plano útil (Gradas-Hall 1) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	163 lx (≥ 150 lx) ✓	107 lx	269 lx	0.66	0.40	S4

Perfil de uso: Zonas de tránsito dentro de edificios, Escaleras, escaleras mecánicas, cintas transportadoras

Edificación 1 · SEMISOTANO · GRADA -HALL 2

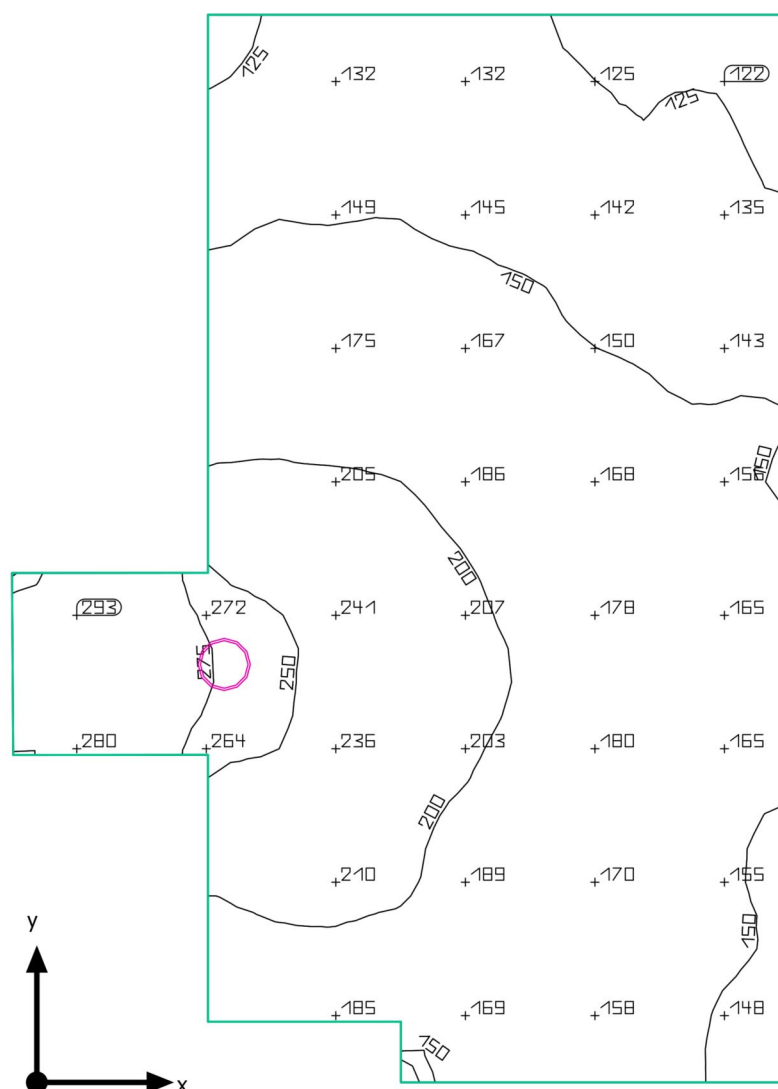
Descripción

Imágenes



Edificación 1 · SEMISOTANO · GRADA -HALL 2

Resumen



Edificación 1 · SEMISOTANO · GRADA -HALL 2

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Plano útil	E	177 lx	≥ 150 lx	✓
	g ₁	0.63	-	-
Valores de consumo	Consumo	31 kWh/a	máx. 400 kWh/a	✓
Potencia específica de conexión	Local	2.56 W/m ²	-	-
		1.45 W/m ² /100 lx	-	-

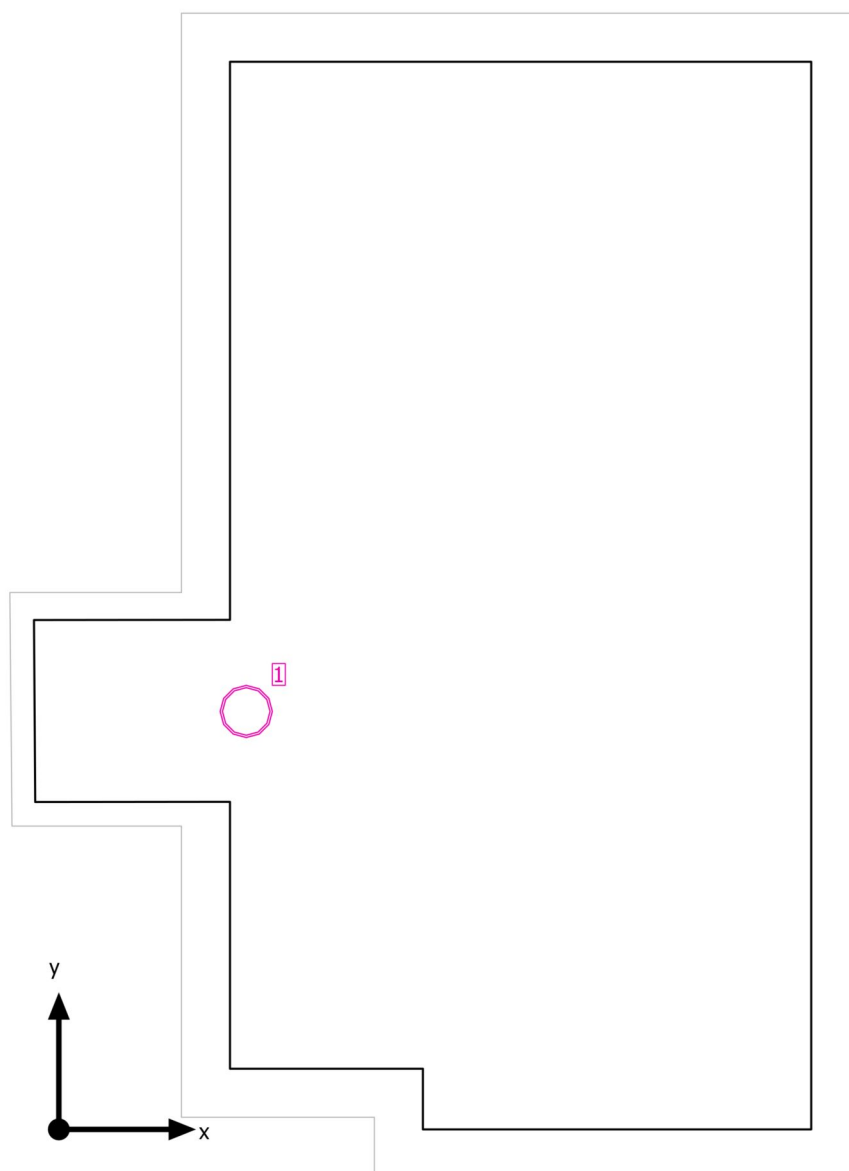
Perfil de uso: Zonas de tránsito dentro de edificios, Escaleras, escaleras mecánicas, cintas transportadoras

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm	71.4 lm/W

Edificación 1 · SEMISOTANO · GRADA -HALL 2

Plano de situación de luminarias



Edificación 1 · SEMISOTANO · GRADA -HALL 2

Plano de situación de luminarias



Fabricante	PHILIPS
N° de artículo	
Nombre del artículo	DN135C D215 1xLED20S/830

Luminarias individuales

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
0.772 m	1.723 m	2.450 m	1

Edificación 1 · SEMISOTANO · GRADA -HALL 2

Lista de luminarias

Φ_{total}
2000 lm

P_{total}
28.0 W

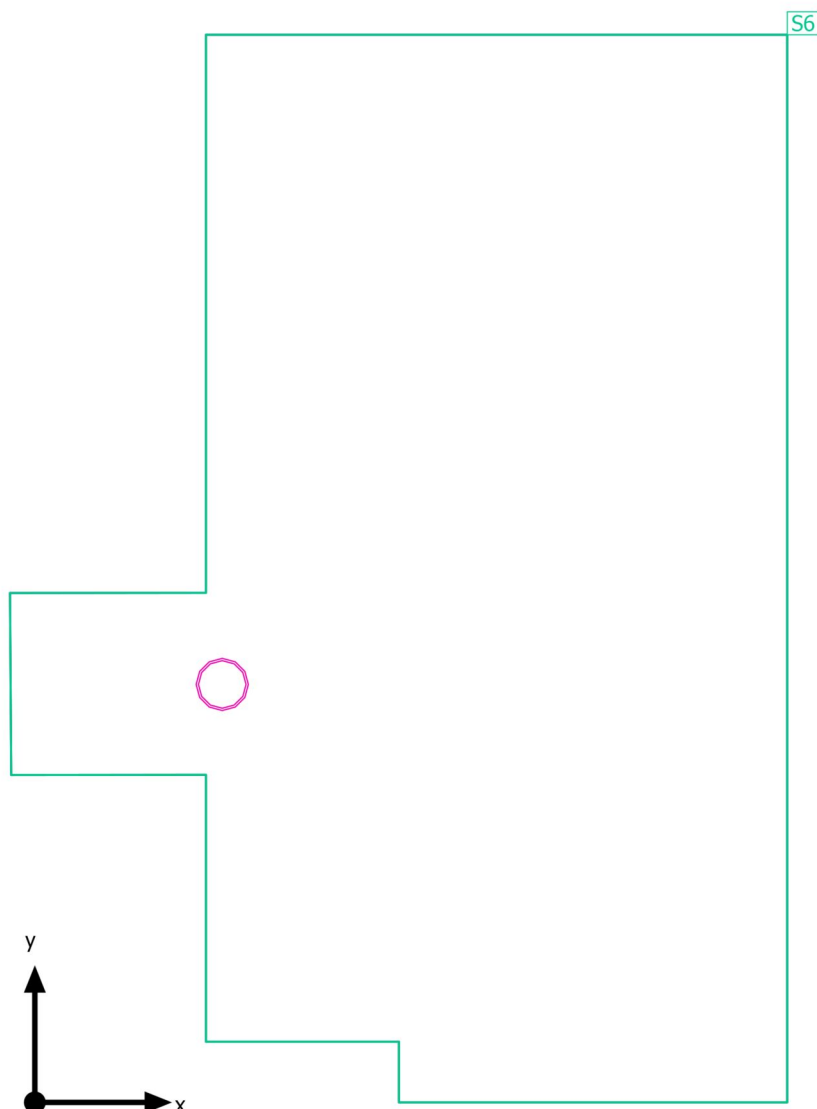
Rendimiento lumínico
71.4 lm/W

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm	71.4 lm/W



Edificación 1 · SEMISOTANO · GRADA -HALL 2

Objetos de cálculo



Edificación 1 · SEMISOTANO · GRADA -HALL 2

Objetos de cálculo

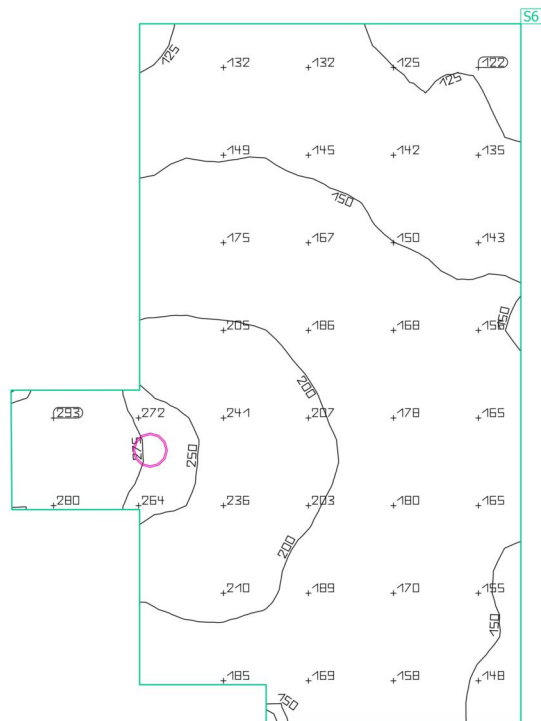
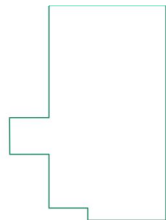
Planos útiles

Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{\min}$	$E_{\max}$	g_1	g_2	Índice
Plano útil (GRADA -HALL 2)	177 lx	111 lx	295 lx	0.63	0.38	S6
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	≥ 150 lx					
Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					

Perfil de uso: Zonas de tránsito dentro de edificios, Escaleras, escaleras mecánicas, cintas transportadoras



Plano útil (GRADA -HALL 2)



Propiedades	E (Nominal)	$E_{\min}$	$E_{\max}$	g_1	g_2	Índice
Plano útil (GRADA -HALL 2) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	177 lx (≥ 150 lx) ✓	111 lx	295 lx	0.63	0.38	S6

Perfil de uso: Zonas de tránsito dentro de edificios, Escaleras, escaleras mecánicas, cintas transportadoras

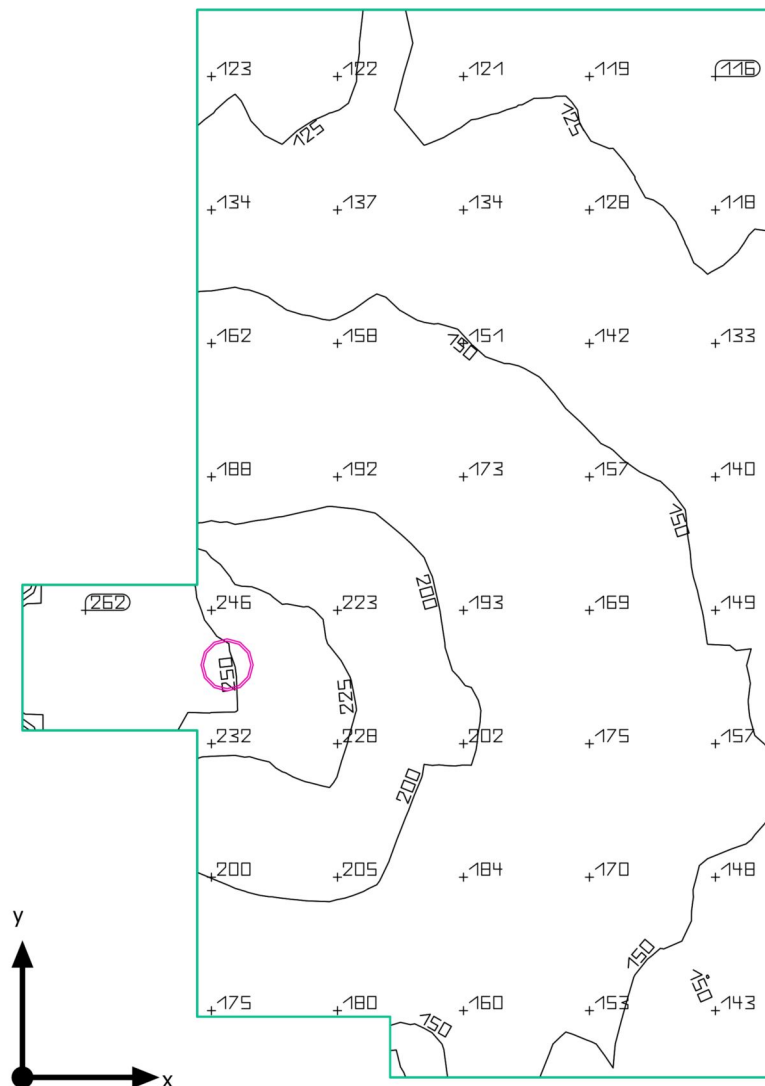
Edificación 1 · SEMISOTANO · GRADA - HALL 3

Descripción

Imágenes



Resumen



Edificación 1 · SEMISOTANO · GRADA - HALL 3

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Plano útil	E	166 lx	≥ 150 lx	✓
	g ₁	0.62	-	-
Valores de consumo	Consumo	31 kWh/a	máx. 400 kWh/a	✓
Potencia específica de conexión	Local	2.60 W/m ²	-	-
		1.57 W/m ² /100 lx	-	-

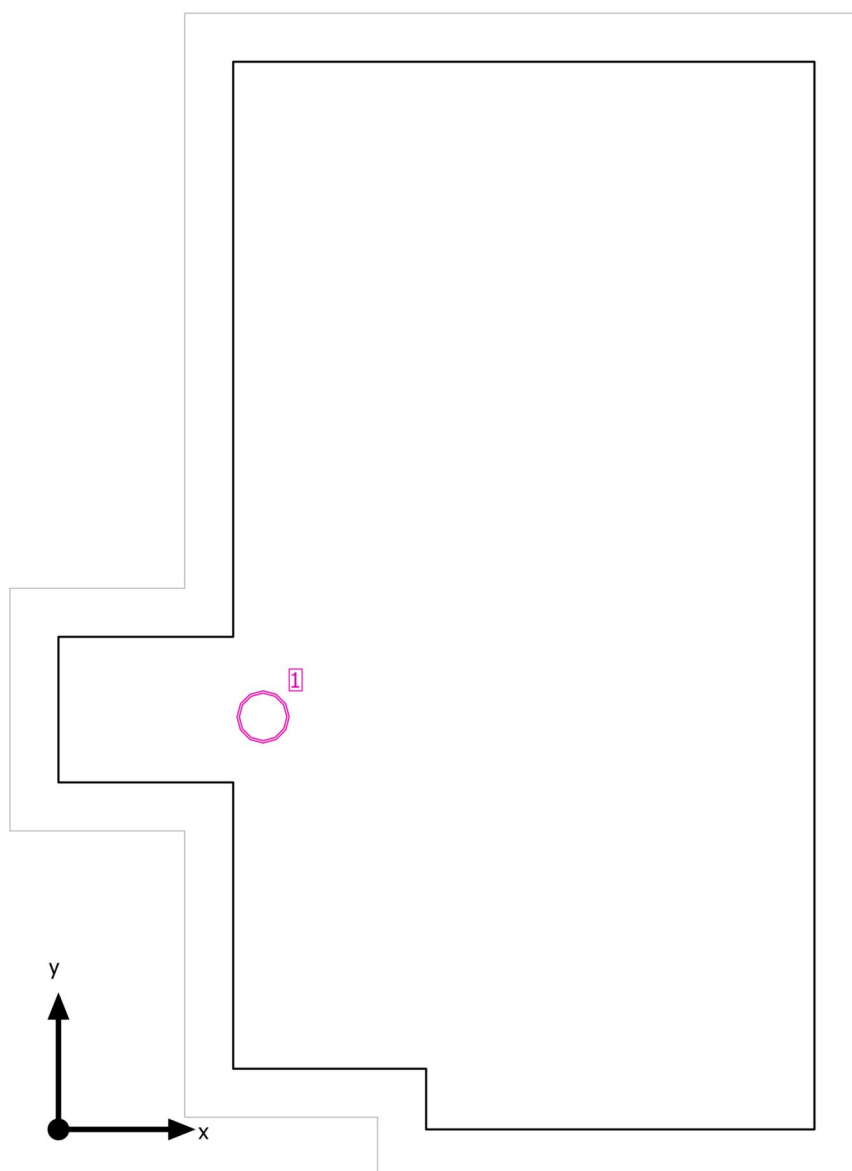
Perfil de uso: Zonas de tránsito dentro de edificios, Escaleras, escaleras mecánicas, cintas transportadoras

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm	71.4 lm/W

Edificación 1 · SEMISOTANO · GRADA - HALL 3

Plano de situación de luminarias



Edificación 1 · SEMISOTANO · GRADA - HALL 3

Plano de situación de luminarias



Fabricante	PHILIPS
N° de artículo	
Nombre del artículo	DN135C D215 1xLED20S/830

Luminarias individuales

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
0.843 m	1.700 m	2.450 m	1

Edificación 1 · SEMISOTANO · GRADA - HALL 3

Lista de luminarias

Φ_{total}
2000 lm

P_{total}
28.0 W

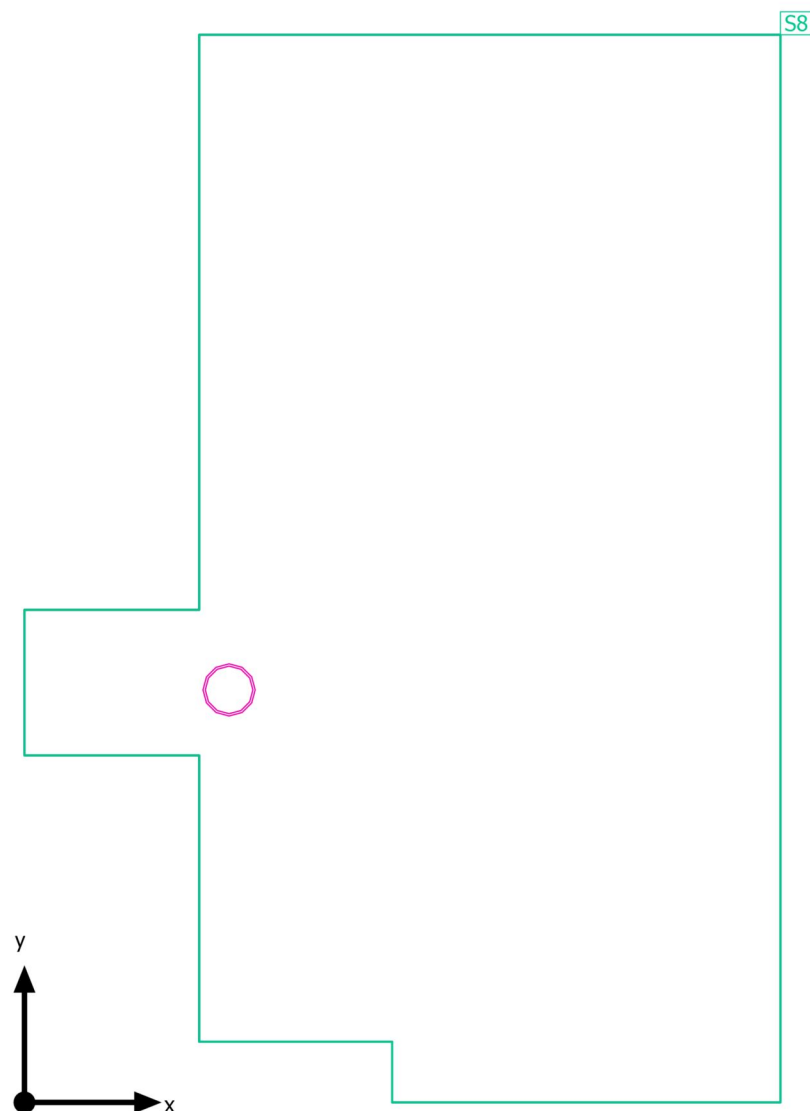
Rendimiento lumínico
71.4 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm	71.4 lm/W



Edificación 1 · SEMISOTANO · GRADA - HALL 3

Objetos de cálculo



Edificación 1 · SEMISOTANO · GRADA - HALL 3

Objetos de cálculo

Planos útiles

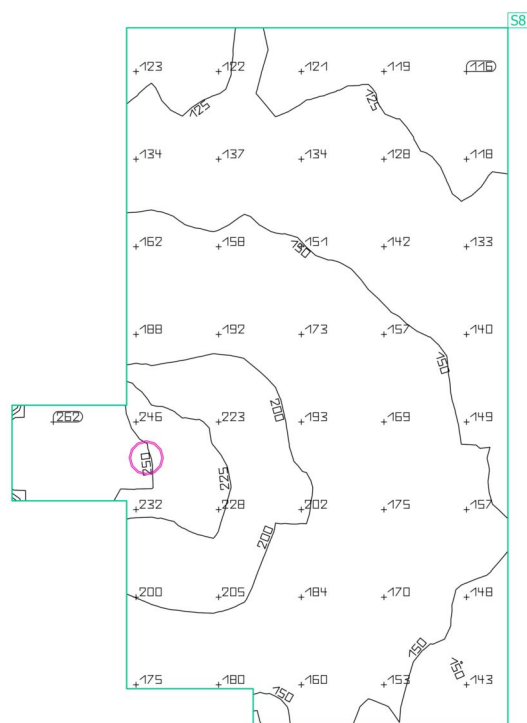
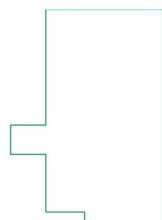
Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{\min}$	$E_{\max}$	g_1	g_2	Índice
Plano útil (GRADA - HALL 3)	166 lx	103 lx	272 lx	0.62	0.38	S8
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	≥ 150 lx					
Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					

Perfil de uso: Zonas de tránsito dentro de edificios, Escaleras, escaleras mecánicas, cintas transportadoras



Edificación 1 · SEMISOTANO · GRADA - HALL 3

Plano útil (GRADA - HALL 3)



Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{\min}$	$E_{\max}$	g_1	g_2	Índice
Plano útil (GRADA - HALL 3) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	166 lx (≥ 150 lx) ✓	103 lx	272 lx	0.62	0.38	S8

Perfil de uso: Zonas de tránsito dentro de edificios, Escaleras, escaleras mecánicas, cintas transportadoras

Edificación 1 · SEMISOTANO · Gradas-Hall 4

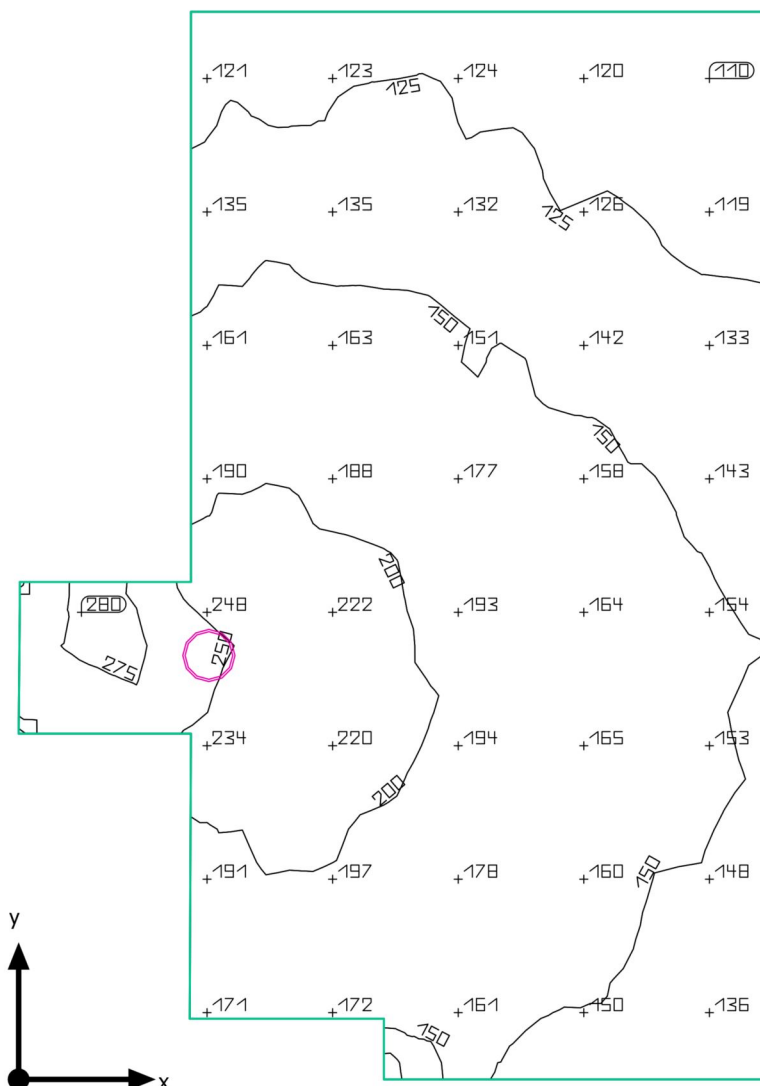
Descripción

Imágenes



Edificación 1 · SEMISOTANO · Gradas-Hall 4

Resumen



Edificación 1 · SEMISOTANO · Gradas-Hall 4

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Plano útil	E	164 lx	≥ 150 lx	✓
	g ₁	0.62	-	-
Valores de consumo	Consumo	31 kWh/a	máx. 400 kWh/a	✓
Potencia específica de conexión	Local	2.60 W/m ²	-	-
		1.58 W/m ² /100 lx	-	-

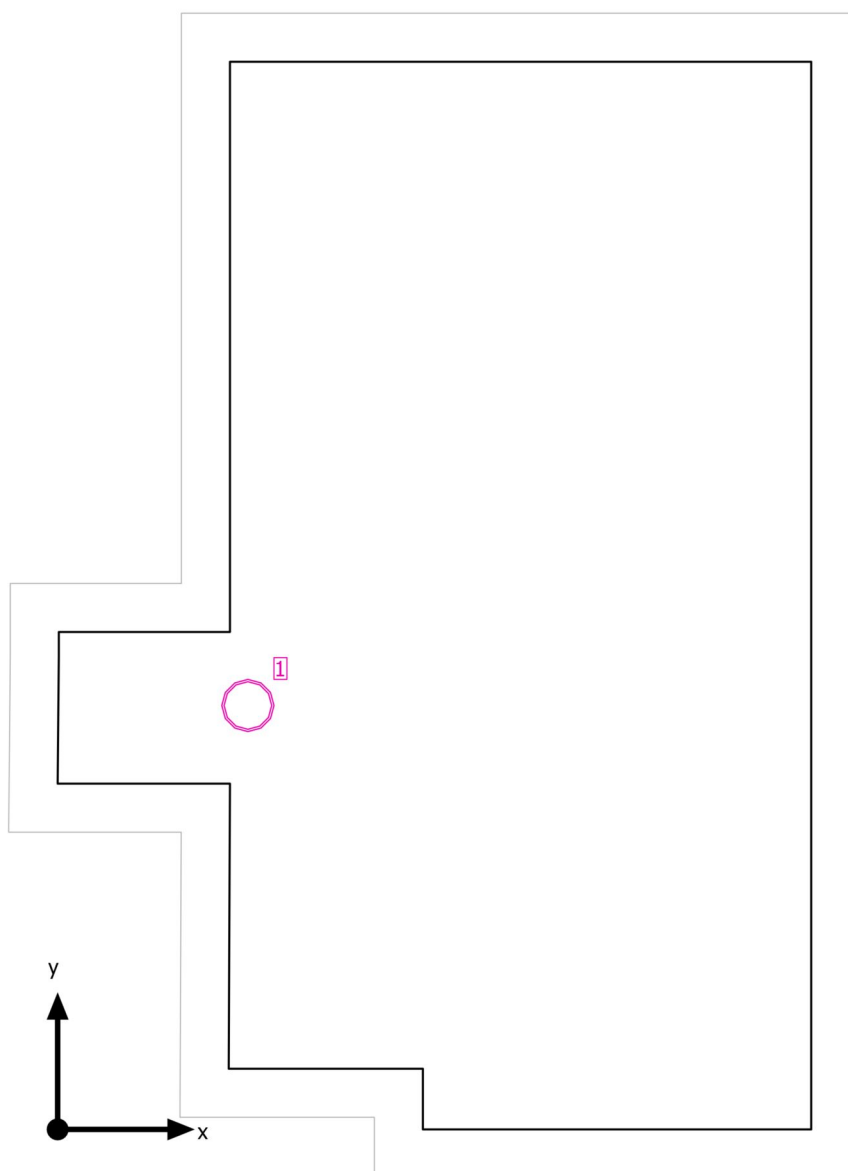
Perfil de uso: Zonas de tránsito dentro de edificios, Escaleras, escaleras mecánicas, cintas transportadoras

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm	71.4 lm/W

Edificación 1 · SEMISOTANO · Gradas-Hall 4

Plano de situación de luminarias



Edificación 1 · SEMISOTANO · Gradas-Hall 4

Plano de situación de luminarias



Fabricante	PHILIPS
N° de artículo	
Nombre del artículo	DN135C D215 1xLED20S/830

Luminarias individuales

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
0.784 m	1.747 m	2.450 m	1

Edificación 1 · SEMISOTANO · Gradas-Hall 4

Lista de luminarias

Φ_{total}
2000 lm

P_{total}
28.0 W

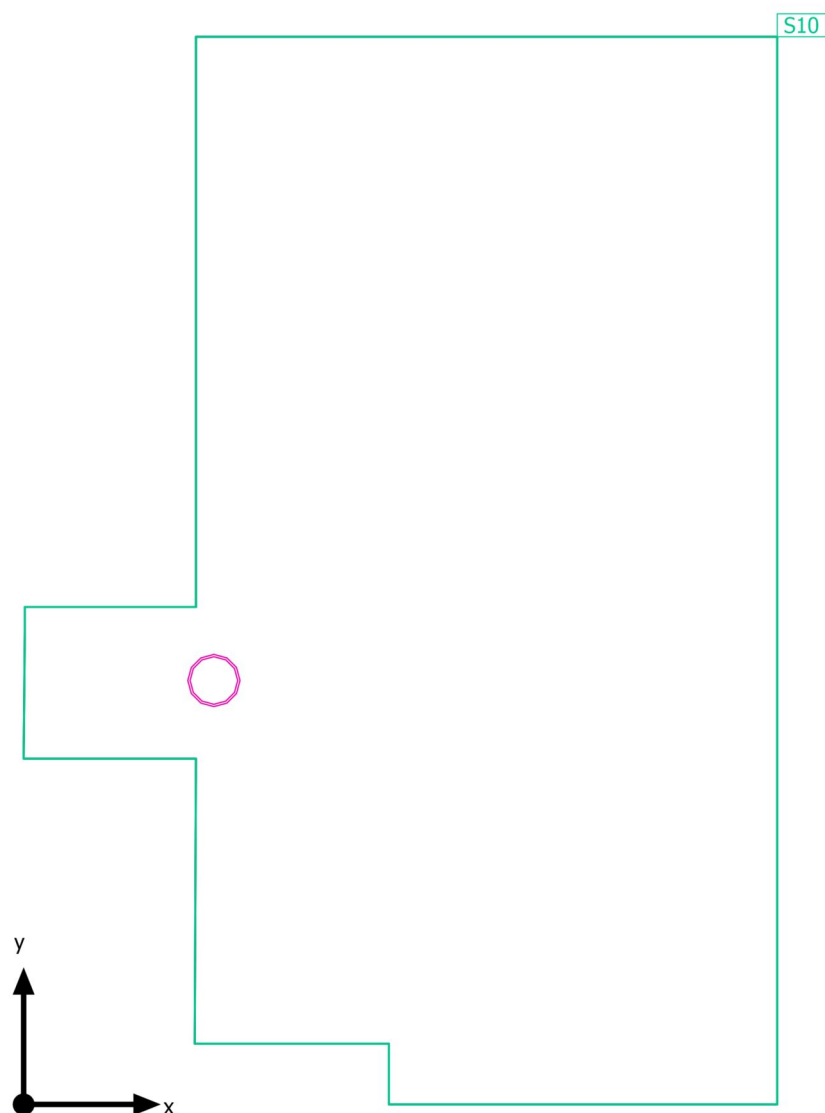
Rendimiento lumínico
71.4 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm	71.4 lm/W



Edificación 1 · SEMISOTANO · Gradas-Hall 4

Objetos de cálculo



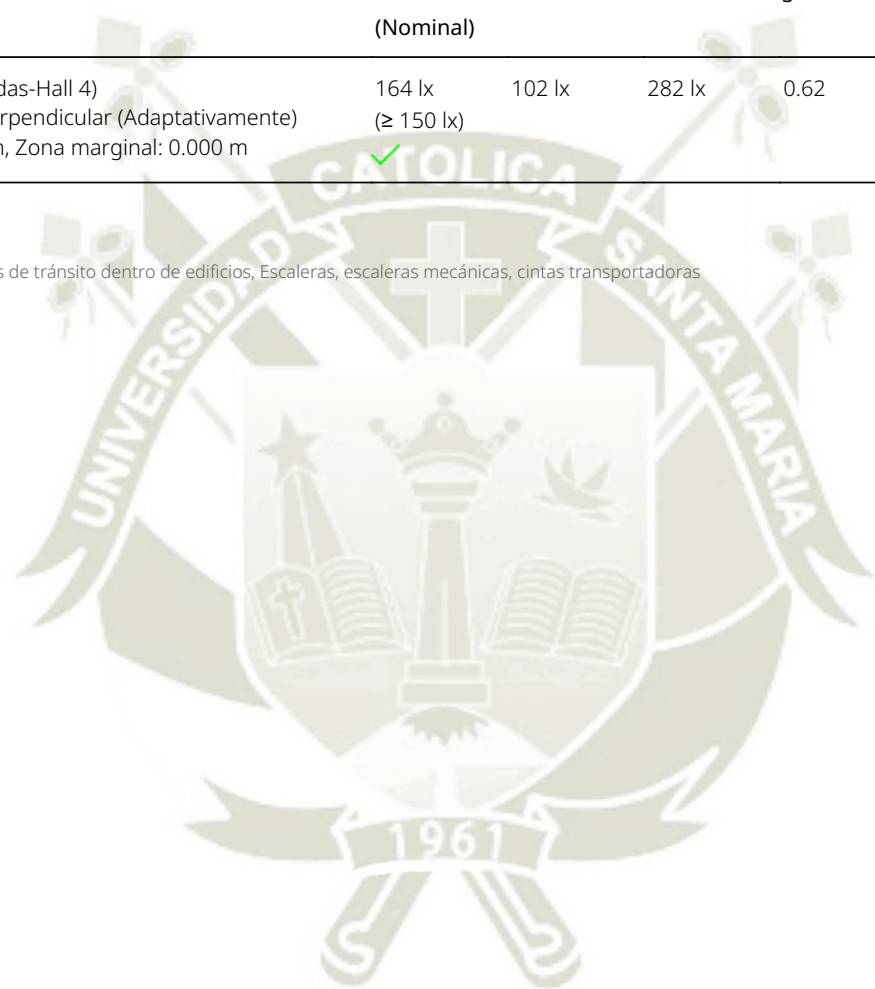
Edificación 1 · SEMISOTANO · Gradas-Hall 4

Objetos de cálculo

Planos útiles

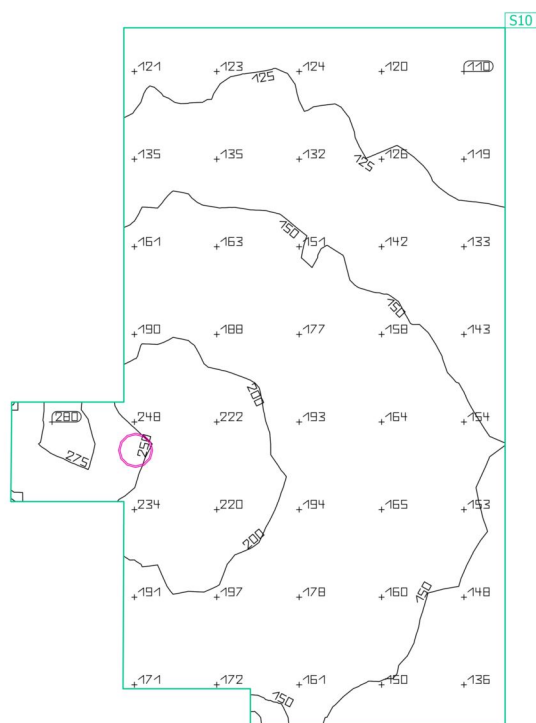
Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{\min}$	$E_{\max}$	g_1	g_2	Índice
Plano útil (Gradas-Hall 4)	164 lx	102 lx	282 lx	0.62	0.36	S10
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	≥ 150 lx					
Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					

Perfil de uso: Zonas de tránsito dentro de edificios, Escaleras, escaleras mecánicas, cintas transportadoras



Edificación 1 · SEMISOTANO · Gradas-Hall 4

Plano útil (Gradas-Hall 4)



Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{\min}$	$E_{\max}$	g_1	g_2	Índice
Plano útil (Gradas-Hall 4)	164 lx	102 lx	282 lx	0.62	0.36	S10
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	≥ 150 lx					
Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					

Perfil de uso: Zonas de tránsito dentro de edificios, Escaleras, escaleras mecánicas, cintas transportadoras

Edificación 1 · SEMISOTANO · Grada-Hall azotea

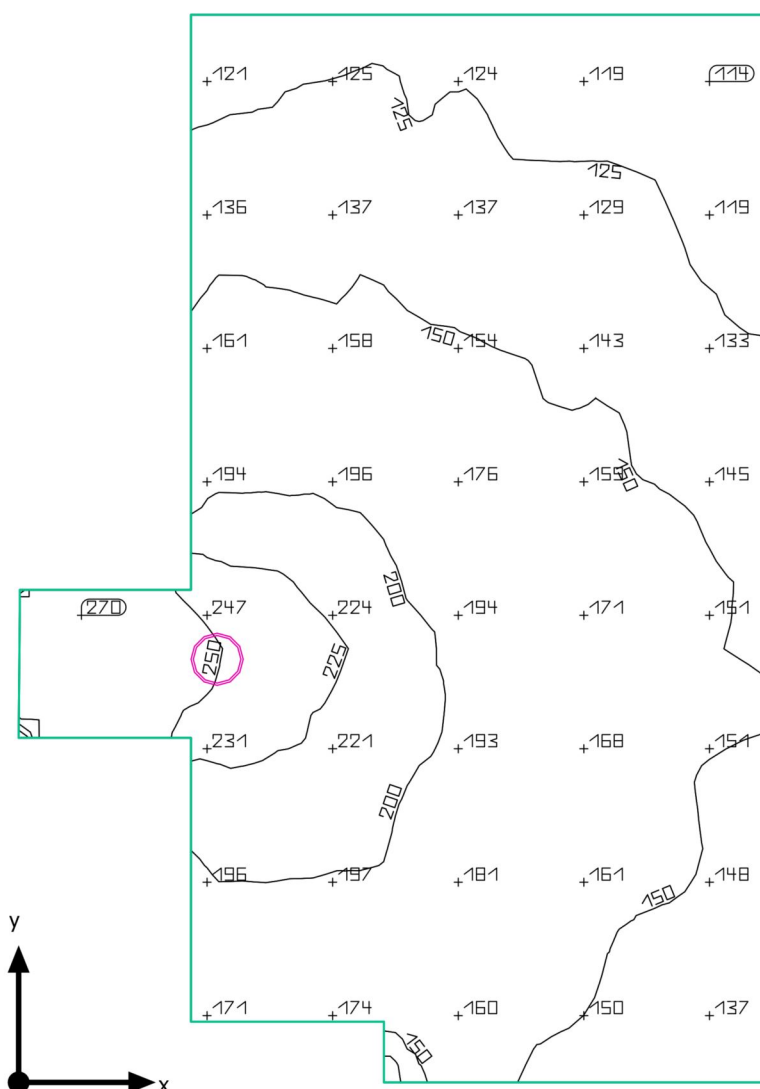
Descripción

Imágenes



Edificación 1 · SEMISOTANO · Grada-Hall azotea

Resumen



Edificación 1 · SEMISOTANO · Grada-Hall azotea

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Plano útil	E	165 lx	≥ 150 lx	✓
	g_1	0.65	-	-
Valores de consumo	Consumo	31 kWh/a	máx. 400 kWh/a	✓
Potencia específica de conexión	Local	2.60 W/m ²	-	-
		1.58 W/m ² /100 lx	-	-

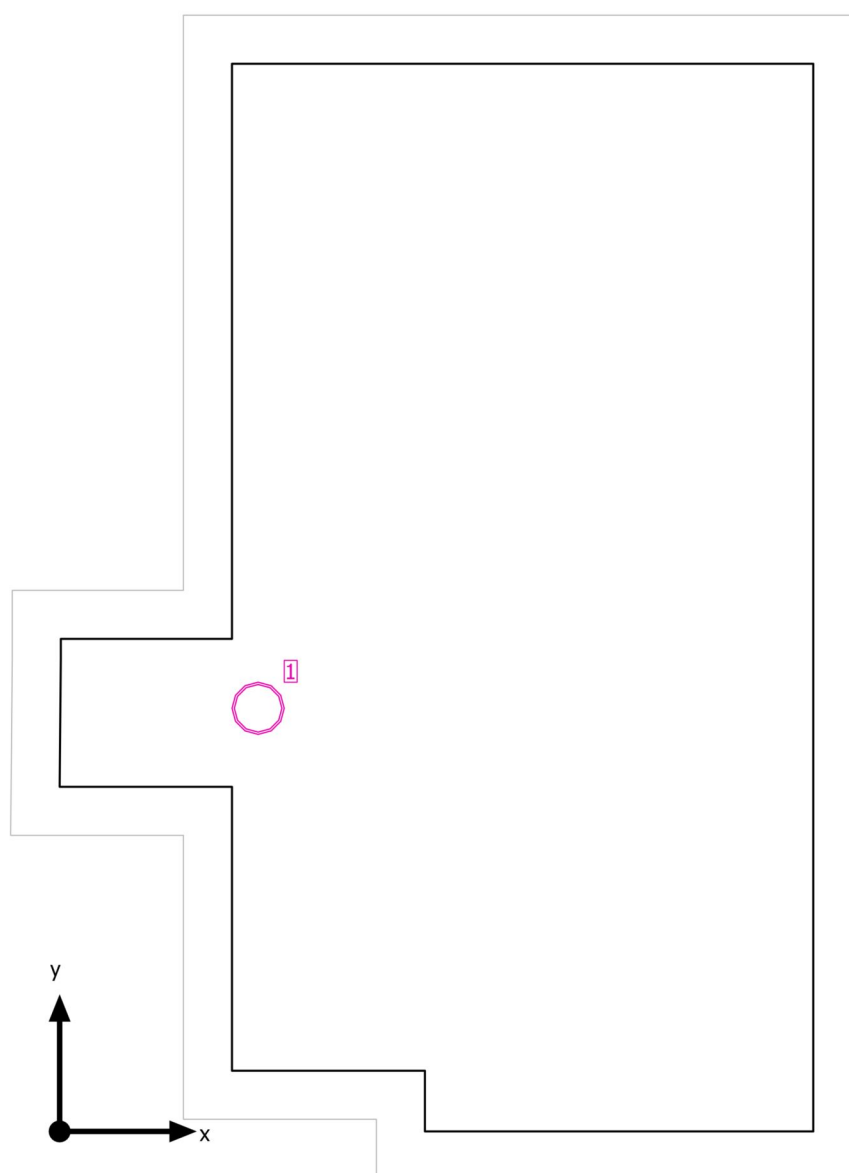
Perfil de uso: Zonas de tránsito dentro de edificios, Escaleras, escaleras mecánicas, cintas transportadoras

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm	71.4 lm/W

Edificación 1 · SEMISOTANO · Grada-Hall azotea

Plano de situación de luminarias



Edificación 1 · SEMISOTANO · Grada-Hall azotea

Plano de situación de luminarias



Fabricante	PHILIPS
N° de artículo	
Nombre del artículo	DN135C D215 1xLED20S/830

Luminarias individuales

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
0.818 m	1.744 m	2.450 m	1

Edificación 1 · SEMISOTANO · Grada-Hall azotea

Lista de luminarias

Φ_{total}
2000 lm

P_{total}
28.0 W

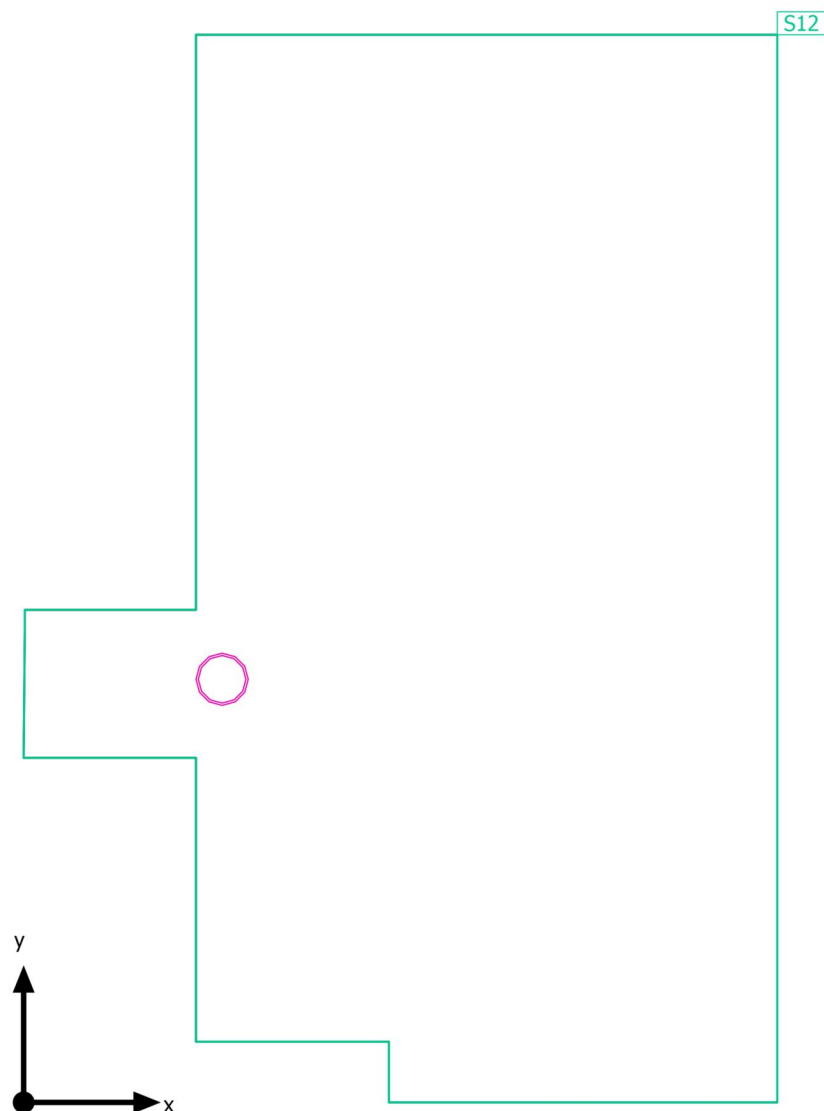
Rendimiento lumínico
71.4 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm	71.4 lm/W



Edificación 1 · SEMISOTANO · Grada-Hall azotea

Objetos de cálculo



Edificación 1 · SEMISOTANO · Grada-Hall azotea

Objetos de cálculo

Planos útiles

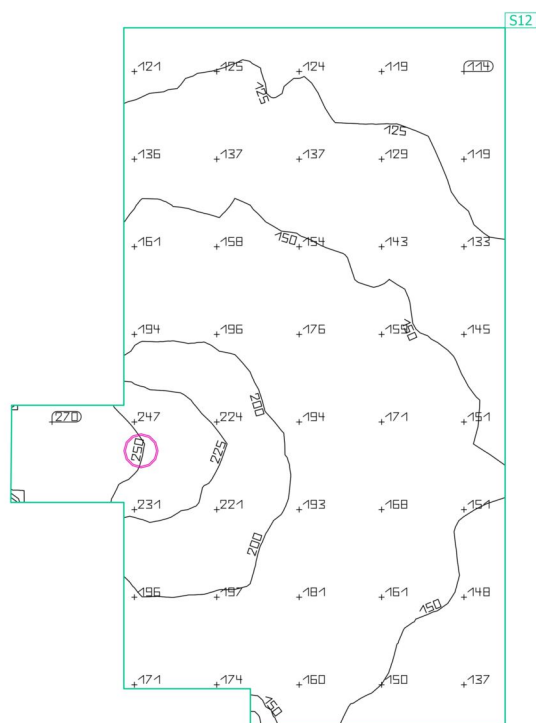
Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{\min}$	$E_{\max}$	g_1	g_2	Índice
Plano útil (Grada-Hall azotea)	165 lx	107 lx	271 lx	0.65	0.39	S12
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	(≥ 150 lx)					
Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					

Perfil de uso: Zonas de tránsito dentro de edificios, Escaleras, escaleras mecánicas, cintas transportadoras



Edificación 1 · SEMISOTANO · Grada-Hall azotea

Plano útil (Grada-Hall azotea)



Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{\min}$	$E_{\max}$	g_1	g_2	Índice
Plano útil (Grada-Hall azotea) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	165 lx (≥ 150 lx) ✓	107 lx	271 lx	0.65	0.39	S12

Perfil de uso: Zonas de tránsito dentro de edificios, Escaleras, escaleras mecánicas, cintas transportadoras

Edificación 1 · SEMISOTANO · GRADAS-HALL SEMIS

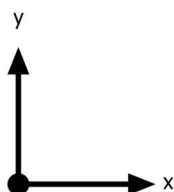
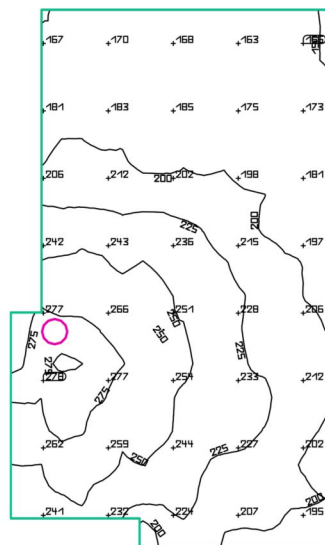
Descripción

Imágenes



Edificación 1 · SEMISOTANO · GRADAS-HALL SEMIS

Resumen



Edificación 1 · SEMISOTANO · GRADAS-HALL SEMIS

Resumen

Resultados

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Plano útil	E	216 lx	≥ 150 lx	✓
	g ₁	0.69	-	-
Valores de consumo	Consumo	31 kWh/a	máx. 400 kWh/a	✓
Potencia específica de conexión	Local	2.60 W/m ²	-	-
		1.20 W/m ² /100 lx	-	-

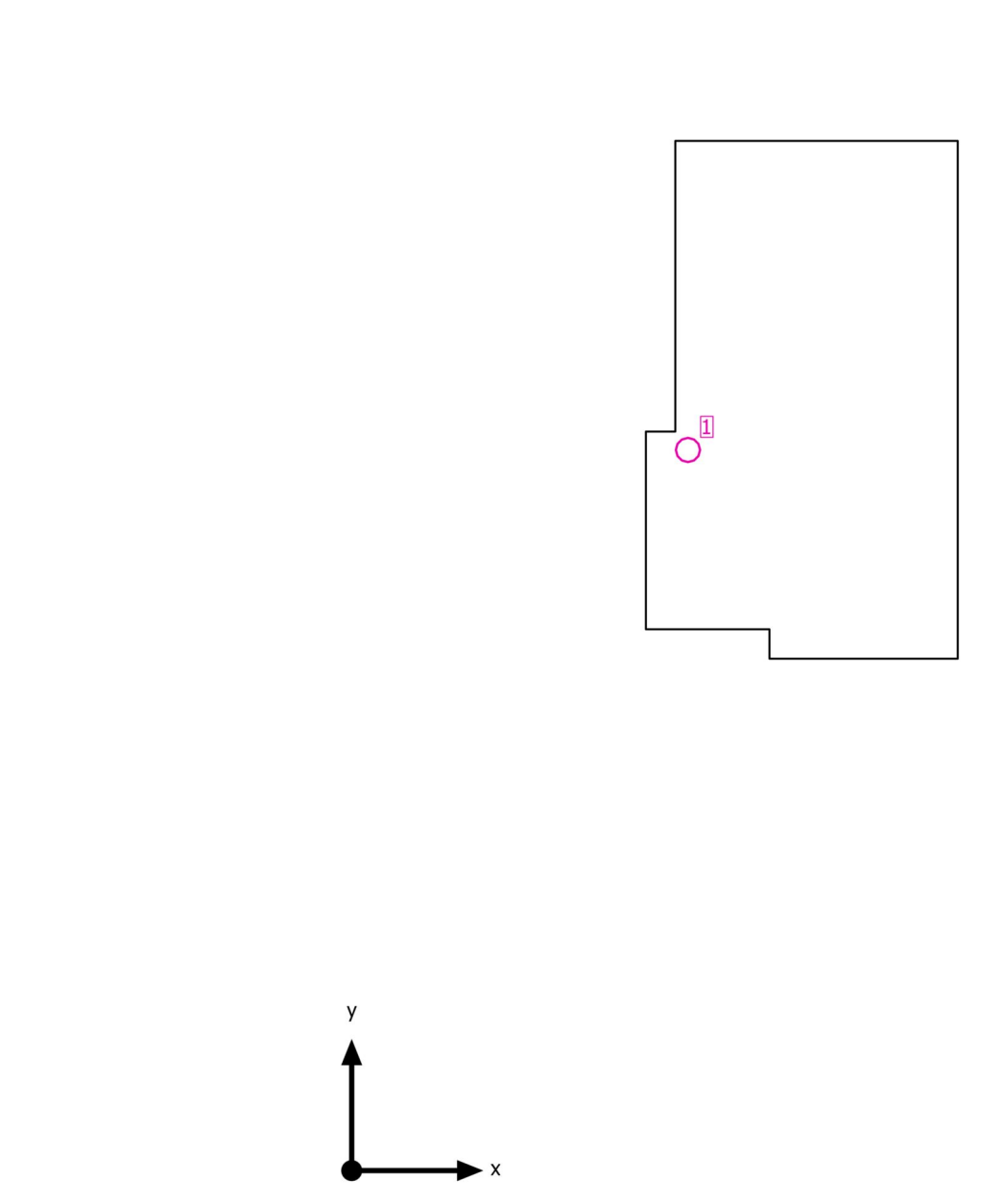
Perfil de uso: Zonas de tránsito dentro de edificios, Escaleras, escaleras mecánicas, cintas transportadoras

Lista de luminarias

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm	71.4 lm/W

Edificación 1 · SEMISOTANO · GRADAS-HALL SEMIS

Plano de situación de luminarias



Edificación 1 · SEMISOTANO · GRADAS-HALL SEMIS

Plano de situación de luminarias



Fabricante	PHILIPS
N° de artículo	
Nombre del artículo	DN135C D215 1xLED20S/830

Luminarias individuales

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
2.858 m	6.124 m	2.450 m	1

Edificación 1 · SEMISOTANO · GRADAS-HALL SEMIS

Lista de luminarias

Φ_{total}
2000 lm

P_{total}
28.0 W

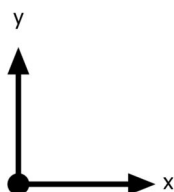
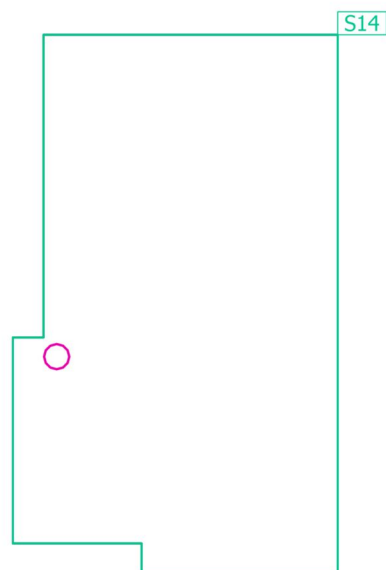
Rendimiento lumínico
71.4 lm/W

Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	Φ	Rendimiento lumínico
1	PHILIPS		DN135C D215 1xLED20S/830	28.0 W	2000 lm	71.4 lm/W



Edificación 1 · SEMISOTANO · GRADAS-HALL SEMIS

Objetos de cálculo



Edificación 1 · SEMISOTANO · GRADAS-HALL SEMIS

Objetos de cálculo

Planos útiles

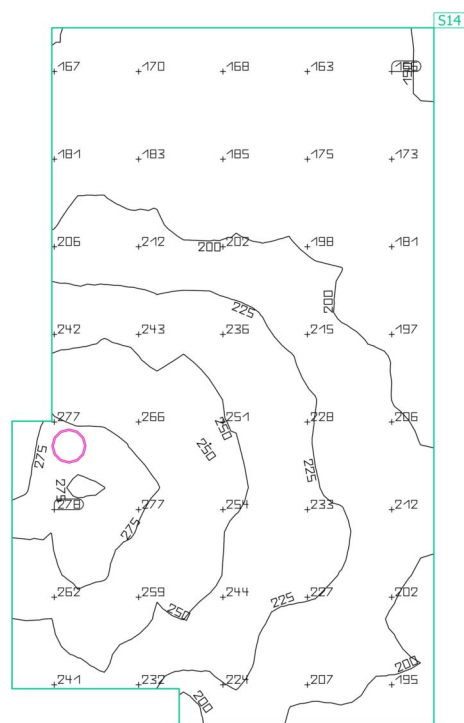
Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{\min}$	$E_{\max}$	g_1	g_2	Índice
Plano útil (GRADAS-HALL SEMIS)	216 lx	148 lx	280 lx	0.69	0.53	S14
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	(≥ 150 lx)					
Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					

Perfil de uso: Zonas de tránsito dentro de edificios, Escaleras, escaleras mecánicas, cintas transportadoras



Edificación 1 · SEMISOTANO · GRADAS-HALL SEMIS

Plano útil (GRADAS-HALL SEMIS)



Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{\min}$	$E_{\max}$	g_1	g_2	Índice
Plano útil (GRADAS-HALL SEMIS) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.000 m	216 lx (≥ 150 lx) ✓	148 lx	280 lx	0.69	0.53	S14

Perfil de uso: Zonas de tránsito dentro de edificios, Escaleras, escaleras mecánicas, cintas transportadoras

Glosario

A

A

Símbolo para una superficie en la geometría

Altura interior del local

Designación para la distancia entre el borde superior del suelo y el borde inferior del techo (para un local en su estado terminado).

Á

Área circundante

El área circundante limita directamente con el área de la tarea visual y debe contar con una anchura de al menos 0,5 m, según DIN EN 12464-1. Se encuentra a la misma altura que el área de la tarea visual.

Área de fondo

El área de fondo limita, según DIN EN 12464-1, con el área inmediatamente circundante y alcanza los límites del local. En el caso de locales grandes, el área de fondo tiene al menos 3 m de anchura. Es horizontal y se encuentra a la altura del suelo.

Área de la tarea visual

El área requerida para llevar a cabo una tarea visual según DIN EN 12464-1. La altura corresponde a la altura a la que se lleva a cabo la tarea visual.

C

CCT

(ingl. correlated colour temperature)

Temperatura del cuerpo de un proyector térmico, que se utiliza para la descripción de su color de luz. Unidad: Kelvin [K]. Entre menor sea el valor numérico, más rojo, a mayor valor numérico, más azul será el color de luz. La temperatura de color de lámparas de descarga gaseosa y semiconductores se denomina, al contrario de la temperatura de color de los proyectores térmicos, como "temperatura de color correlacionada".

Correspondencia entre colores de luz y rangos de temperatura de color según EN 12464-1:

Color de luz - temperatura de color [K]

blanco cálido (ww) < 3.300 K

blanco neutro (nw) ≥ 3.300 – 5.300 K

blanco luz diurna (tw) > 5.300 K

Cociente de luz diurna

Relación entre la iluminancia que se alcanza en un punto en el espacio interior, debida únicamente a la incidencia de luz diurna, y la iluminancia horizontal en el espacio exterior bajo cielo abierto.

Símbolo: D (ingl. daylight factor)

Unidad: %

Glosario

CRI	(ingl. colour rendering index) Denominación para el índice de reproducción cromática de una luminaria o de una fuente de luz según DIN 6169: 1976 o. CIE 13.3: 1995. El índice general de reproducción cromática Ra (o CRI) es un coeficiente adimensional que describe la calidad de una fuente de luz blanca en lo que respecta a su semejanza a una fuente de luz de referencia, en los espectros de remisión de 8 colores de prueba definidos (ver DIN 6169 o CIE 1974).
D	
Densidad lumínica	Medida de la "impresión de claridad" que el ojo humano percibe de una superficie. Es posible que la superficie misma ilumine o que refleje la luz que incide sobre ella (valor de emisor). Es la única dimensión fotométrica que el ojo humano puede percibir. Unidad: Candela por metro cuadrado Abreviatura: cd/m² Símbolo: L
E	
Eta (η)	(ingl. light output ratio) El grado de eficacia de funcionamiento de luminaria describe qué porcentaje del flujo luminoso de una fuente de luz de radiación libre (o módulo LED) abandona la luminaria instalada. Unidad: %
F	
Factor de degradación	Véase MF
Flujo luminoso	Medida para la potencia luminosa total emitida por una fuente de luz en todas direcciones. Es con ello un "valor de emisor" que especifica la potencia de emisión total. El flujo luminoso de una fuente de luz solo puede determinarse en el laboratorio. Se diferencia entre el flujo luminoso de lámpara o de módulo LED y el flujo luminoso de luminaria. Unidad: Lumen Abreviatura: lm Símbolo: Φ

Glosario

G

g1	Con frecuencia también U_o (ingl. overall uniformity) Denomina la uniformidad total de la iluminancia sobre una superficie. Es el cociente de E_{min} y E_{max} y se utiliza, entre otras, en normas para la especificación de iluminación en lugares de trabajo.
g2	Denomina en realidad la "desigualdad" de la iluminancia sobre una superficie. Es el cociente entre E_{min} y E_{max} y por lo general es relevante solo como evidencia de iluminación de emergencia según EN 1838.
Grado de reflexión	El grado de reflexión de una superficie describe qué cantidad de la luz incidente es reflejada. El grado de reflexión se define mediante la coloración de la superficie.

I

Iluminancia, adaptativa	Para la determinación de la iluminancia media adaptativa sobre una superficie, ésta se rasteriza en forma "adaptativa". En el área en que hay las mayores diferencias en iluminancia dentro de la superficie, la rasterización se hace más fina, en el área de menores diferencias, se realiza una rasterización más gruesa.
Iluminancia, horizontal	Iluminancia, calculada o medida sobre un plano horizontal (éste puede ser p.ej. una superficie de una mesa o el suelo). La iluminancia horizontal se identifica por lo general con las letras E_h .
Iluminancia, perpendicular	Iluminancia perpendicular a una superficie, medida o calculada. Este se debe considerar en superficies inclinadas. Si la superficie es horizontal o vertical, no existe diferencia entre la iluminancia perpendicular y la vertical u horizontal.
Iluminancia, vertical	Iluminancia, calculada o medida sobre un plano vertical (este puede ser p.ej. la parte frontal de una estantería). La iluminancia vertical se identifica por lo general con las letras E_v .
Intensidad lumínica	Describe la intensidad de luz en una dirección determinada (valor de emisor). La intensidad lumínica es el flujo luminoso Φ , entregado en un ángulo determinado Ω del espacio. La característica de emisión de una fuente de luz se representa gráficamente en una curva de distribución de intensidad luminosa (CDL). La intensidad lumínica es una unidad básica SI. Unidad: Candela Abreviatura: cd Símbolo: I

Glosario

Intensidad lumínica	Describe la relación del flujo luminoso que cae sobre una superficie determinada y el tamaño de esta superficie ($\text{lm}/\text{m}^2 = \text{lx}$). La iluminancia no está vinculada a una superficie de un objeto. Puede determinarse en cualquier punto del espacio (interior o exterior). La iluminancia no es una propiedad de un producto, ya que se trata de un valor del receptor. Para su medición se utilizan aparatos de medición de iluminancia.
	Unidad: Lux Abreviatura: lx Símbolo: E
L	
LENI	(ingl. lighting energy numeric indicator) Indicador numérico de energía de iluminación según EN 15193 Unidad: kWh/m^2 año
LLMF	(ingl. lamp lumen maintenance factor)/según CIE 97: 2005 Factor de mantenimiento de flujo luminoso de lámparas, tiene en cuenta la disminución del flujo luminoso de una lámpara o de un módulo LED en el curso de su tiempo de funcionamiento. El factor de mantenimiento de flujo luminoso de lámparas se especifica como número decimal y puede tomar un valor máximo de 1 (sin disminución de flujo luminoso).
LMF	(ingl. luminaire maintenance factor)/según CIE 97: 2005 Factor de mantenimiento de luminaria, tiene en cuenta el ensuciamiento de la luminaria en el curso de su tiempo de funcionamiento. El factor de mantenimiento de luminaria se especifica como número decimal y puede tomar un valor máximo de 1 (sin suciedad).
LSF	(ingl. lamp survival factor)/según CIE 97: 2005 Factor de supervivencia de la lámpara, tiene en cuenta el fallo total de una luminaria en el curso de su tiempo de funcionamiento. El factor de supervivencia de la lámpara se expresa como número decimal y puede tomar un valor máximo de 1 (dentro del tiempo considerado, no hay fallo, o sustitución inmediata tras un fallo).

Glosario

M

MF

(ingl. maintenance factor)/según CIE 97: 2005

Factor de mantenimiento, número decimal entre 0 y 1, describe la relación entre el valor nuevo de una dimensión de planificación fotométrica (p.ej. iluminancia) y el valor de mantenimiento tras un tiempo determinado. El factor de mantenimiento tiene en cuenta el ensuciamiento de lámparas y locales, así como la disminución de flujo luminoso y el fallo de fuentes de luz.

El factor de mantenimiento se considera en forma general aproximada o se calcula en forma detallada según CIE 97: 2005, por medio de la fórmula $RMF \times LMF \times LLMF \times LSF$.

O

Observador UGR

Punto de cálculo en el espacio, para el cual el DIALux determina el valor UGR. La posición y altura del punto de cálculo deben corresponder a la posición del observador típico (posición y altura de los ojos del usuario).

P

P

(ingl. power)

Consumo de potencia eléctrica

Unidad: Vatio

Abreviatura: W

Plano útil

Superficie virtual de medición o de cálculo a la altura de la tarea visual, por lo general sigue la geometría del local. El plano útil puede también dotarse de una zona marginal.

R

Rendimiento lumínico

Relación entre la potencia luminosa emitida Φ [lm] y la potencia eléctrica consumida P [W] Unidad: lm/W.

Esta relación puede formarse para la lámpara o el módulo LED (rendimiento lumínico de lámpara o del módulo), para la lámpara o módulo junto con su dispositivo de control (rendimiento lumínico del sistema) y para la luminaria completa (rendimiento lumínico de luminaria).

Glosario

RMF

(ingl. room surface maintenance factor)/según CIE 97: 2005

Factor de mantenimiento del local, tiene en cuenta el ensuciamiento de las superficies que rodean el local en el curso de su tiempo de funcionamiento. El factor de mantenimiento del local se especifica como número decimal y puede tomar un valor máximo de 1 (sin suciedad).

S

Superficie útil - Cociente de luz diurna

Una superficie de cálculo, dentro de la cual se calcula el cociente de luz diurna.

U

UGR (max)

(ingl. unified glare rating)

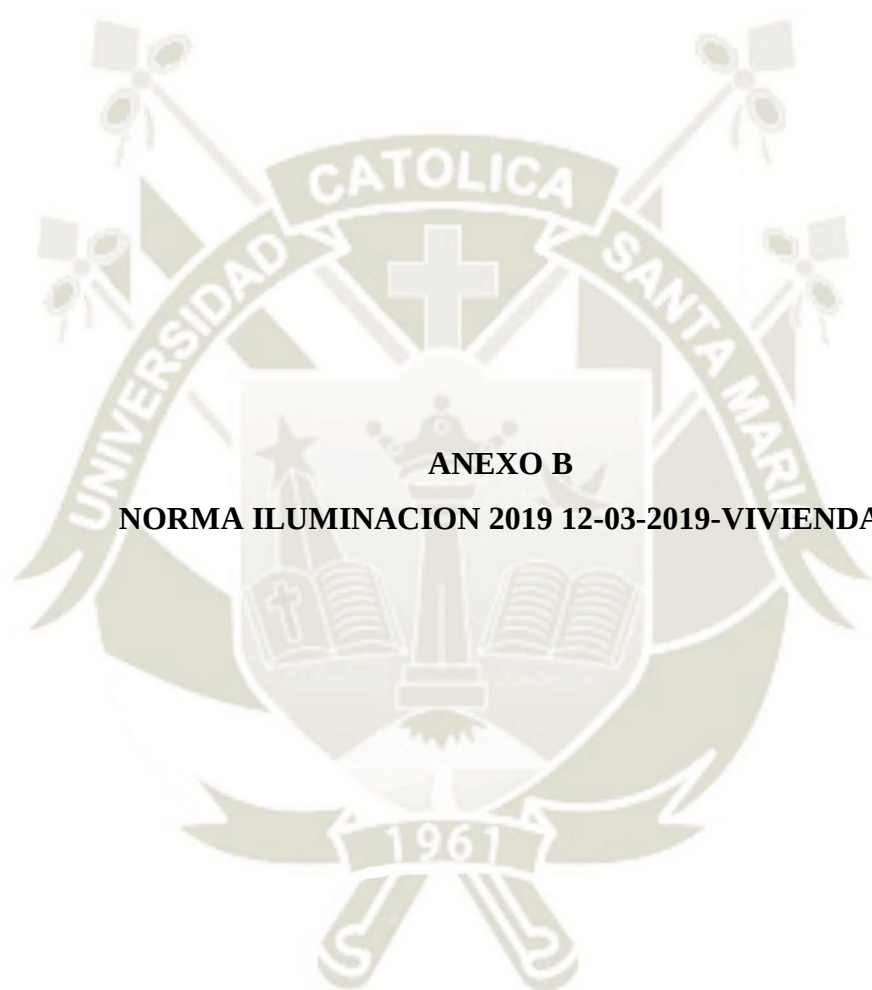
Medida para el efecto psicológico de deslumbramiento de un espacio interior.

Además de la luminancia de la luminaria, el valor UGR depende también de la posición del observador, la dirección de observación y la luminancia del entorno. Entre otras, en la norma EN 12464-1 se especifican valores UGR máximos permitidos para diversos lugares de trabajo en espacios interiores.

Z

Zona marginal

Zona circundante entre el plano útil y las paredes, que no se considera en el cálculo.



ANEXO B
NORMA ILUMINACION 2019 12-03-2019-VIVIENDA

El Peruano

FUNDADO EL 22 DE OCTUBRE DE 1825 POR EL LIBERTADOR SIMÓN BOLÍVAR

AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN Y LA IMPUNIDAD

Martes 12 de marzo de 2019



PERÚ

Ministerio
de Vivienda, Construcción
y Saneamiento

**RESOLUCIÓN MINISTERIAL
N° 083-2019-VIVIENDA**

NORMA TÉCNICA EM.010 INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERIORES DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

NORMAS LEGALES

SEPARATA ESPECIAL





Lima, 11 de marzo de 2019

VISTOS, el Memorándum N° 199-2019-VIVIENDA/VMCS-DGPRCS de la Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento; el Informe N° 239-2019-VIVIENDA/VMCS-DGPRCS-DC de la Dirección de Construcción; el Informe N° 005-2018-CPARNE de la Comisión Permanente de Actualización del Reglamento Nacional de Edificaciones; y,

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 6 de la Ley N° 30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento - MVCS, establece que este Ministerio es el órgano rector de las políticas nacionales y sectoriales dentro de su ámbito de competencia, que son de obligatorio cumplimiento por los tres niveles de gobierno en el marco del proceso de descentralización, y en todo el territorio nacional y tiene entre otras competencias exclusivas el dictar normas y lineamientos técnicos para la adecuada ejecución de las políticas nacionales y sectoriales;

Que, el numeral 1 del artículo 9 de la citada Ley establece entre las funciones exclusivas del MVCS, desarrollar y aprobar tecnologías, metodologías o mecanismos que sean necesarios para el cumplimiento de las políticas nacionales y sectoriales, en el ámbito de su competencia;

Que, el literal d) del artículo 82 del Reglamento de Organización y Funciones del MVCS, aprobado por Decreto Supremo N° 010-2014-VIVIENDA y su modificatoria aprobada por Decreto Supremo N° 006-2015-VIVIENDA, establece que la Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento, tiene entre sus funciones proponer actualizaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE, en coordinación con los sectores que se vinculen, en el marco de los Comités Técnicos de Normalización, según la normatividad vigente;

Que, mediante Decreto Supremo N° 015-2004-VIVIENDA se aprueba el Índice del RNE, aplicable a las Habilitaciones Urbanas y a las Edificaciones que se ejecuten a nivel nacional, estableciéndose en los artículos 1 y 3 de la citada norma, que el MVCS aprueba, mediante Resolución Ministerial, las normas técnicas y sus modificaciones de acuerdo al mencionado índice;

Que, mediante Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA se aprueban 66 Normas Técnicas del Reglamento Nacional de Edificaciones, entre las que se encuentra la Norma Técnica EM.010 "Instalaciones eléctricas interiores", y se crea la Comisión Permanente de Actualización del Reglamento Nacional de Edificaciones - CPARNE, encargada de analizar y formular las propuestas para la actualización de las Normas Técnicas del RNE;

Que, con el Informe N° 005-2018-CPARNE del 7 de setiembre de 2018, el Presidente de la Comisión Permanente de Actualización del Reglamento Nacional de Edificaciones, eleva la propuesta de modificación de la Norma Técnica EM.010 "Instalaciones eléctricas interiores", contenida en el numeral III.4 Instalaciones eléctricas y mecánicas, del Título III Edificaciones del RNE, aprobada por Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, la misma que ha sido materia de evaluación y aprobación por la mencionada Comisión conforme al Acta de aprobación de la Sexagésima Octava Sesión de fecha 18 de julio de 2018, que forma parte del expediente correspondiente;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 378-2018-VIVIENDA, publicada el 9 de noviembre de 2018, se dispone la publicación del proyecto de la Norma Técnica EM.010 "Instalaciones eléctricas interiores" del RNE, a efectos de recibir las sugerencias y comentarios de las entidades públicas, privadas y de la ciudadanía en general, dentro del plazo de diez (10) días hábiles y que, transcurrido dicho plazo, no se presentaron sugerencias o comentarios sobre la propuesta normativa;

Que, conforme al Memorándum N° 199-2019-VIVIENDA/VMCS-DGPRCS del 20 de febrero de 2019, sustentado en el Informe N° 239-2019-VIVIENDA/VMCS-DGPRCS-DC, la Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento del MVCS, fundamenta la modificación o actualización de la Norma Técnica EM.010 "Instalaciones eléctricas interiores", contenida en el numeral III.4 Instalaciones eléctricas y mecánicas, del Título III Edificaciones del RNE, aprobado por Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, con la finalidad de desarrollar con mayor precisión las condiciones de seguridad eléctrica de los distintos tipos de edificaciones en caso de corte de fluido eléctrico por emergencia, mejorar los estándares de iluminación y desarrollar con mayor detalle el contenido mínimo del proyecto técnico;

Que, resulta necesario aprobar la modificación de la Norma Técnica, a que se refiere el considerado que antecede, conforme a lo opinado por la Comisión Permanente de Actualización del Reglamento Nacional de Edificaciones y la Dirección de Construcción de la Dirección General de Política y Regulación en Construcción y Saneamiento;

De conformidad con lo dispuesto en el literal b) del artículo 23 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; Ley N° 30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; su Reglamento de Organización y Funciones, aprobado por Decreto Supremo N° 010-2014-VIVIENDA, modificado por Decreto Supremo N° 006-2015-VIVIENDA; y, el Decreto Supremo N° 015-2004-VIVIENDA que aprueba el Índice del Reglamento Nacional de Edificaciones;

SE RESUELVE:

Artículo 1.- Modificación de la Norma Técnica EM.010 "Instalaciones eléctricas interiores" del Reglamento Nacional de Edificaciones

Modifícase la Norma Técnica EM.010 "Instalaciones eléctricas interiores" del numeral III.4 Instalaciones eléctricas y mecánicas, del Título III Edificaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE, aprobado por Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, con la finalidad de desarrollar con mayor precisión las condiciones de seguridad eléctrica de los distintos tipos de edificaciones en caso de corte de fluido eléctrico por emergencia, mejorar los estándares de iluminación y desarrollar con mayor detalle el contenido mínimo del proyecto técnico.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos

En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Encárguese a la Oficina General de Estadística e Informática la publicación de la presente Resolución Ministerial y de la Norma Técnica a que se refiere el artículo precedente, en el Portal Institucional del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (www.vivienda.gob.pe), el mismo día de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

Única.- Normativa aplicable a proyectos de inversión en ejecución

La Norma Técnica modificada por la presente Resolución Ministerial, no es de aplicación a los proyectos de inversión pública o privada que, a la fecha de su vigencia, cuenten con expediente técnico aprobado en el marco del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones - Invierte.pe, o cuenten con una solicitud de licencia de edificación en trámite ante la municipalidad respectiva, siendo de aplicación a estos las disposiciones de la Norma Técnica EM.010 "Instalaciones eléctricas interiores" del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobado por Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

JAVIER PIQUÉ DEL POZO
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

**NORMA TÉCNICA EM.010
INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERIORES
DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES**

ÍNDICE

Capítulo I DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1. - Objeto

Artículo 2.- Finalidad

Artículo 3.- Ámbito de aplicación

Artículo 4. - Componentes de las instalaciones eléctricas interiores

Artículo 5. - Definiciones

Capítulo II LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERIORES EN EDIFICACIONES

Artículo 6. - Requisitos de iluminación

Artículo 7. - Evaluación de la demanda

Artículo 8. - Documentación técnica de un proyecto de instalación eléctrica

Artículo 9. - Construcción por etapas

Artículo 10. - Instalaciones eléctricas provisionales

Artículo 11. - Suministro de energía eléctrica de emergencia

Anexo REQUISITOS MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN

Capítulo I

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1.- Objeto

Establecer los lineamientos técnicos mínimos que se deben considerar para el diseño y construcción de las instalaciones eléctricas interiores.

Artículo 2.- Finalidad

Proveer de niveles adecuados de seguridad eléctrica en las edificaciones que garanticen la salud de las personas y el suministro continuo de energía eléctrica.

Artículo 3.- Ámbito de aplicación

3.1. Las disposiciones de esta Norma Técnica son de aplicación obligatoria a toda instalación eléctrica en los distintos tipos de edificaciones incluidos en el presente Reglamento.

3.2. Debe cumplirse, tanto en edificaciones nuevas, ampliaciones, remodelaciones, refacciones, acondicionamientos, puesta en valor histórico monumental, y en general, cualquier proyecto que modifica o requiere una instalación eléctrica segura, así como en toda edificación, independientemente de la antigüedad de su construcción, según lo disponga la Autoridad, debido a las condiciones de riesgo que se identifiquen.

3.3. Las instalaciones eléctricas en edificaciones están reguladas por el Código Nacional de Electricidad - Utilización y corresponden a las instalaciones que se efectúan a partir de la acometida o punto de entrega hasta los puntos de utilización.

3.4. Siendo la presente Norma Técnica de alcance para todo el territorio nacional, el proyectista considera el contexto operativo y el diseño con fines especiales como la seguridad de la edificación para incorporar en el proyecto las consideraciones que garanticen la seguridad de sus ocupantes.

3.5. En todo lo no indicado de manera expresa en la presente norma, los estándares deben basarse, en primer orden, en una norma técnica peruana y reglamentos técnicos emitidos por las autoridades competentes. En caso de no existir, se deben aplicar supletoriamente las normas en el orden siguiente: las normas IEC o ISO en su edición más reciente y normas de instituciones reconocidas a nivel internacional.



Artículo 4.- Componentes de las instalaciones eléctricas interiores

Las instalaciones eléctricas interiores comprenden: acometida o punto de entrega, alimentadores, tableros, circuitos derivados, sistemas de protección y control, sistemas de medición y registro, sistema de puesta a tierra y otros definidos por el Projectista.

Artículo 5.- Definiciones

Para los fines de la presente Norma Técnica, se aplican los términos incluidos en el Código Nacional de Electricidad - Utilización, además de las siguientes definiciones o siglas:

5.1. Autoridad.- Cualquier ente rector, normativo, de supervisión o fiscalización relacionado con las instalaciones eléctricas de edificaciones, seguridad en general o de prevención de riesgos.

5.2. CIE (Commission Internationale de l'Eclairage).- (Comisión Internacional de Iluminación)

5.3. Conexión.- Conjunto de componentes e instalaciones que están comprendidos desde el punto de entrega (punto de suministro) hasta los bornes de salida del contador de energía.

5.4. Deslumbamiento.- Condición de visión en la que hay incomodidad o reducción en la aptitud para distinguir detalles u objetos, debido a una distribución o rango de luminancia inadecuado, o a contrastes extremos.

5.5. EDE (Empresa de Distribución Eléctrica).- Titular de una concesión de distribución eléctrica y que tiene la responsabilidad de fijar el punto de diseño y el punto de entrega.

5.6. Edificación.- Construcción preexistente o resultado de construir una obra cuyo destino es albergar al hombre y/o animales, incluyendo las instalaciones fijas y complementarias adscritas a ella.

5.7. Em.- Iluminancia mantenida (unidad: lx). Valor por debajo del cual no debe descender la iluminación media en la superficie especificada. Es la iluminancia media en el período en el que debe realizarse el mantenimiento.

5.8. Factor de mantenimiento.- Cociente entre la iluminancia media sobre el plano de trabajo después de un cierto período de uso de una instalación de alumbrado y la iluminancia media obtenida bajo las mismas condiciones para la instalación. El factor de mantenimiento de una instalación es la relación entre la iluminancia mantenida y la iluminancia inicial.

Las pérdidas de luz tienen en cuenta la acumulación de suciedad sobre la luminaria y las superficies de la habitación y la depreciación de la lámpara.

5.9. IEC (International Electrotechnical Commission).- Comisión Electrotécnica Internacional. Organización de normalización en los campos: eléctrico, electrónico y tecnologías relacionadas. Está integrada por los organismos nacionales de normalización, en las áreas antes indicadas.

5.10. ISO (International Organization for Standardization).- Organización Internacional de Normalización. Organización para la creación de estándares internacionales compuesta por diversas organizaciones de estandarización.

5.11. NTP.- Norma Técnica Peruana, elaborada por los Comités Técnicos de Normalización del Instituto Nacional de la Calidad.

5.12. Proyecto de instalación eléctrica en edificaciones.- Conjunto de documentos que determinan en forma explícita las características, requisitos y especificaciones necesarias para la ejecución de la obra de instalaciones eléctricas. Está constituido por: planos por especialidades, especificaciones técnicas, metrados y presupuestos, análisis de precios unitarios, cronograma de ejecución y memorias descriptivas, la relación de ensayos y/o pruebas que se requieren.

La construcción de instalaciones eléctricas interiores debe ser realizada por personal técnico calificado y certificado.

5.13. Propietario.- Persona natural o jurídica que acredita ser titular del dominio del predio al que se refiere una obra.

5.14. Projectista.- Profesional competente que tiene a su cargo la ejecución de una parte del proyecto de una obra.

5.15. Punto de entrega.- Punto de empalme a las instalaciones eléctricas autorizadas por la EDE, a partir de dicho punto de conexión inicia las instalaciones eléctricas.

5.16. Punto de diseño.- Es el lugar asignado por la EDE a partir del cual se debe iniciar el proyecto del Sistema de Utilización en media tensión.

5.17. R_a .- Índice de reproducción cromática.

5.18. Sistema de protección contra el rayo.- Sistema completo empleado para reducir los daños físicos por las descargas de rayos en una edificación, infraestructura y ocupantes.

5.19. Sistema de utilización.- Conjunto de instalaciones eléctricas en media tensión, comprendida desde el Punto de Diseño hasta los bornes de baja tensión del transformador.

5.20. Suministro eléctrico (suministro).- Servicio eléctrico prestado por la EDE, de acuerdo a características técnicas y comerciales establecidas en el respectivo contrato de suministro. Conjunto de instalaciones que permiten la alimentación de la energía eléctrica en forma segura.

5.21. T_{cp} .- Temperatura de color correlacionada. Temperatura de un radiador de Plankian cuyo color percibido es el más parecido al de un estímulo dado a la misma luminosidad y bajo condiciones de visión especificadas (unidad: K).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos.
En su investigación no olvide referenciar esta tesis.

5.22. E_{min} .- Iluminancia mínima. Relación o cociente entre la iluminancia (luminancia) mínima y la iluminancia (luminancia) media sobre (de) una superficie.

Las definiciones especificadas en el Código Nacional de Electricidad – Utilización también son de aplicación en la presente norma.

LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERIORES EN EDIFICACIONES

Artículo 6.- Requisitos de iluminación

6.1. En la elaboración del proyecto de instalación eléctrica en edificaciones, los proyectistas deben realizar cálculos de iluminación (artificial y/o natural) convencionales o mediante programas de cómputo a fin de cumplir lo indicado en el Anexo, definiendo la calidad de la iluminación según el tipo de tarea visual o actividad a realizar en dichos ambientes, de acuerdo a los requerimientos y a la actualización tecnológica del sector. Las condiciones de iluminación se dan protegiendo la salud de las personas y animales, evitando la contaminación lumínica.

6.2. La elección de la temperatura de color (T_{cp}) depende del nivel de iluminancia, colores del mobiliario, clima circundante y la aplicación. En el Anexo, se da una franja restrictiva de temperaturas de color adecuadas para aplicaciones específicas. Estas son aplicables para luz diurna así como para luz artificial.

6.3. El valor mínimo del índice de reproducción cromática para distintos tipos de edificaciones (áreas), tareas o actividades se muestra en el Anexo.

6.4. Los sistemas de iluminación se diseñan para evitar el parpadeo y los efectos estroboscópicos.

6.5. El proyecto de iluminación se diseña con un factor de mantenimiento (FM) calculado para el equipo de alumbrado seleccionado, ambiente y programa de mantenimiento especificado.

El factor de mantenimiento depende de las características de mantenimiento de la lámpara y del mecanismo de control, la luminaria, el ambiente y el programa de mantenimiento, por lo que, se diseña el esquema de iluminación con el FM para la(s) lámpara(s), luminaria(s), superficies reflectantes, ambiente y programa de mantenimiento especificado.

El proyectista debe establecer el factor de mantenimiento y anotar todas las suposiciones hechas en el establecimiento de su valor, especificar la luminaria adecuada para el ambiente de aplicación; y definir los lineamientos del programa de mantenimiento completo que incluya la frecuencia de reemplazo de lámparas y luminarias y los intervalos de limpieza de las luminarias, así como el método de limpieza.

6.6. La iluminancia para cada área está dada como iluminancia mantenida.

6.7. El diseño debe cumplir los requisitos de iluminación de una tarea o espacio en particular de una forma eficiente. Es importante no comprometer los aspectos visuales de una instalación de iluminación simplemente para reducir el consumo de energía. Los niveles de iluminancia como se establecen en la presente Norma, son los valores de iluminancia mínimos medios y tienen que mantenerse en este nivel o por encima. Se toma en cuenta la Norma EM.110 "Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética" del RNE.

6.8 En el caso de utilizar un programa de cómputo, el proyectista consigna en la memoria de cálculo el archivo fuente utilizado en formato digital, que incluya los datos y/o parámetros de entrada considerados en el diseño de iluminación, así como los resultados correspondientes, inclusive el reporte de consumo energético del proyecto.

6.9 Los proyectistas también deben considerar las disposiciones vigentes incluidas en las Normas vinculadas a iluminación y alumbrado de la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía Minas y las normas internacionales como la Organización Mundial de Salud, relacionadas a la iluminación.

Artículo 7.- Evaluación de la demanda

7.1. Los proyectos incluyen necesariamente un análisis de la potencia instalada y máxima demanda de potencia que requieran las instalaciones proyectadas.

7.2. La evaluación de la demanda puede realizarse por cualquiera de los dos métodos indicados en el Código Nacional de Electricidad - Utilización, los cuales se describen:

Método 1: Considerando las cargas realmente a instalarse en la edificación (proyectadas), los factores de demanda y simultaneidad que se obtienen durante la operación de la instalación.

Método 2: Considerando las cargas unitarias y los factores de demanda que estipula el Código Nacional de Electricidad - Utilización o las Normas DGE correspondientes. El factor de simultaneidad es asumido y justificado por el proyectista.

Artículo 8.- Documentación técnica de un proyecto de instalación eléctrica

Un Proyecto de instalación eléctrica en edificaciones consta de lo siguiente, según corresponda la naturaleza de la edificación:

1. Certificado de factibilidad de servicios para obra nueva de vivienda multifamiliar o fines diferentes al de vivienda, salvo que la edificación no requiera conectarse al servicio público de electricidad.

2. Memoria descriptiva: Se indican las características del proyecto de instalaciones eléctricas, considerando la ubicación, descripción arquitectónica, nombre del proyectista, área libre y área techada, normativa aplicada y criterios técnicos utilizados. Se debe indicar los alcances del proyecto según corresponda a la edificación:

a) Instalaciones eléctricas en general (circuitos derivados de alumbrado, tomacorrientes, fuerza y cargas especiales).

b) Sistemas de protección (puesta a tierra, contra sobrecorrientes, contra sobretensiones).

d) Sistemas de protección contra el rayo según las características del entorno.

e) Cargas del sistema de aire acondicionado

f) Sistemas de generadores de electricidad (mediante energías renovables y no renovables).

g) Otras cargas

3. Memoria de cálculo: Descripción y formulación de los parámetros de cálculo de los diferentes diseños, detallando el sustento correspondiente.

a) Instalaciones eléctricas en general (circuitos derivados de alumbrado, tomacorrientes, fuerza y cargas especiales).

b) Iluminación (respecto a la luz, iluminación emitida por los elementos y/o equipo de iluminación)

c) Sistemas de protección (puesta a tierra; contra sobre corrientes; contra sobretensiones).

d) Sistemas de protección contra el rayo según las características del entorno.

e) Cargas del sistema de aire acondicionado

f) Sistemas de generadores de electricidad (mediante energías renovables y no renovables).

g) Otras cargas

4. Especificaciones técnicas: Descripción de las características específicas y normas de fabricación de cada uno de los materiales y/o equipos a utilizarse; cumpliendo las Normas Técnicas Peruanas, Reglamentos Técnicos vigentes y Normas Técnicas de la IEC, según lo indicado en el artículo 3 de la presente Norma Técnica.

a) Instalaciones eléctricas en general (circuitos derivados de alumbrado, tomacorrientes, fuerza y cargas especiales).

b) Iluminación (elementos y/o equipo de iluminación)

c) Sistemas de protección (puesta a tierra; contra sobre corrientes; contra sobretensiones).

d) Sistemas de protección contra el rayo según las características del entorno.

e) Cargas del sistema de aire acondicionado

f) Sistemas de generadores de electricidad (mediante energías renovables y no renovables).

g) Otras cargas

5. Planos correspondientes: Muestra de forma didáctica y ordenada todos los elementos que interviene en las instalaciones, en los planos se presenta de forma gráfica, con detalles las características básicas de los elementos y componentes, su ubicación. Asimismo, toda información considerada relevante para las instalaciones.

a) Instalaciones eléctricas en general: Se presenta el esquema unifilar del tablero general o principal, tableros de distribución, cuadro de cargas que indique: potencia instalada, demanda máxima y potencia contratada, detalles de instalación de equipos especiales.

i) Acometida, tablero general

ii) Tableros, alimentadores

iii) Montantes

iv) Circuitos derivados de alumbrado

v) Circuitos derivados de tomacorrientes.

vi) Circuitos de fuerza

vii) Circuito de cargas especiales

b) Iluminación

c) Sistemas de protección (puesta a tierra; contra sobre corrientes; contra sobretensiones).

d) Sistemas de protección contra el rayo según las características del entorno.

e) Sistemas de aire acondicionado

f) Sistemas de generadores de electricidad (mediante energías renovables y no renovables).

g) Otras cargas

Los planos son presentados en hojas de tamaño y formatos normalizados según la NTP 272.002 y NTP 833.001, doblados al tamaño A4 conforme a la NTP 833.002 debiendo quedar a la vista el rótulo respectivo, donde figuran el nombre completo y número de registro del Colegio de Ingenieros del Perú del Profesional Responsable (Ing. electricista o Ing. mecánico-electricista); así como su firma y sello reconocido por el Colegio de Ingenieros del Perú.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos

En su investigación no olvide referenciar esta tesis

De acuerdo a la naturaleza y magnitud del proyecto, los planos pueden ser:

- Planos generales: Para que mediante la aplicación de los símbolos gráficos normalizados de electricidad se presente la distribución de las salidas, esquemas unifilares (con indicación de potencia instalada, demanda máxima, tensión de distribución, capacidad de ruptura de los interruptores, número de fases, tipo de instalación), leyenda, especificaciones técnicas, cuadro de potencia instalada y demanda máxima. El plano debe ser desarrollado en escala 1:50 o 1:75.

- Planos de conjunto, cuando se requiera: Para identificar la posición relativa de las edificaciones del proyecto y las redes eléctricas exteriores correspondientes. El plano debe ser desarrollado en escala 1:100, 1:200 o 1:500.

- Planos de detalle: Para una mejor identificación o comprensión de algunos elementos o parte de los diseños del proyecto, tales como: banco de medidores, sistema de puesta a tierra, tableros, bandejas portacables, ductos barra, otros. Estos detalles deben de ser desarrollados en escala 1:20 o 1:25.

En la elaboración de planos, memorias descriptivas y memorias de cálculo debe cumplirse con las últimas ediciones vigentes de las siguientes normas:

i) NTP 272.002 Papeles. Lista de aplicación de los formatos de la serie A INTINTEC

ii) NTP 833.001 Dibujo Técnico. Formato de Láminas

iii) NTP 833.002 Dibujo Técnico. Plegado de Láminas

iv) R.M. 091-2002-EM/VME Norma DGE – Símbolos Gráficos en Electricidad

v) R.M. 091-2002-EM/VME Norma DGE – Terminología en Electricidad

6. Al finalizar la construcción de las instalaciones eléctricas de la edificación, se deben realizar pruebas técnicas sobre las instalaciones eléctricas, para asegurar la operatividad, funcionalidad, calidad y seguridad, cuyos resultados se adjuntarán al certificado de finalización de obra según corresponda.

a) Instalaciones eléctricas en general (circuitos derivados de alumbrado, tomacorrientes, fuerza y cargas especiales).

b) Iluminación (respecto a la luz, iluminación emitida por los elementos y/o equipo de iluminación, temperatura de los equipos complementarios).

c) Sistemas de protección (puesta a tierra; contra sobre corrientes; contra sobretensiones).

d) Sistemas de protección contra el rayo según las características del entorno.

e) Cargas del sistema de aire acondicionado

f) Sistemas de generadores de electricidad (mediante energías renovables y no renovables).

g) Otras cargas

Artículo 9.- Construcción por etapas

Cuando las instalaciones de un proyecto se vayan a construir por etapas:

a) Se debe elaborar el proyecto completo, dejando claramente establecido cada una de las etapas, y,

b) En el caso que no se puedan definir las cargas de alguna de las etapas, se debe prever lo necesario y suficiente para atender las futuras etapas tales como: circuitos de reserva en el tablero eléctrico, canalizaciones, etc.

Artículo 10.- Instalaciones eléctricas provisionales

Las instalaciones eléctricas provisionales deben cumplir con lo establecido en esta misma Norma Técnica, así como con el Código Nacional de Electricidad y las normas DGE del Ministerio de Energía y Minas.

Artículo 11.- Suministro de energía eléctrica de emergencia

11.1. Todas las edificaciones no residenciales y los edificios multifamiliares, deben contar con instalaciones de iluminación de emergencia en las rutas de evacuación.

11.2. Todas las edificaciones calificadas por la Norma Técnica E.030 Diseño Sismoresistente, como edificaciones esenciales (salvo los grandes hornos, fábricas, depósitos de materiales inflamables o tóxicos y edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado) así como las edificaciones importantes (terminales de pasajeros y los establecimientos penitenciarios) deben tener elementos, equipos y una infraestructura para suministro de energía eléctrica de emergencia que permita la continuidad, de forma automática, del servicio para las cargas necesarias, según análisis técnico, a fin que no se suspenda en ningún momento la energía eléctrica.

11.3. En el caso de establecimientos de salud, el diseño del suministro de energía eléctrica de emergencia (generador) debe calcularse, como mínimo, para el 100% de la potencia instalada.

ANEXO

REQUISITOS MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN

La composición de las tablas es la siguiente:

Columna 1: Enumera el código para cada área interior, tarea o actividad.

Columna 2: Enumera aquellas áreas, tareas o actividades, para las que están dados los requisitos específicos. Si el área o tarea no coincide con una de las áreas o tareas dadas, deben adoptarse los valores dados para una situación similar y comparable.

En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Columna 3: Proporciona la iluminancia mantenida en la superficie de referencia para el área interior, tarea o actividad dada en la columna 2. La iluminancia media para cada tarea no debe caer por debajo del valor dado, independientemente de la edad, y el estado de la instalación. Los valores son válidos para condiciones visuales normales, sin embargo, pueden incrementarse, cuando:



- a) El trabajo visual es crítico,
- b) Los errores son costosos de rectificar,
- c) La exactitud, la mayor productividad o la concentración incrementada son de gran importancia,
- d) Los detalles de la tarea son de tamaño inusualmente pequeño o de bajo contraste.
- e) La tarea es realizada durante un tiempo inusualmente largo, o
- f) La capacidad visual del trabajador está por debajo de lo normal.

Columna 4: Proporciona los límites de UGR máximos (límite de Índice de Deslumbramiento Unificado, UGR_L) que son aplicables a la situación recogida en la columna 2.

Columna 5: Proporciona la uniformidad de iluminancia mínima U_o sobre la superficie de referencia para la iluminancia mantenida dada en la columna 3.

Columna 6: Proporciona los índices de reproducción cromática (Ra) para la situación recogida en la columna 2.

Columna 7: Proporciona los requisitos específicos para las situaciones recogidas en la columna 2.

REQUISITOS MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN

1. VIVIENDA						
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em lux	UGR _L	U _o	R _a	Requisitos específicos
1.1	Zona privada					
	Dormitorio	50				
	Baño	100				
	Baño (zona de espejo)	500				
	Cocina	300				
	Sala, Sala de estar	100				
	Comedor	100				
	Estudios, almacenes, depósitos, walking closet, cuartos de trabajo doméstico (planchado, lavandería y similares)	500				
	Patios, zonas abiertas	20				
	Estacionamientos bajo techo	50				
1.2	Zonas comunes (aplicable a zonas comunes de cualquier tipo de edificación)					
	Vestíbulos de entrada	100	22		60	
	Salas de estar (pública)	200	22		80	
	Áreas de circulación y pasillos	100	28	0,40	40	1 Iluminancia al nivel del suelo 2 Ra y UGR similares a áreas adyacentes 3 150 lux si hay vehículos en el recorrido 4 El alumbrado de salidas y entradas debe proporcionar una zona de transición para evitar cambios repentinos en iluminancia entre interior y exterior de día o de noche 5 Debe evitarse el deslumbramiento de conductor y peatones
	Escaleras, escaleras mecánicas y transportadores (de personas)	150	25	0,40	40	Requiere contraste mejorado sobre los escalones
	Ascensores, montacargas	100	25	0,40	40	El nivel de iluminación en frente del montacargas debe ser al menos Em = 200 lx
	Rampas/andenes/patios de carga	150	25	0,40	40	

2. EDUCACIÓN						
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em lux	UGR _L	U _o	R _a	Requisitos específicos
	Sala de juegos	300	22	0,40	80	Debe evitarse altas luminancias en las direcciones de visión desde abajo mediante la utilización de coberturas difusas

2. EDUCACIÓN						
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em lux	UGR _L	U _o	R _a	Requisitos específicos
	Guarderías	300	22	0,40	80	Debe evitarse altas luminancias en las direcciones de visión desde abajo mediante la utilización de coberturas difusas
	Sala de manualidades	300	19	0,60	80	
	Aulas de profesores	300	19	0,60	80	La iluminación debe ser controlable
	Aulas para clases nocturnas y de educación de adultos	500	19	0,60	80	La iluminación debe ser controlable
	Salas de lectura	500	19	0,60	80	La iluminación debe ser controlable para colocar varias A/V necesarias
	Zona de pizarra	500	19	0,70	80	Deben evitarse las reflexiones especulares El presentador/profesor debe iluminarse con la iluminancia vertical adecuada
	Mesa de demostraciones	500	19	0,70	80	En salas de lectura 750 lx
	Locales de artes y oficios	500	19	0,60	80	
	Locales de artes (en escuelas de arte)	750	19	0,70	90	5 000 K ≤ T _{CP} < 6 500 K
	Salas de dibujo técnico	750	16	0,70	80	
	Locales de prácticas y laboratorios	500	19	0,60	80	
	Aulas de manualidades	500	19	0,60	80	
	Taller de enseñanza	500	19	0,60	80	
	Locales de prácticas de música	300	19	0,60	80	
	Locales de prácticas de computación	300	19	0,60	80	
	Laboratorio de idiomas	300	19	0,60	80	
	Locales y talleres de preparación	500	22	0,60	80	
	Vestíbulo de entrada	200	22	0,40	80	
	Áreas de circulación, pasillos	100	25	0,40	80	
	Escaleras	150	25	0,40	80	
	Locales comunes de estudiantes y salas de reuniones	200	22	0,40	80	
	Locales de maestros	300	19	0,60	80	
	Biblioteca: estanterías	200	19	0,60	80	
	Biblioteca: áreas de lectura	500	19	0,60	80	
	Almacenes de material de profesores	100	25	0,40	80	
	Salas deportivas, gimnasios y piscinas	300	22	0,60	80	En caso de no existir norma internacional véase la Norma EN 12193 para las condiciones de entrenamiento
	Cocina	500	22	0,60	80	

3. SALUD						
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em lux	UGR _L	U _o	R _a	Requisitos específicos
3.1	Salas de uso general					
	Salas de espera	200	22	0,40	80	Deben impedirse luminancias demasiado elevadas en el campo de visión de los pacientes
	Corredores: durante el día	100	22	0,40	80	Iluminancia a nivel del suelo
	Corredores: durante la noche	22	22	0,40	80	Iluminancia a nivel del suelo
	Salas de consulta médica	500	19	0,60	80	
	Salas para consulta médica	500	16	0,60	90	T _{cp} 4 000 k, como mínimo
	Ascensores para personas y visitantes	100	22	0,60	80	Iluminancia a nivel del suelo



3. SALUD						
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em lux	UGR _L	U _o	R _a	Requisitos específicos
	Ascensores de servicio y montacargas	200	22	0,60	80	Iluminancia a nivel del suelo
3.2	Salas de personal					
	Oficina del personal	500	19	0,60	80	
3.3	Salas de guardia, salas de maternidad					
	Iluminación general	100	19	0,40	80	Iluminancia a nivel del suelo
	Iluminación para la lectura	300	19	0,70	80	
	Exámenes generales	300	19	0,60	80	
	Exámenes específicos y tratamiento de maternidad	1 000	19	0,70	90	
	Iluminación nocturna, iluminación de observación	5	-	-	80	
	Baños y tocadores para pacientes	200	22	0,40	80	
3.4	Salas de exámenes generales					
	Alumbrado general (Salas de examen)	500	19	0,60	90	4 000 K ≤ T _{CP} ≤ 5 000 K
	Examen y tratamiento	1 000	19	0,70	90	
3.5	Salas de examen ocular					
	Alumbrado general	500	19	0,60	90	4 000 K ≤ T _{CP} ≤ 5 000 K
	Exámenes ocular	1 000	-	-	90	
	Prueba de lectura y visión cromática con diagrama de visión.	500	16	0,70	90	
3.6	Salas de examen auditivo					
	Alumbrado general	300	19	0,60	80	
	Examen auditivo	1 000	-	-	90	
3.7	Salas de escáner					
	Alumbrado general	300	19	0,60	80	
	Escáners con aumentadores de imágenes y sistemas de TV	50	19	-	80	
3.8	Salas de parto					
	Alumbrado general	300	19	0,60	90	
	Examen y tratamiento	1 000	19	0,70	90	
	Salas de tratamiento (general)					
	Salas de diálisis	500	19	0,60	80	
	Salas de dermatología	500	19	0,60	90	
	Salas de endoscopías	300	19	0,60	80	
	Salas de enyesar	500	19	0,60	80	
	Baños de médicos	300	19	0,60	80	
	Masaje y radioterapia	300	19	0,60	80	
3.9	Áreas de operación					
	Salas pre-operatorias y de recuperación	500	19	0,60	90	
	Sala de operaciones	1000	19	0,60	90	
	Iluminación general	100	19	0,60	90	Iluminancia a nivel del suelo
	Exámenes sencillos	300	19	0,60	90	Iluminancia a nivel del suelo

3. SALUD						
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em lux	UGR _L	U _o	R _a	Requisitos específicos
	Exámenes y tratamiento	1 000	19	0,70	90	Iluminancia a nivel del suelo
	Vigilancia nocturna	20	19	–	90	
	Dentistas:					
	Iluminación general	500	19	0,60	90	La iluminación debe estar libre de deslumbramiento para el paciente
	En el paciente	1 000	-	0,70	90	
	Quirófano	-	-	–	-	En la Norma EN ISO 9680 se dan requisitos específicos
	Maquinado de diente blanco	-	-	–	-	En la Norma EN ISO 9680 se dan requisitos específicos
3.11	Laboratorios y farmacias					
	Alumbrado general	500	19	0,60	80	
	Inspección de colores	1 000	19	0,70	90	6 000 K ≤ T _{CP} ≤ 6 500 K
3.12	Salas de descontaminación					
	Salas de esterilización	300	22	0,60	80	
	Salas de desinfección	300	22	0,60	80	
3.13	Sala de autopsias y depósitos mortuorios					
	Alumbrado general	500	19	0,60	90	
	Mesa de autopsias y mesa de disección	5 000	-	-	90	Pueden requerirse valores mayores de 5 000 lx

4. INDUSTRIA						
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em lux	UGR _L	U _o	R _a	Requisitos específicos
4.1	Agricultura					
	Carga y operación de mercancías y equipos y maquinaria de manipulación de mercancías	200	25	0,40	80	
	Edificación para ganadería	50		0,40	40	
	Sala de veterinaria, establos para parir	200	25	0,40	80	
	Preparación de alimentos, lechería, lavado de utensilios	200	25	0,60	80	
	Panaderías					
	Preparación y horneado	300	22	0,60	80	
	Terminado, escarchado, decoración	500	22	0,70	80	
4.2	Cemento, artículos de cemento, concreto, ladrillos					
	Secado	50	28	0,40	20	Se deben reconocer los colores de seguridad
	Preparación de materiales, trabajo en hornos y mezcladores	200	28	0,40	40	
	Trabajo en máquinas en general	300	25	0,60	80	
	Encofrado	300	25	0,60	80	
4.3	Cerámicas, tejas, vidrio, artículos de vidrio					
	Secado	50	28	0,40	20	
	Preparación, trabajo en máquinas en general	300	25	0,60	80	



4. INDUSTRIA						
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em lux	UGR _L	U _o	R _a	Requisitos específicos
	Esaltado, laminado, prensado, conformación de partes sencillas, escarchado, soplado del vidrio	300	25	0,60	80	
	Trituración, estampado, pulido del vidrio, conformación de partes precisas, fabricación de instrumentos de vidrio	750	19	0,70	80	
	Trabajo de precisión, por ejemplo, triturado decorativo, pintura a mano	750	16	0,70	80	
	Trabajo de precisión, por ejemplo, triturado decorativo, pintura a mano	1 000	16	0,70	90	4 000 K ≤ T _{CP} ≤ 6 500 K
	Fabricación de piedras preciosas sintéticas	1 500	16	0,70	90	4 000 K ≤ T _{CP} ≤ 6 500 K
4.4	Industria química, de plásticos y de caucho					
	Instalaciones de procesamiento operadas a distancia	50		0,40	20	Se deben reconocer los colores de seguridad
	Instalaciones de procesamiento con intervención manual limitada	150	28	0,40	40	
	Puestos de trabajo atendidos constantemente en instalaciones de procesamiento	300	25	0,60	80	
	Locales de mediciones precisas, laboratorios	500	19	0,60	80	
	Producción farmacéutica	500	22	0,60	80	
	Producción de neumáticos	500	22	0,60	80	
	Inspección de colores	1 000	16	0,70	90	4 000 K ≤ T _{CP} ≤ 6 500 K
	Corte, acabado, inspección	750	19	0,70	80	
4.5	Industria eléctrica					
	Fabricación de cable e hilos	300	25	0,60	80	
	Bobinado:					
	– Bobinas grandes	300	25	0,60	80	
	– Bobinas de tamaño mediano	500	22	0,60	80	
	– Bobinas pequeñas	750	19	0,70	80	
	Impregnación de devanados	300	25	0,60	80	
	Galvanización	300	25	0,60	80	
	Trabajo de montaje:					
	– obra gruesa, por ejemplo, transformadores grandes	300	25	0,60	80	
	– mediano, por ejemplo, centros generales de distribución	500	22	0,60	80	
	– fino, por ejemplo, teléfonos	750	19	0,70	80	
	– de precisión, por ejemplo, equipos	1 000	16	0,70	80	
		1 500	16	0,70	80	
4.6	Productos alimenticios e industria de alimentos de lujo					

4. INDUSTRIA						
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em lux	UGR _L	U _o	R _a	Requisitos específicos
	Puestos y zonas de trabajo en cervecerías, piso de germinación de malta, lavado, llenado de barriles, limpieza, cernido (cribado), peladura, cocinado en fábricas de conservas y chocolates, puestos y zonas de trabajo en fábricas de azúcar, secado y curado de tabaco en hoja, toneles (bodegas) de fermentación	200	25	0,40	80	
	Clasificación y lavado de productos, molienda (molturación), mezclado y envase	300	25	0,60	80	
	Puestos y zonas de trabajo en mataderos, carnicerías, lecherías, pisos de filtros, refinerías de azúcar	500	25	0,60	80	
	Corte y clasificación de frutas y vegetales	300	25	0,60	80	
	Fabricación de alimentos finos, cocinas, fabricación de tabacos y cigarrillos	500	22	0,60	80	
	Inspección de envases (vidrio) y botellas, control de productos, adorno, decoración	500	22	0,60	80	
	Laboratorios	500	19	0,60	80	
	Inspección de colores	1 000	16	0,70	90	4 000 K ≤ T _{CP} ≤ 6 500 K
4.7	Fabricación de piezas de metal (fundiciones, colada de metales y similares)					
	Túneles soterrados sótanos, etc.	50		0,40	20	Se deben reconocer los colores de seguridad
	Preparación de arena	200	25	0,40	80	
	Local de desarenado	200	25	0,40	80	
	Puestos de trabajo en cubilote y mezclador	200	25	0,40	80	
	Patio de fundición	200	25	0,40	80	
	Áreas de desmoldeo	200	25	0,40	80	
	Máquina moldeadora	200	25	0,40	80	
	Moldeo manual y de machos	300	25	0,40	80	
	Fundición en coquillas	300	25	0,60	80	
4.8	Fundiciones y colada de metales					
	Salas de trabajo con iluminación suplementaria sobre cada máquina	150				
	Trabajo prolongado con requerimiento moderado sobre la visión	300				
	Trabajo mecánico con cierta discriminación de detalles	300				
	Trabajo mecánico que exige discriminación de detalles finos	500				
	Trabajo prolongado con discriminación de detalles finos	1500				
	Salas y paneles de control	500				
	Revisión prolija de artículos, corte y trazado	1000				



4. INDUSTRIA						
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em lux	UGR _L	U _o	R _a	Requisitos específicos
	Túneles, galerías subterráneas					En los primeros ochenta (80) metros de la bocamina se deben instalar fluorescentes de 36W espaciados, por lo menos cada cinco (05) metros
4.9	Cuero y artículos de cuero					
	Trabajo en cubas, toneles, fosos	200	25	0,40	40	
	Descarnado, raspado, frotado (pulido), tambor de limpieza de pieles	300	25	0,40	80	
	Trabajo de talabartería, fabricación de calzado, punteadora, cosido, pulido, conformado, corte, punzonado	500	22	0,60	80	
	Clasificación	500	22	0,60	90	4 000 K ≤ T _{CP} ≤ 6 500 K
	Teñido del cuero (a máquina)	500	22	0,60	80	
	Control de la calidad	1 000	19	0,70	80	
	Inspección del color	1 000	16	0,70	90	4 000 K ≤ T _{CP} ≤ 6 500 K
	Elaboración de calzado	500	22	0,60	80	
	Elaboración de guantes	500	22	0,60	80	
4.10	Trabajo y tratamiento de metales					
	Forjado con estampa abierta	200	25	0,60	60	
	Forjado por estampación (en caliente), soldadura, extrusión en frío	300	25	0,60	60	
	Maquinado grueso y medio: tolerancias > 0,1 mm	300	22	0,60	60	
	Maquinado de precisión: rectificado: tolerancias < 0,1 mm	500	19	0,70	60	
	Marcado (trazado); inspección	750	19	0,70	60	
	Plantillas de dibujo de alambres y tuberías	300	25	0,60	60	
	Maquinado de planchas > 5 mm	200	25	0,60	60	
	Labrado (metalisterías) de chapas < 5 mm	300	22	0,60	60	
	Elaboración de herramientas: fabricación de equipos de corte	750	19	0,70	60	
	Montaje:					
	– grueso	200	25	0,60	80	
	– medio	300	25	0,60	80	
	– fino	500	22	0,60	80	
	– de precisión	750	19	0,70	80	
	Galvanización	300	25	0,60	80	
	Preparación y pintura de las superficies	750	25	0,70	80	
	Elaboración de herramientas, plantillas y taladradores; mecánica de precisión, micromecánica	1 000	19	0,70	80	
4.11	Papel y artículos de papel					
	Molinos de pulpa, muelas verticales	200	25	0,40	80	
	Fabricación y procesamiento del papel, maquinaria papelería y de corrugación, fabricación de cartones y cartulinas	300	25	0,60	80	

4. INDUSTRIA						
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em lux	UGR _L	U _o	R _s	Requisitos específicos
	Trabajo normal de encuadernación de libros, por ejemplo, doblado, clasificación, encolado, corte, estampado en relieve, cosido	500	22	0,60	60	
4.12	Centrales de energía eléctrica					
	Planta de suministro de combustible	50		0,40	20	Los colores de seguridad son reconocibles
	Casa de calderas	100	28	0,40	40	
	Salas de máquinas	200	25	0,40	80	
	Locales auxiliares, por ejemplo, cuartos de bombas, cuartos de condensadores, cuartos de paneles eléctricos, etc.	200	25	0,40	60	
	Cuartos de control	500	16	0,70	80	1. Los paneles de control están a menudo en vertical 2. Puede requerirse regulación de flujo luminoso
4.13	Imprentas					
	Corte, dorado, estampado, grabado en bloque, trabajo en sillares y platinas, imprentas, elaboración de matrices (moldes)	500	19	0,60	80	
	Clasificación del papel e impresión a mano	500	19	0,60	80	
	Linotipia, retoque, litografía	1 000	19	0,70	80	
	Inspección de colores en impresión multicolor	1 500	16	0,70	90	5 000 K ≤ T _{Cp} ≤ 6 500 K
	Grabado en acero y cobre	2 000	16	0,70	80	
4.14	Laminación, instalaciones siderúrgicas					
	Plantas de producción sin intervención manual	50		0,40	20	Se deben reconocer los colores de seguridad
	Plantas de producción con operación manual ocasionalmente	150	28	0,40	40	
	Plantas de producción con operación manual continuamente	200	25	0,60	80	
	Almacén de palanquilla	50	28	0,40	20	Los colores de seguridad deben ser reconocibles
	Hornos	200	25	0,40	20	Los colores de seguridad deben ser reconocibles
	Tren de laminación, bobinador, línea de cizallamiento	300	25	0,60	40	
	Plataformas de control, paneles de control	300	22	0,60	80	
	Ensayo, medición e inspección	500	22	0,60	80	
	Túneles soterrados (tamaño humano), cintas transportadoras, sótanos, etc.	50	28	0,40	20	Los colores de seguridad deben ser reconocibles
4.15	Industria textil					
	Trabaja con hilos y cordones en la estructura de sacos		25	0,60	60	
	Cardado, lavado, planchado, dibujo, peinado, apresto, tejeduría, prehilado, hiladura de yute y cáñamo	300	22	0,60	80	



4. INDUSTRIA						
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em lux	UGR _L	U _o	R _a	Requisitos específicos
	Hilado, plegado, devanado, urdidura, tejeduría, trenzado, de punto tejido	500	22	0,60	80	Prevenir los efectos estroboscópicos
	Urdimbre, tejido, trenzado, tricotado	500	22	0,60	80	Prevenir los efectos estroboscópicos
	Costura, tejidos finos de punto, dar puntadas	750	22	0,70	90	
	Diseño manual, dibujo de patrones	750	22	0,70	90	4 000 K ≤ T _{CP} ≤ 6 500 K
	Acabado, teñido	500	22	0,60	80	
	Cuarto de secado	100	28	0,40	60	
	Impresión automática en géneros	500	25	0,60	80	
	Despinzado, batanado, galonado	1 000	19	0,70	80	
	Inspección de colores, control de tejidos	1 000	16	0,70	90	4 000 K ≤ T _{CP} ≤ 6 500 K
	Zurcido invisible	1 500	19	0,70	90	4 000 K ≤ T _{CP} ≤ 6 500 K
	Fabricación de sombreros	500	22	0,60	80	
4.16	Fabricación de vehículos					
	Carrocería y ensamblaje	500	22	0,60	80	
	Pintura, cámara de pintar (con pistola), cámara de pulir	750	22	0,70	80	
	Pintura: retoque, inspección	1 000	16	0,70	90	4 000 K ≤ T _{CP} ≤ 6 500 K
	Tapicería (vestidura) manual	1 000	19	0,70	80	
	Inspección final	1 000	19	0,70	80	
	Servicios generales de vehículos, reparación y ensayos	300	22	0,60	80	Se debe considerar iluminación local
4.17	Industria maderera y su tratamiento					
	Procesamiento automático, por ejemplo, fabricación de madera contrachapada seca	50	28	0,40	40	
	Fosos de vapor	150	28	0,40	40	
	Bastidor de sierra	300	25	0,60	60	Prevenir efectos estroboscópicos
	Trabajo en banco de ebanista, encolado, montaje	300	25	0,70	80	
	Pulido, pintado, ebanistería de fantasía	750	22	0,60	80	
	Trabajo en máquinas de carpintería, por ejemplo, torneado, ranurado, cepillado, ranurado, corte, aserrado, vertedero	500	19	0,70	80	Prevenir efectos estroboscópicos
	Selección de maderas en chapas, mosaicos de madera, trabajo de incrustación	750	22	0,70	90	4 000 K ≤ T _{CP} ≤ 6 500 K
	Marquetería, incrustación en madera	750	22	0,70	90	4 000 K ≤ T _{CP} ≤ 6 500 K
	Control de calidad, inspección	1 000	19	0,70	90	4 000 K ≤ T _{CP} ≤ 6 500 K

5. COMERCIO						
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em lux	UGR _L	U _o	R _a	Requisitos específicos
5.1	Tiendas					
	Área de ventas	500	22	0,60	80	
	Área de (cajas) contadoras	500	19	0,60	80	
	Mostrador (mesa) de envolver	500	19	0,60	80	

5. COMERCIO						
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em lux	UGR _L	U _o	R _a	Requisitos específicos
5.2	Áreas comunes					
	Vestíbulo de entrada	100	22	0,40	80	UGR sólo si es aplicable
	Guardarropas	200	25	0,40	80	
	Salones	200	22	0,40	80	
	Oficinas de taquillas	300	22	0,60	80	
5.3	Restaurantes y hoteles					
	Carpeta de recepción/cajero, mesa de conserje	300	22	0,60	80	
	Cocina	500	22	0,60	80	Debe haber una zona de transición entre cocina y restaurante
	Restaurante, comedor, salón multiuso	-	-	0,60	80	El alumbrado debe diseñarse para crear la atmósfera apropiada
	Restaurante de autoservicio	200	22	0,40	80	
	Buffet (comidas frías)	300	22	0,60	80	
	Salas de conferencias	500	19	0,60	80	El alumbrado debe ser controlable
	Corredores (pasillos)	100	25	0,40	80	Durante la noche son aceptables niveles inferiores
	Cantinas, tabernas	200	22	0,40	80	
5.4	Teatros, salas de conciertos, salas de cines					
	Teatros y salas de concierto	300	22	0,60	80	
	Salas multipropósito	200	22	0,60	80	Iluminación a nivel del suelo
	Locales de ejercicios, vestidores	200	22	0,50	80	La iluminación de espejos para maquillaje debe estar libre de deslumbramientos. El deslumbramiento perturbador debería evitarse en los espejos para maquillaje
	Museos (general)	300	25	0,40	80	Iluminación a nivel del suelo
5.5	Ferias, pabellones de exposiciones					
	Alumbrado general	300	22	0,40	80	
5.6	Peluquerías					
	Trabajo de peluquería	500	19	0,60	90	
5.7	Fabricación de joyas y relojes					
	Trabajo con piedras preciosas	1 500	16	0,70	90	4 000 K ≤ TCP ≤ 6 500 K
	Manufactura de joyas	1 000	16	0,70	90	
	Fabricación (manual) de relojes	1 500	16	0,70	80	
	Fabricación (automática) de relojes	500	19	0,60	80	
5.8	Lavanderías y limpieza en seco					
	Entrada de la ropa, marcado y clasificación	300	25	0,60	80	
	Lavado (normal) y en seco	300	25	0,60	80	
	Planchado, calandria (prensado)	300	25	0,60	80	
	Inspección y arreglos	750	19	0,70	80	



6. OFICINAS						
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em lux	UGR _L	U _o	R _a	Requisitos específicos
	Archivo, copia, circulación, etc.	300	19	0,40	80	
	Escritura, mecanografía, lectura, procesamiento de datos	500	19	0,60	80	
	Estación de trabajo CAD	500	19	0,60	80	
	Salas de conferencias y reuniones	500	19	0,60	80	
	Archivos	200	25	0,40	80	

7. SERVICIOS COMUNALES						
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em lux	UGR _L	U _o	R _a	Requisitos específicos
7.1	Museos					
	Obras exhibidas insensibles a la luz					La iluminación se debe determinar por los requisitos de presentación
	Obras exhibidas sensibles a la luz					1. La iluminación se debe determinar por los requisitos de presentación 2. Es imprescindible la protección contra la radiación dañina
7.2	Bibliotecas					
	Estanterías (de libros)	200	19	0,40	80	
	Áreas de lectura	500	19	0,60	80	
	Mostradores	500	19	0,60	80	
7.3	Templos					
	Nave de iglesia	100	25		80	
	Asientos, altar, púlpito	300	22		80	

8. RECREACIÓN Y DEPORTES						
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em lux	UGR _L	U _o	R _a	Requisitos específicos
	Salas para ejercicios físicos	300	22	0,40	80	
	Vestuarios, salas de lavado, cuartos de baño, servicios	200	25	0,40	80	En cada baño individual si está completamente cerrado.

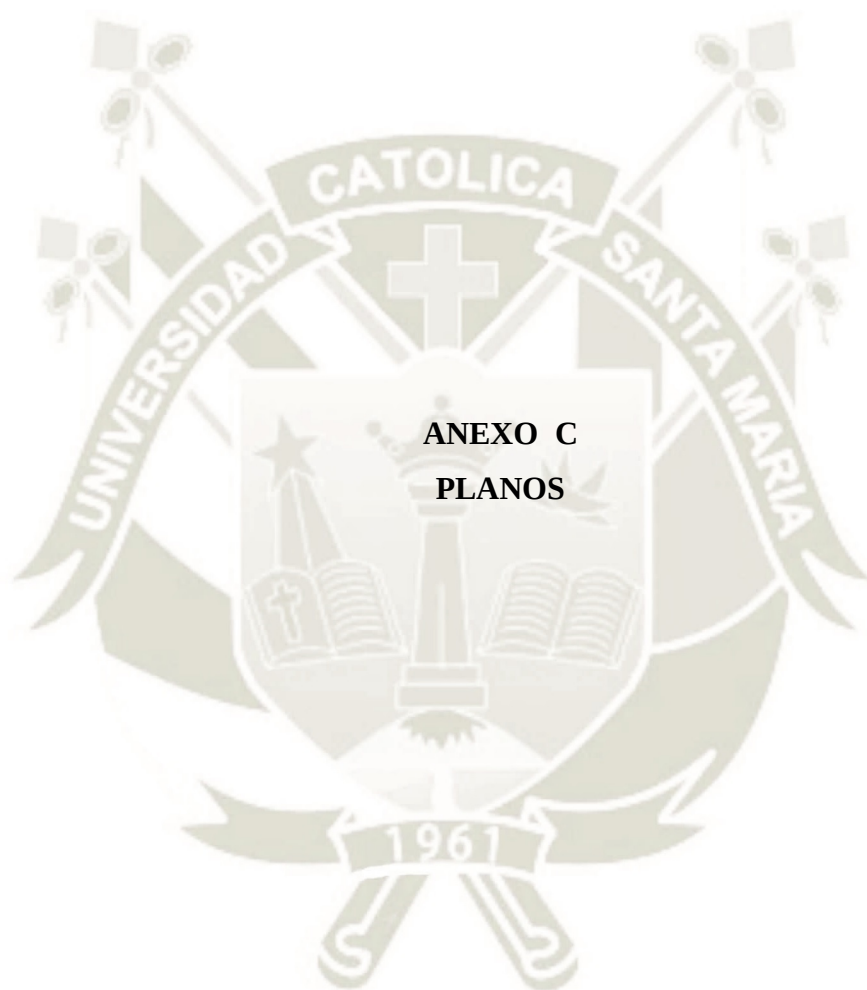
9. TRANSPORTE Y COMUNICACIONES						
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em lux	UGR _L	U _o	R _a	Requisitos específicos
9.1	Aeropuertos					
	Salones de llegadas y partidas, áreas de recogida de equipaje	200	22	0,40	80	
	Áreas de conexión, escaladores, pasadizos, puentes transportadores	150	22	0,40	80	
	Salas de información, aduana, control de pasaportes, chequear	500	19	0,70	80	
	Aduana y control de pasaportes	500	19	0,70	80	Tiene que proporcionarse reconocimiento facial

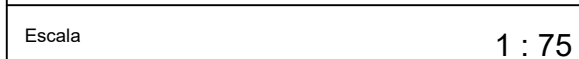
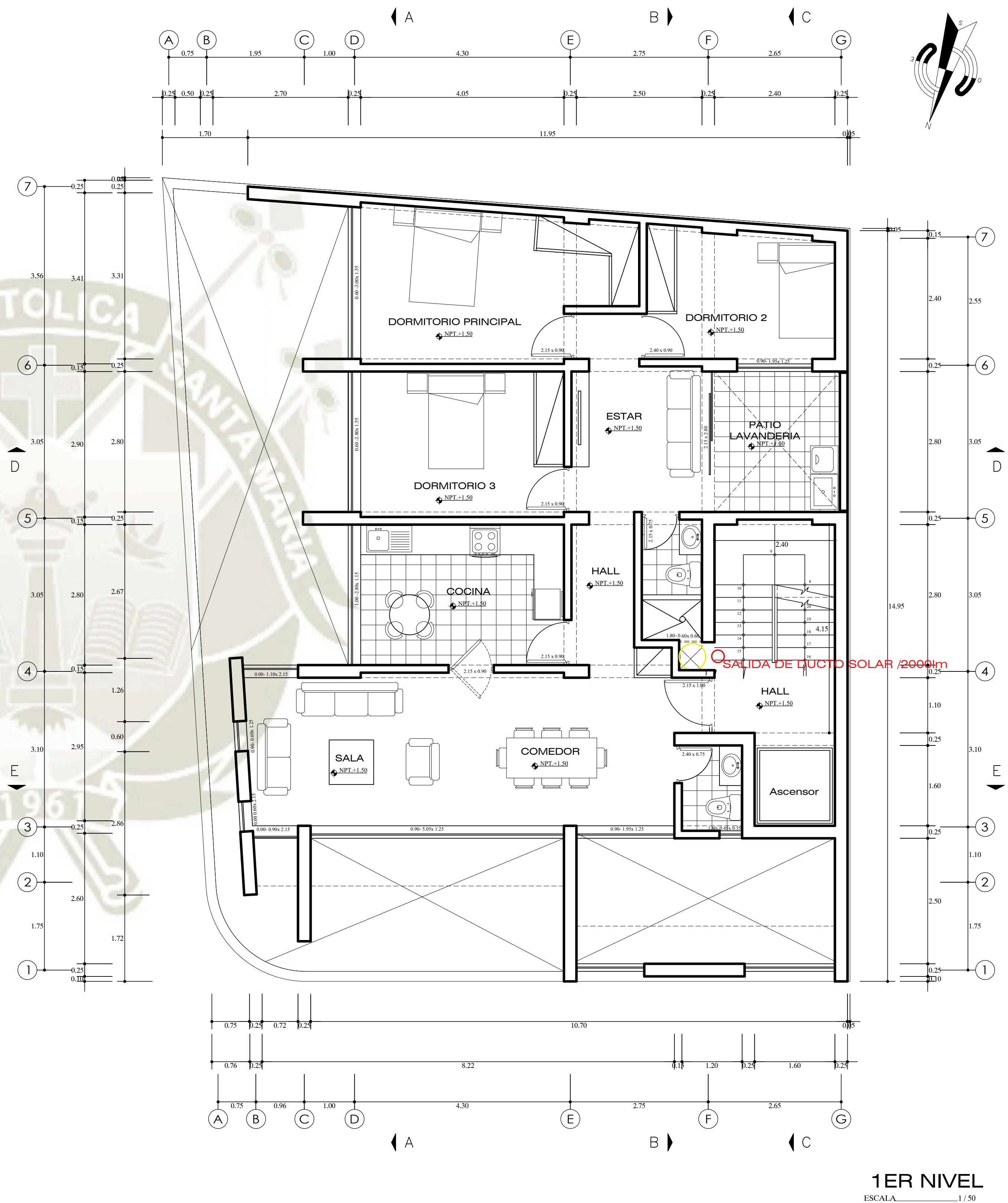
9. TRANSPORTE Y COMUNICACIONES

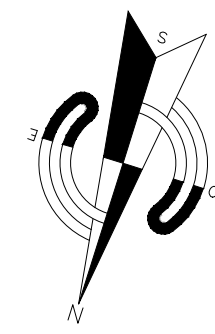
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em lux	UGR _L	U _o	R _a	Requisitos específicos
	Áreas de espera	200	22	0,40	80	
	Depósitos de equipajes	200	25	0,40	60	
	Áreas de chequeo de seguridad	300	19	0,60	80	
	Torre de control de tráfico	500	16	0,60	80	1. La iluminación debe ser regulable 2. Se debe evitar el deslumbramiento de luz diurna 4. Deben evitarse reflejos en ventanas, especialmente de noche
	Hangares de pruebas y reparaciones	500	22	0,60	80	
	Área de prueba de máquinas	500	22	0,60	80	
	Áreas de medición en hangares	500	22	0,40	80	
9.2	Terrapuestos					
	Andenes completamente cubiertos,	100	–		40	1. Prestar especial atención al borde de la plataforma 2. Evitar el deslumbramiento para conductores de vehículos 3. Iluminancia a nivel del suelo
	Pasos subterráneos de pasajeros,	50	28	0,50	40	Iluminancia a nivel del suelo
	Sala de taquillas y vestíbulo	200	28	0,50	40	
	Oficinas de billetes, de equipaje y de contadores	300	19	0,50	80	
	Salas de espera	200	22	0,50	80	
	Vestíbulos de entrada, vestíbulos de estación	200	-	0,40	80	
	Salas de contadores y máquinas	200	28	0,40	60	Los colores de seguridad deben ser reconocibles
	Túneles de acceso	50	–	0,40	20	Iluminancia a nivel del suelo
	Naves de mantenimiento y servicio	300	22	0,40	60	

10. ESTACIONAMIENTOS

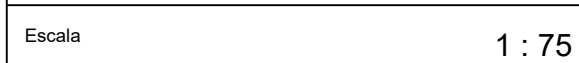
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em lux	UGR _L	U _o	R _a	Requisitos específicos
	Rampas entrada / salida (durante el día)	300	25	0,40	40	1. Iluminancias a nivel del suelo 2. Se deben reconocer los colores de seguridad
	Rampas entrada / salida (durante la noche)	75	25	0,40	40	1. Iluminancias a nivel del suelo 2. Se deben reconocer los colores de seguridad
	Calles interiores	75	25	0,40	40	1. Iluminancias a nivel del suelo 2. Se deben reconocer los colores de seguridad
	Áreas de parqueo	75	-	0,40	40	1. Iluminancias a nivel del suelo 2. Se deben reconocer los colores de seguridad 3. Una elevada iluminancia vertical aumenta el reconocimiento de las caras de las personas y, por ello, la sensación de seguridad
			19	0,60	80	1. Deben evitarse los reflejos en las ventanas 2. Debe prevenirse el deslumbramiento desde el exterior

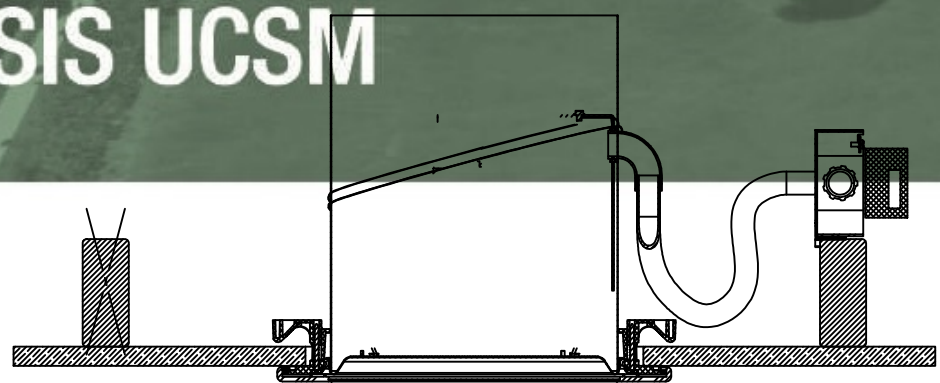




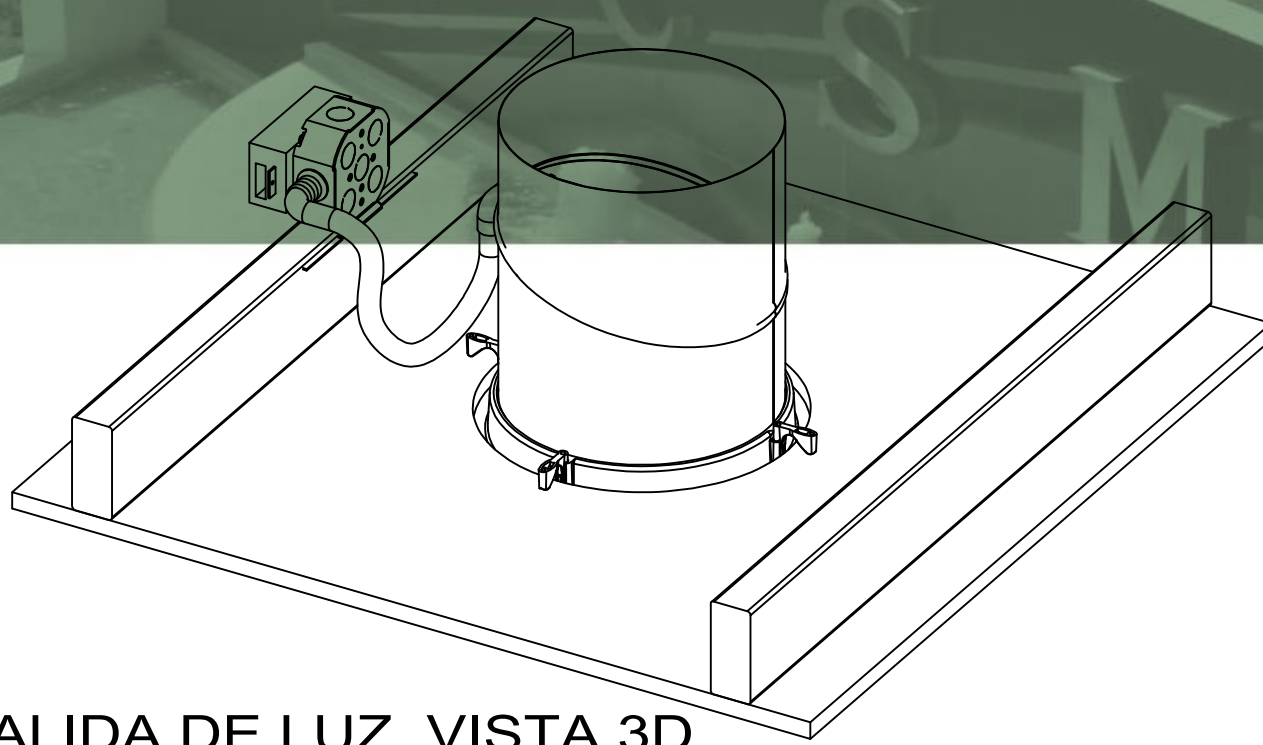


Escala	1 : 75
--------	--------





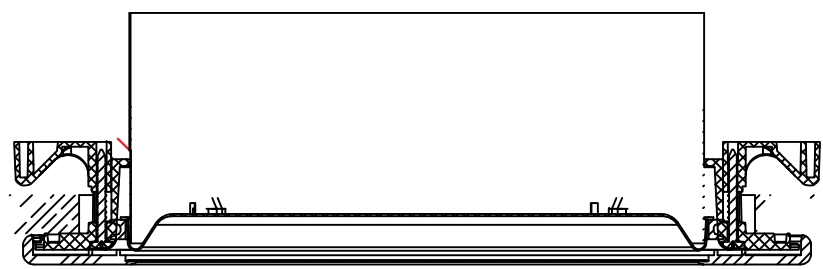
SALIDA DE LUZ CON CONTROL



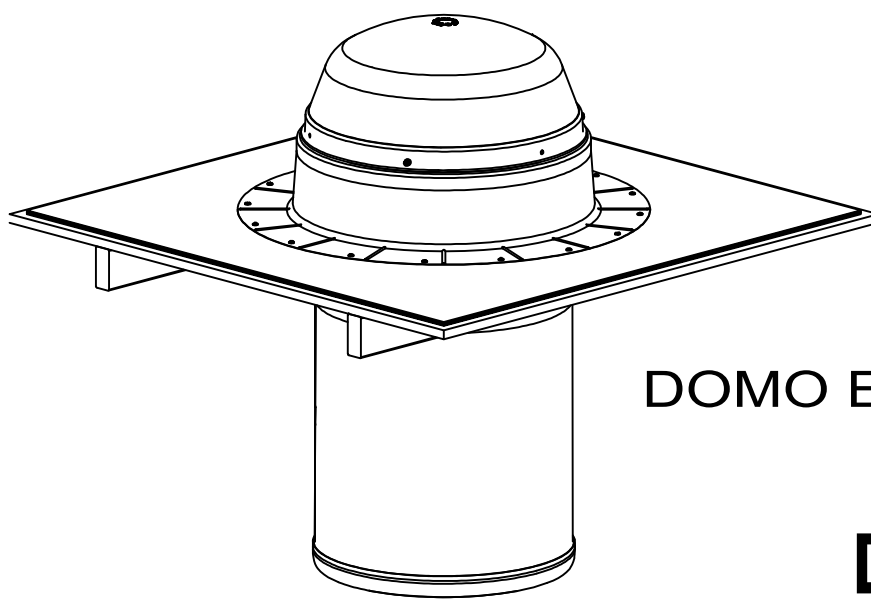
SALIDA DE LUZ, VISTA 3D



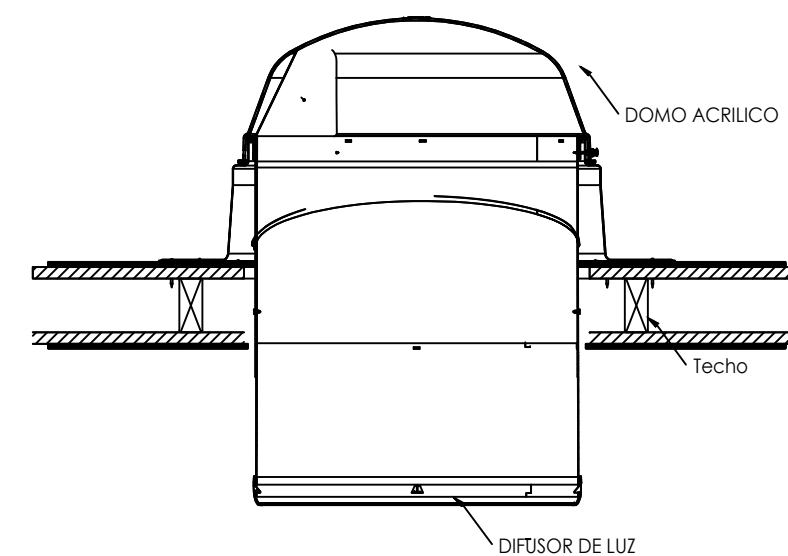
SALIDA DE LUZ DE DERIVACION



SALIDA DE LUZ



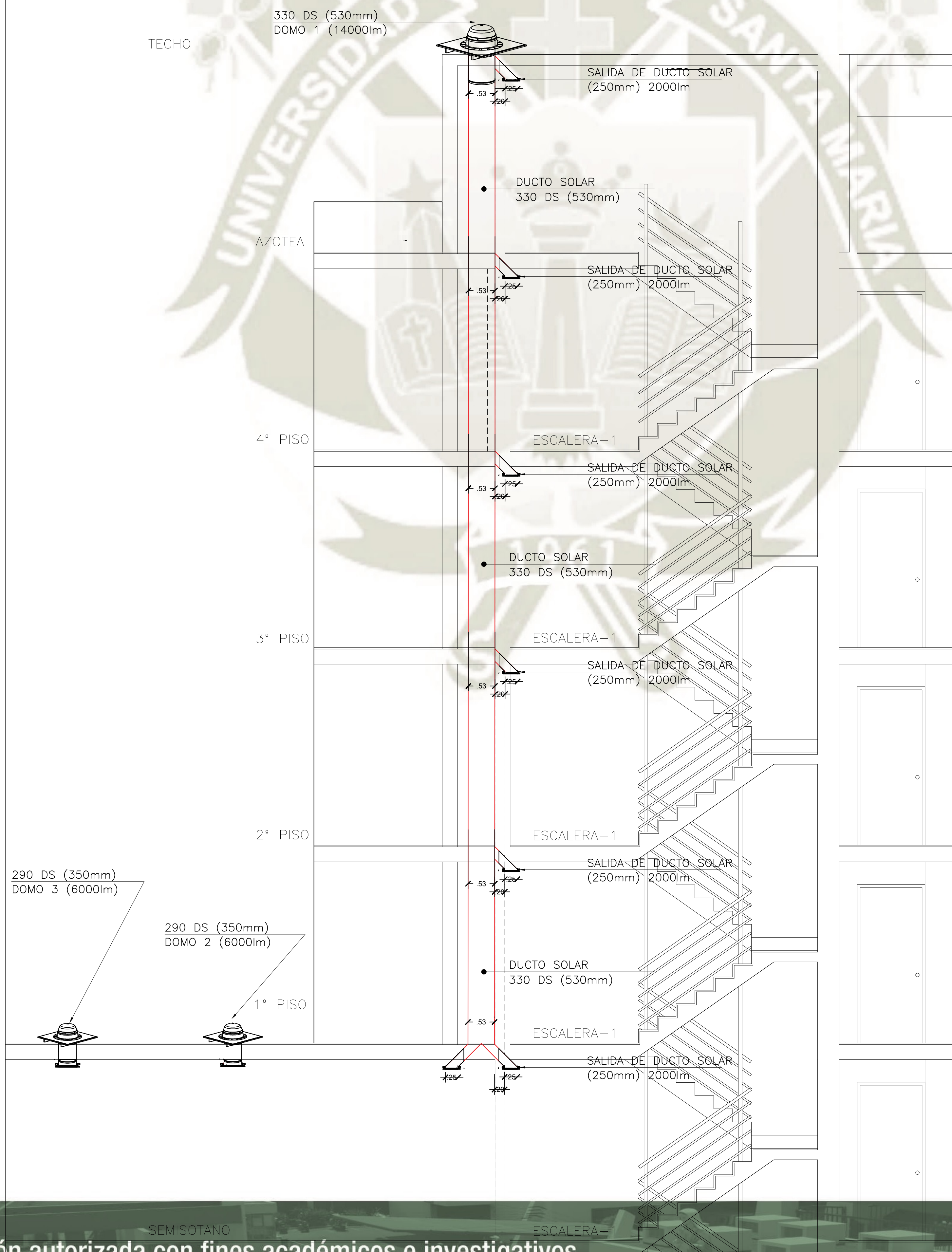
DOMO EN TECHO



DETALLES DEL SISTEMA DE TUBOS SOLAR

ESQUEMA DEL SISTEMA DE ILUMINACION POR DUCTOS SOLARES

Esc-1/50



**Universidad Católica de
Santa María**

**Facultad de Ciencias e
Ingenierías Físicas y
Formales**

**Escuela Profesional de
Ingeniería Mecánica,
Mecánica Eléctrica y
Mecatrónica**

Bachiller:

ZEBALLOS CACERES JORGE ENRIQUE

Ubicacion del Proyecto:
Urb. Ecológica Casa Lago San José

Distrito: Cercado
Provincia: Arequipa
Departamento: Arequipa

[illegible]

Proyecto de TESIS:

DISEÑO DE ILUMINACIÓN INTERIOR UTILIZANDO LA LUZ SOLAR POR MEDIO DE TUBOS SOLARES

CASO ESTUDIO: ILUMINACION DE AREAS COMUNES

Plano:

ESQUEMA DE CONEXION, DETALLES

Proyecto:

2021-01

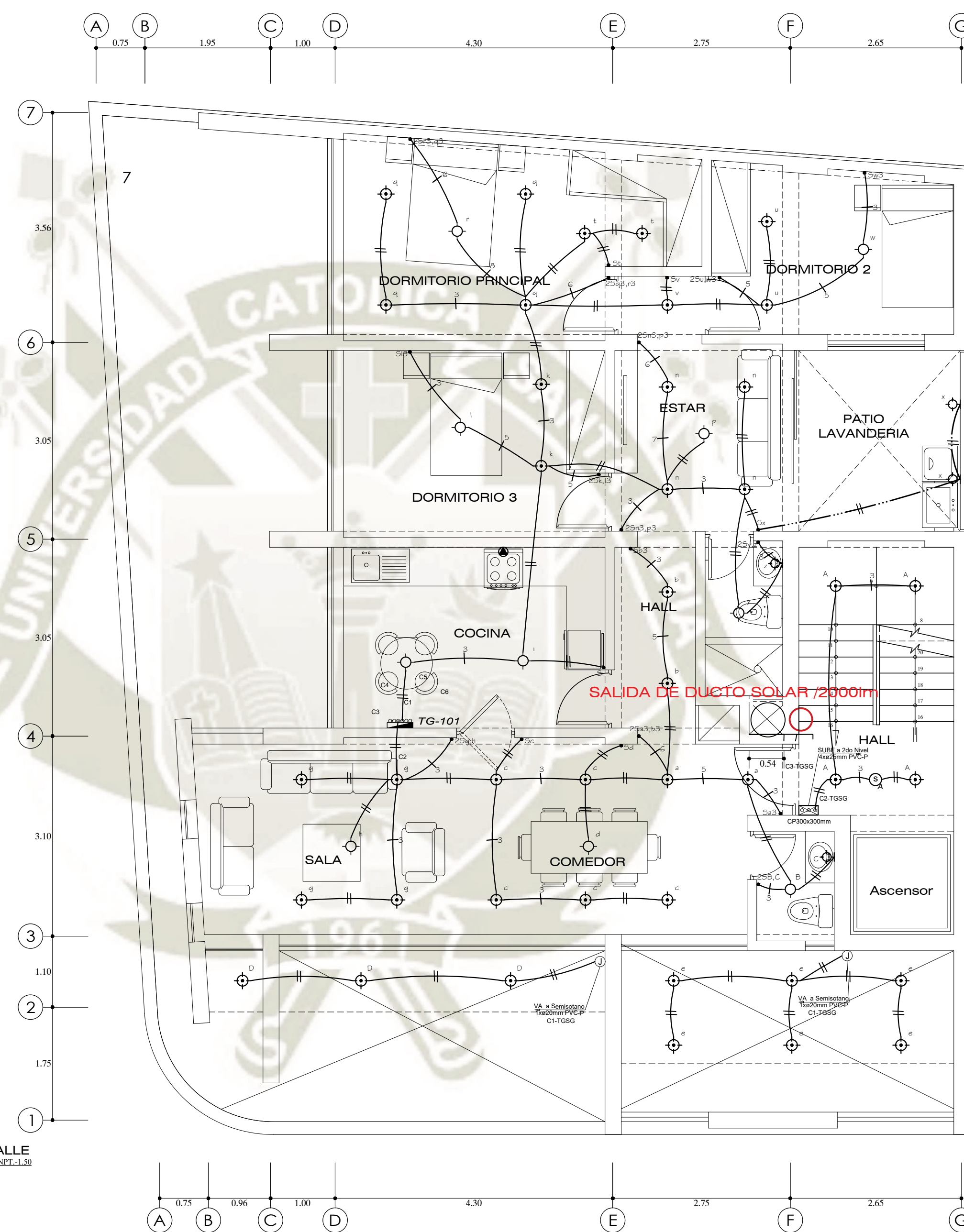
Fecha	
-------	--

ENERO, 2021

Dibujado por

Escala

1 : 75

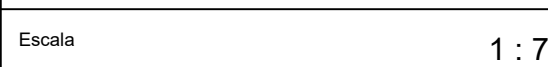


SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	ALTURA
_____	Tubería embutida en techo o pared, en PVC SAP 20mmØ, iluminación EN CAJA DE P50° RECTANGULARI	
⊙	DETECTOR INFRAROJO PASIVO DE MOVIMIENTO CON FOTOCÉLULA INTEGRADA ADOSADA A TECHO WATT STOPPER BTICINO CI-200-I INCLUIDO CON POWER PACK DE BTICINO B120EP	
S. : 25. : 93	INTERRUPTOR UNIPOLAR SIMPLE, DOBLE Y DE COMUTACIÓN 03 VÍAS (Simple y DOBLE) MAGIC-TICINO	1.10
⊕	ARTEFACTO SPOT PARA EMPOTRAR, con lámpara downlight LED 11.6W Philips PHILIPS MODELO N1308 D165 1xLED24S/R30	_____
⊕	CENTRO DE LUZ EN CAJA DE P50° OCTOGONAL, LÁMPARA LED 20W PHILIPS, MODELO SM150C L602 1xLED24S/R30	_____
	TABLERO ELÉCTRICO METALIZADO incluye barra de tierra, directorio de circuitos pasos de reserva y señalización de riesgo eléctrico.	Borde Superior 1.80





SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	ALTURA
_____	Tubería embutida en techo o pared, en PVC SAP 20mmØ, iluminación EN CAJA DE P50° RECTANGULARI	
⊙	DETECTOR INFRAROJO PASIVO DE MOVIMIENTO CON FOTOCÉLULA INTEGRADA ADOSADA A TECHO WATT STOPPER BTICINO CI-200-I INCLUIDO CON POWER PACK DE BTICINO B120EP	
S. : 25. : 93	INTERRUPTOR UNIPOLAR SIMPLE, DOBLE Y DE COMUTACIÓN 03 VIAS (Simple y DOBLE) MAGIC-TICINO	1.10
⊕	ARTEFACTO SPOT PARA EMPOTRAR, con lampara downlight LED 11.6W Philips PHILIPS MODELO N1308 D165 1xLED24S/830	_____
⊕	CENTRO DE LUZ EN CAJA DE P50° OCTOGONAL, LAMPARA LED 20W PHILIPS, MODELO SM150C L602 1xLED24S/830	_____
	TABLERO ELECTRICO METALIZADO incluye barra de tierra, directorio de circuitos pasos de reserva y señalización de riesgo eléctrico.	Borde Superior 1.80



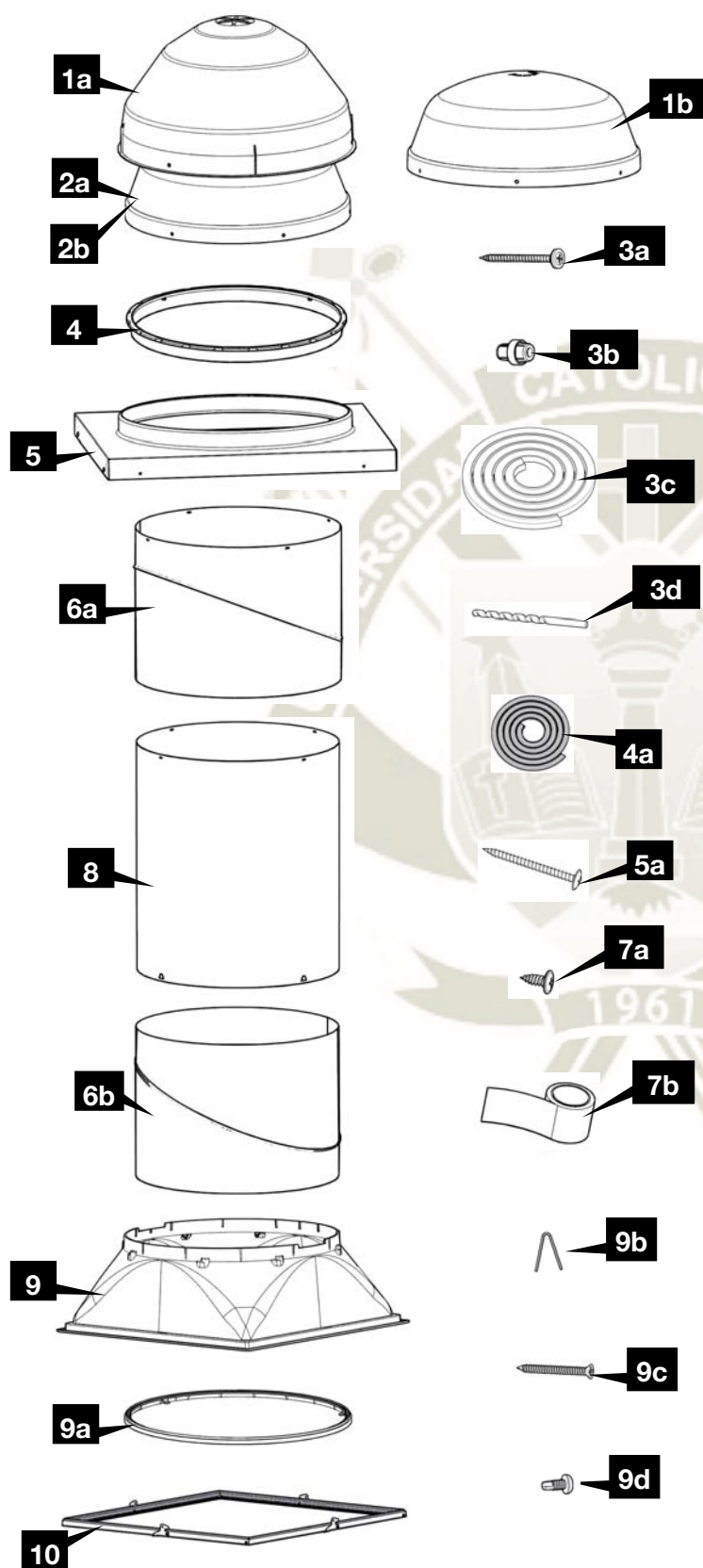


SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	ALTURA
—	Tubería embutida en techo o pared, en PVC SAP 20mmØ, Iluminación EN CAJA DE PISO ² RECTANGULARI	
⊙	DETECTOR INFRAROJO PASIVO DE MOVIMIENTO CON FOTOCÉLULA INTEGRADA ADOSADA A TECHO WATT STOPPER BTICINO CI-200-I INCLUIDO CON POWER PACK DE BTICINO B120EP	
S : 25 : 53	INTERRUPTOR UNIPOLAR SIMPLE, DOBLE Y DE COMUTACIÓN 03 VIAS (Simple y DOBLE) MAGIC-TICINO	1.10
⊕	ARTEFACTO SPOT PARA EMPOTRAR, con lámpara dowlight LED 11W Philips PHILIPS MODELO SN1308 D162 1xLED24S108/830	
⊕	CENTRO DE LUZ EN CAJA DE PISO ² OCTOGONAL, LÁMPARA LED 20W PHILIPS, MODELO SM150C L602 1xLED24S108/830	
	TABLERO ELÉCTRICO METÁLICO INCLUYE barra de tierra, directorio de circuitos pasos de reserva y señalización de riesgo eléctrico.	Borde Superior 1.80



ANEXO D
ESPECIFICACIONES DE MONTAJE

Techo cerrado

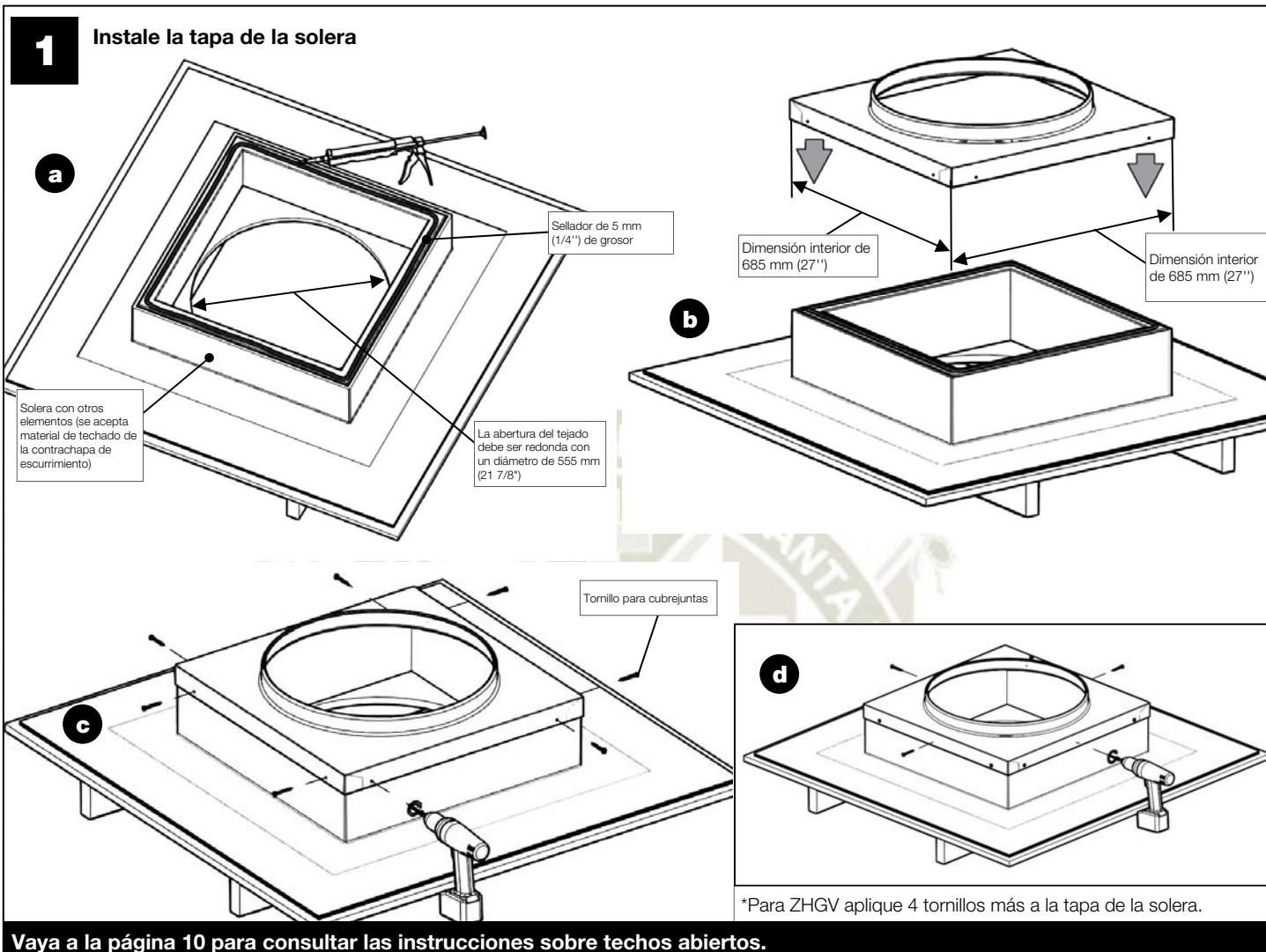


Componentes *	Cantidad
1 Opciones de domo exterior	
a. Domo 750 DS con tecnología Raybender® 3000	(1)
b. Domo 330 DS con reflector LightTracker™	(1)
2 Opción de domo interior	(1)
a. Domo interior para 750 DS (opcional, requerido para ENERGY STAR)	(1)
b. Domo interior para 750 DS (opcional, policarbonato*†)	(1)
3 Fijadores para domo	
a. Tornillo para domo n° 8 de 40 mm (1 5/8")	(4)
b. Espaciadores de domo	(4)
c. Sello de domo	(1)
d. Broca para taladro n° 40 (2,5 mm/3/32")	(1)
4 Anillo para tubo	(1)
a. Sello de anillo para tubo *†	(1)
5 Cubrejuntas para techados (100 mm (4")*†, 200 mm (8")*†, 280 mm (11")*† o tapa de la solera))	(1)
a. Tornillos para cubrejuntas n° 10 de 50 mm (2")	(21)
6 Tubos Spectralight® Infinity	
a. Tubo superior con adaptador de ángulo	(1)
b. Tubo inferior con adaptador de ángulo	(1)
7 Kit de fijadores para tubos	(1)
a. Tornillos para tubos n° 8 de 14 mm (9/16")	(10)
b. Rollo de 5,5 m (18 pies) de cinta de aluminio de 50 mm (2")	(2)
8 Tubo de extensión Spectralight® Infinity de 610 mm (24") (opcional) con kit de fijadores para tubos	(1)
9 Caja de transición	(1)
a. Lentes de efecto natural (opcionales)	(1)
b. Mordaza de fijación de la caja de transición	(4)
c. Tornillo para puntas de taladro n° 6 de 40 mm (1 5/8") (sólo para su aplicación en techos duros)	(4)
d. Tornillo para puntas de taladro n° 8 de 16 mm (5/8")	(2)
10 Difusor	(1)

*Los componentes mostrados no se incluyen en todos los kits, véase la etiqueta de la caja.

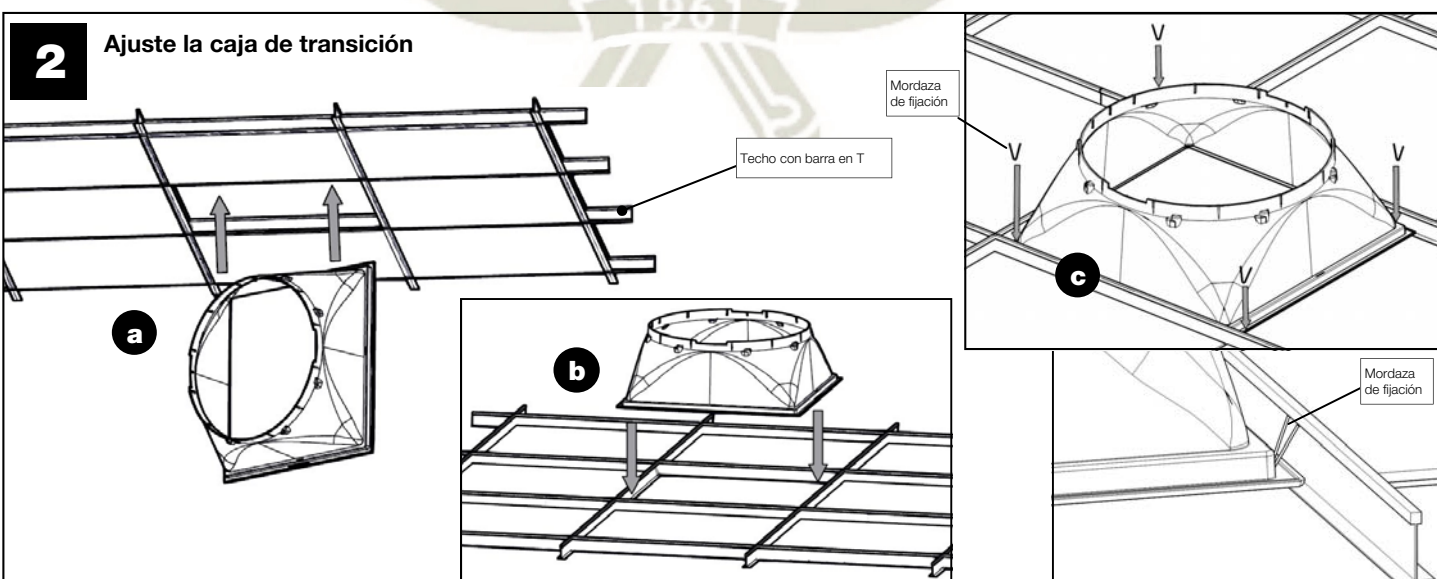
*†Requeridos para zonas de huracanes de gran velocidad (ZHGV).

Tapa de la solera Instrucciones de instalación



Vaya a la página 10 para consultar las instrucciones sobre techos abiertos.

Techo cerrado Instrucciones de instalación

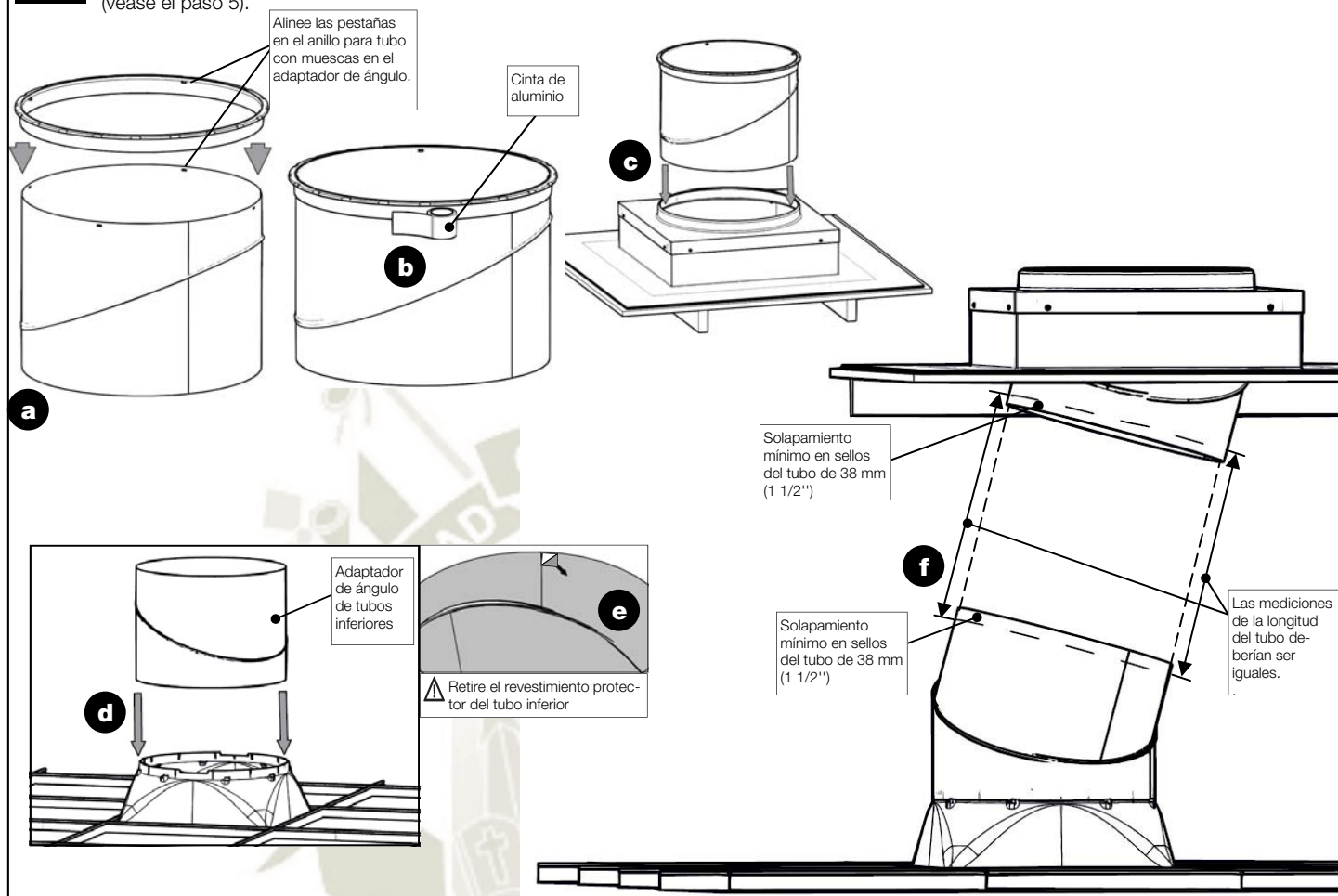


Para obtener las instrucciones de instalación más recientes, visite www.solatube.com/instructions

Solatube International, Inc. | 2210 Oak Ridge Way | Vista, CA 92081-8341 | www.solatube.com | T: 888.SOLATUBE

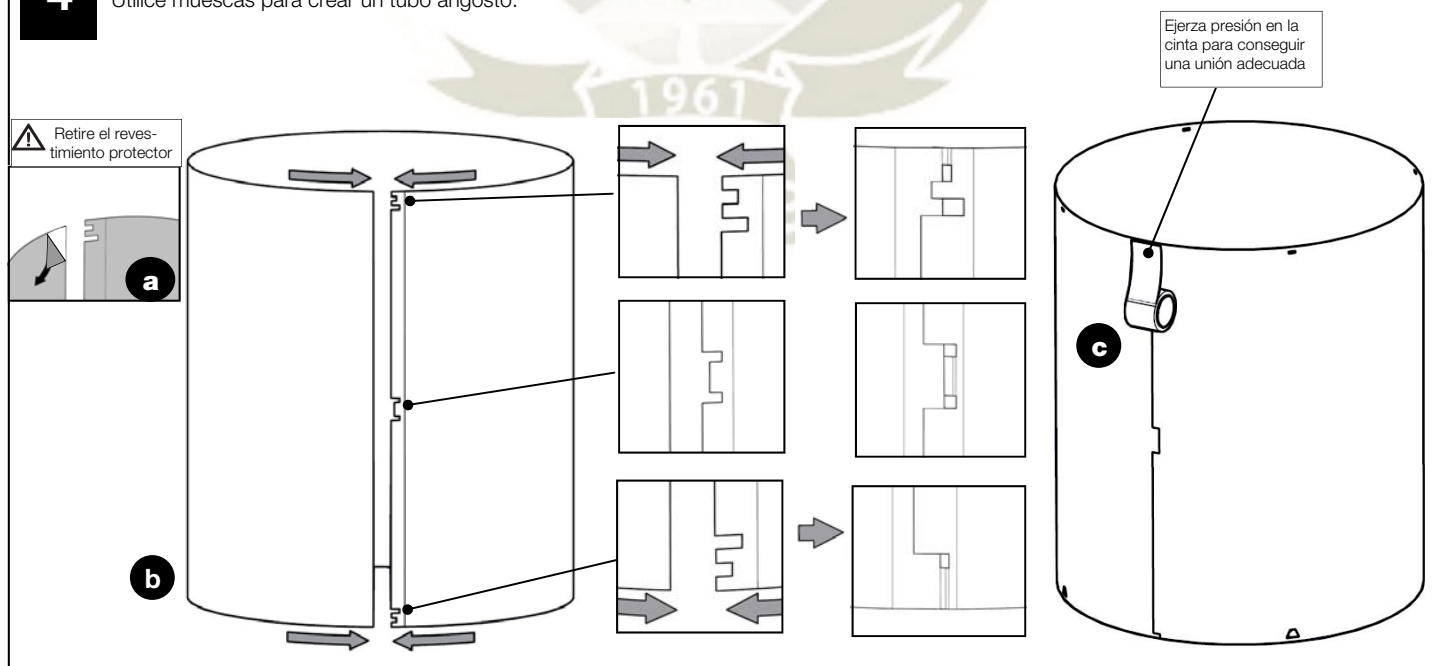
3 Instale adaptadores de ángulos de tubos superiores e inferiores; mida el tramo del tubo

Puede instalarse el anillo para tubos en el tubo superior con un adaptador de ángulo o un tubo de extensión (véase el paso 5).

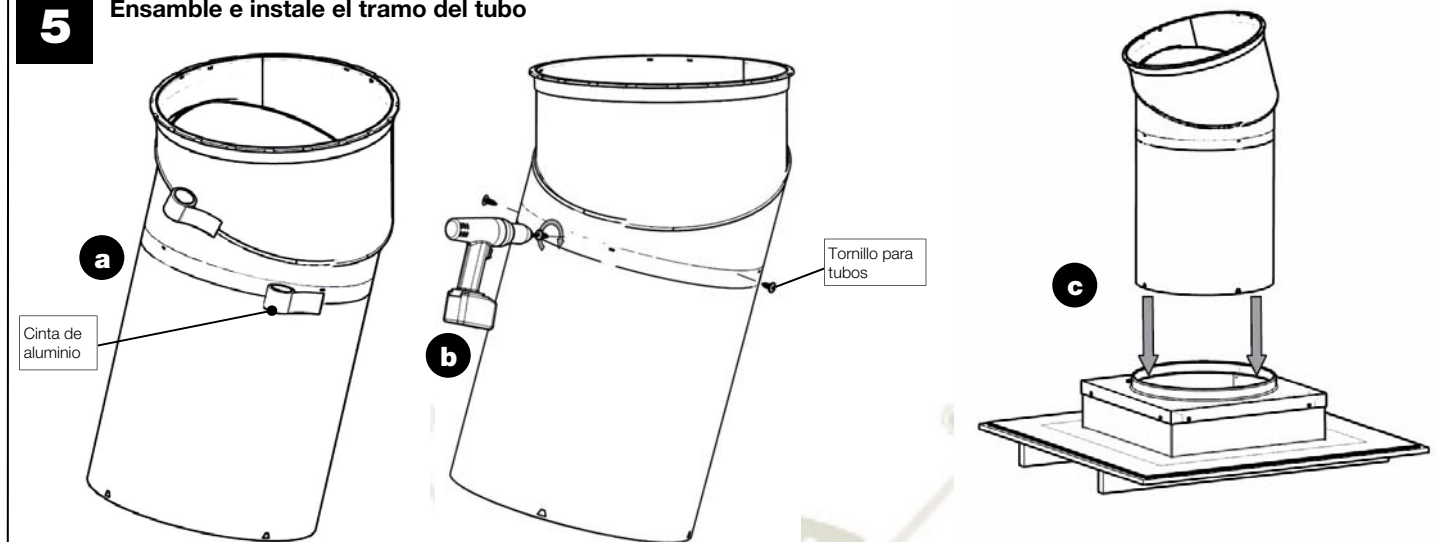


4 Ensamble el tubo de extensión

Utilice muescas para crear un tubo angosto.

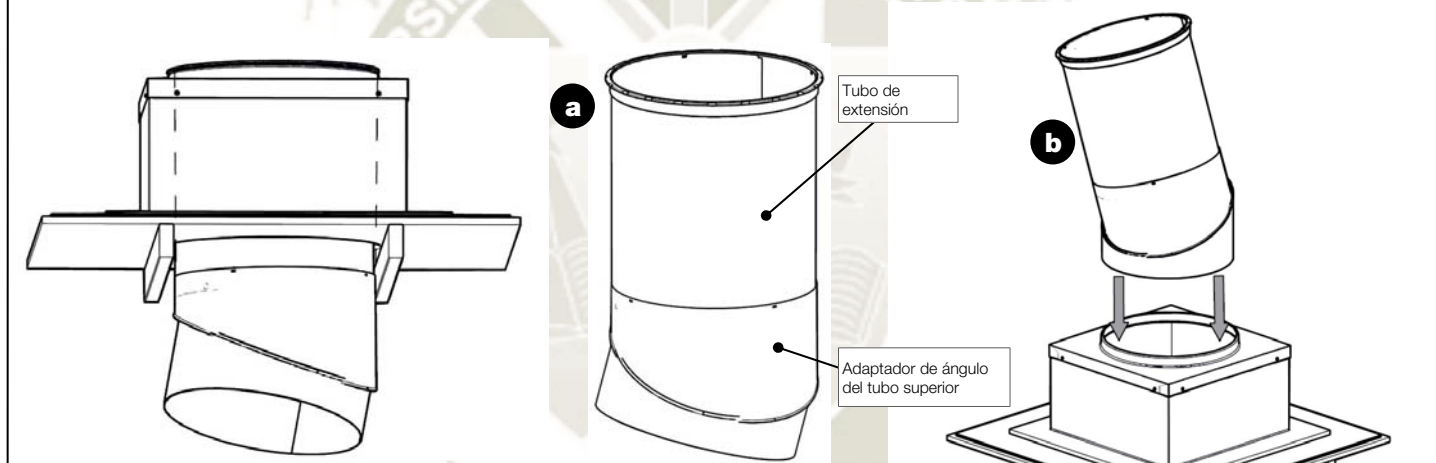


5 Ensamble e instale el tramo del tubo

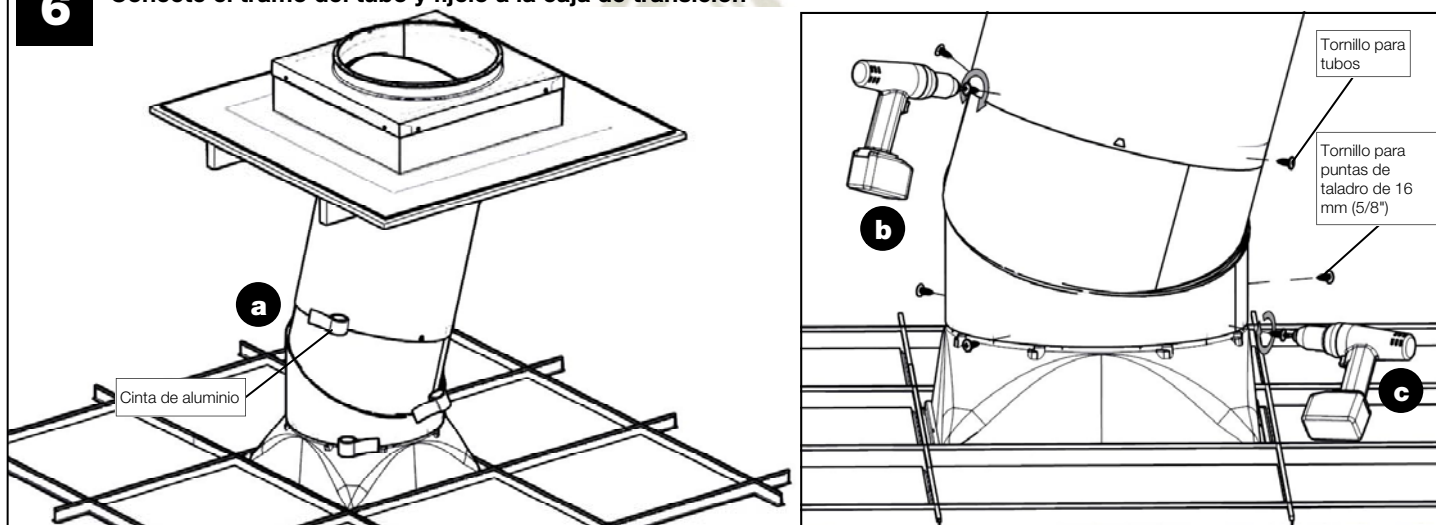


Tramo del tubo alternativo

Para las alturas de las soleras o los elementos estructurales obstructores que requieran un tubo de extensión como el tubo superior, utilice la siguiente configuración:

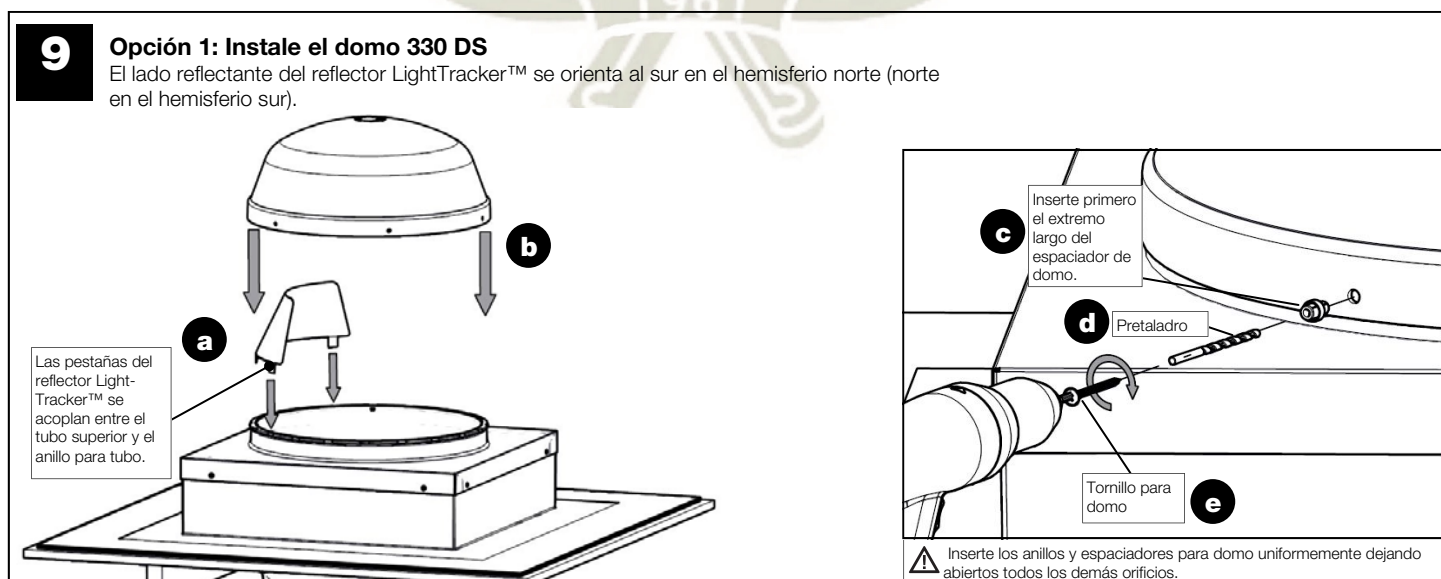
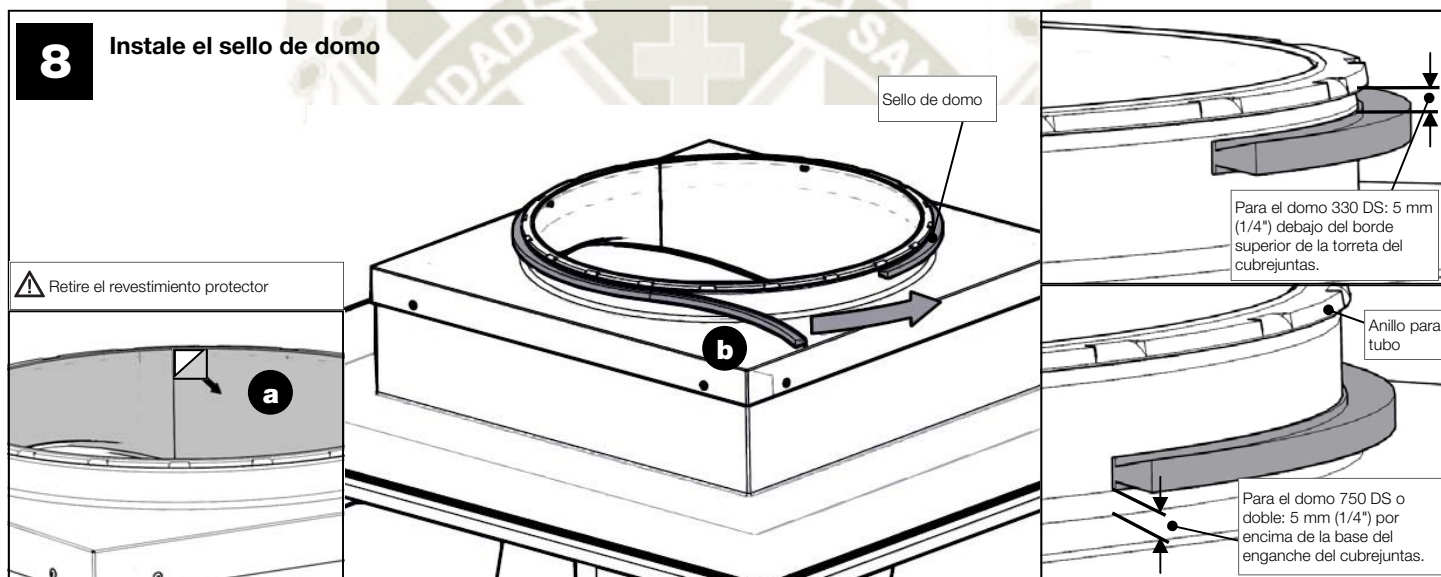
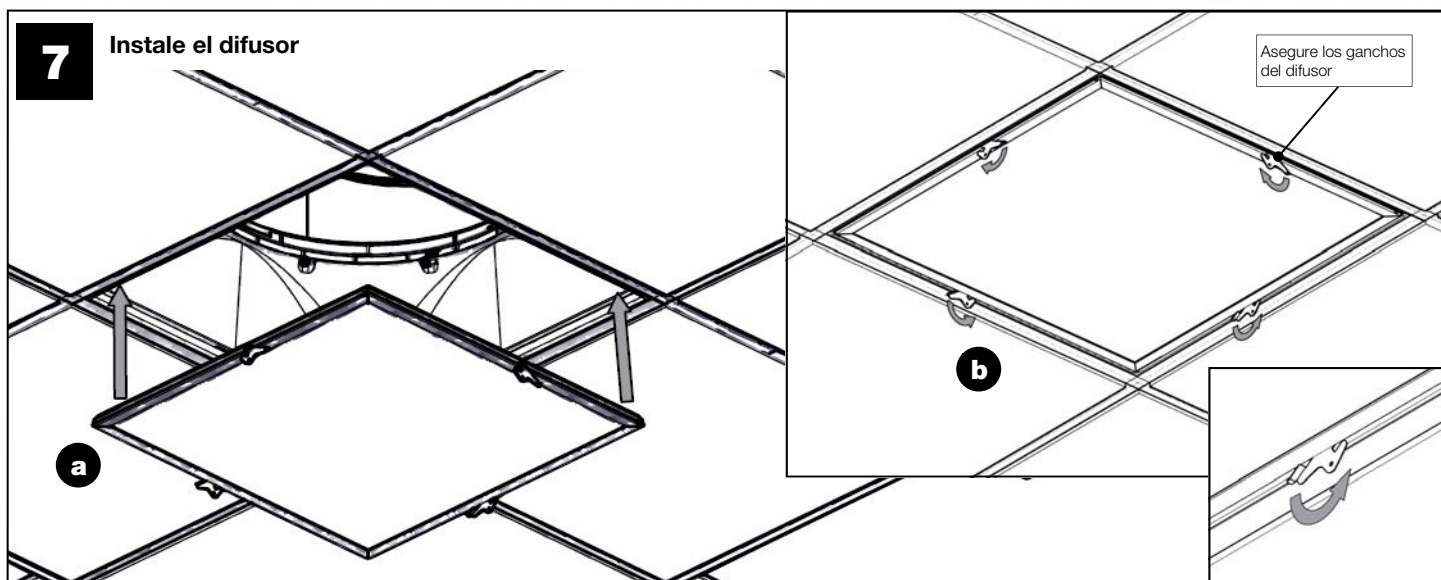


6 Conecte el tramo del tubo y fíjelo a la caja de transición



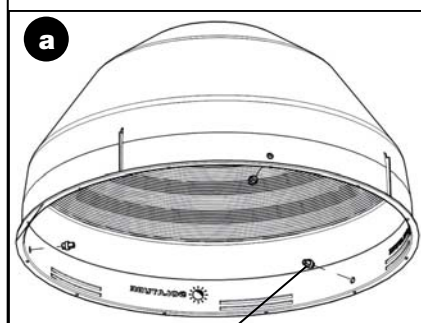
Para obtener las instrucciones de instalación más recientes, visite www.solatube.com/instructions

Solatube International, Inc. | 2210 Oak Ridge Way | Vista, CA 92081-8341 | www.solatube.com | T: 888.SOLATUBE

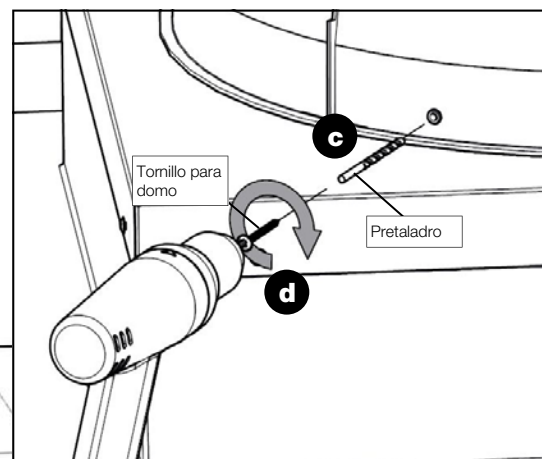
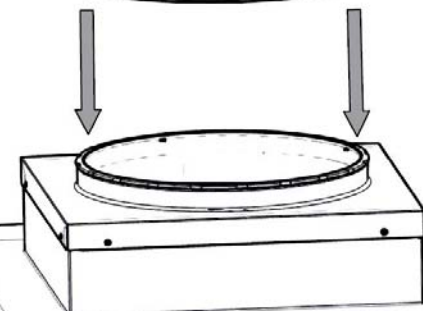


9

Opción 2: Instale el domo 750 DS

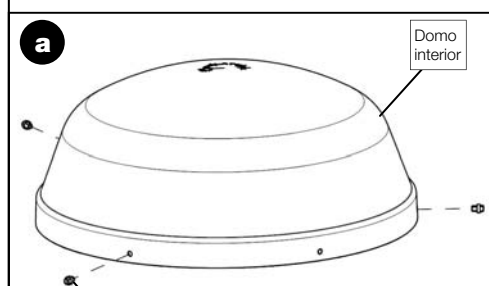


Inserte primero el extremo corto del espaciador de domo desde el domo interior.

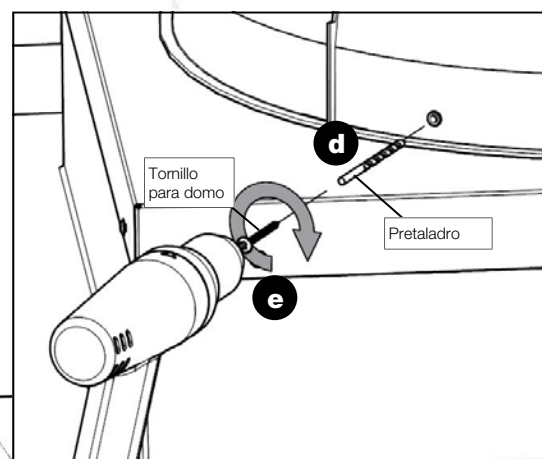


9

Opción 3: Instale el domo exterior 750 DS con el domo interior*



Inserte primero el extremo largo del espaciador de domo dejando abiertos todos los demás orificios.



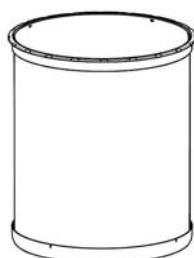
*Domo interior de policarbonato requerido para zonas ZHGV; filetes de tornillo de inmersión en selladores.

Techo abierto Instrucciones de instalación

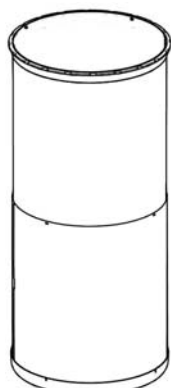
10

Determine la configuración del tubo

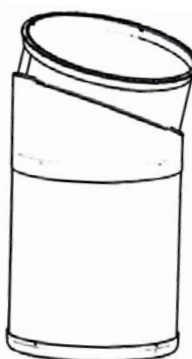
Opción 1:
Tubo de extensión único



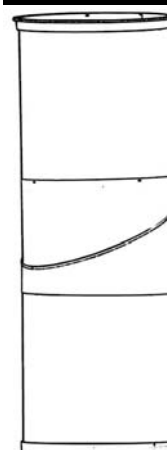
Opción 2:
Longitud adicional



Opción 3:
Para tejados inclinados



Opción 4:
Para alturas de soleras altas



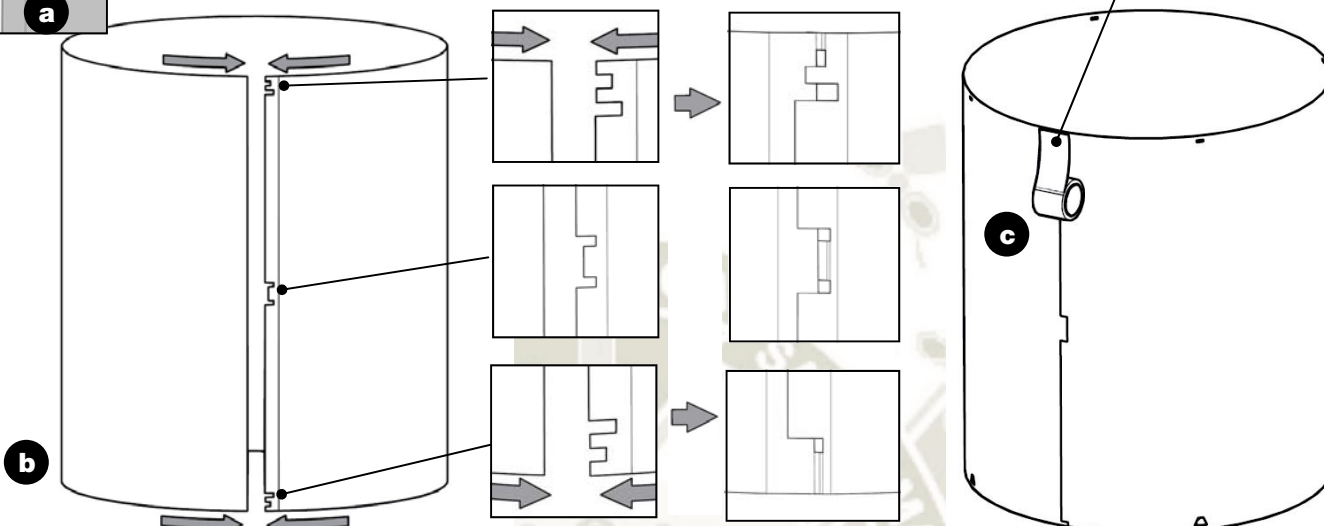
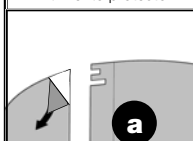
Para obtener las instrucciones de instalación más recientes, visite www.solatube.com/instructions

Solatube International, Inc. | 2210 Oak Ridge Way | Vista, CA 92081-8341 | www.solatube.com | T: 888.SOLATUBE

11

Ensamble el tubo de extensión

Retire el revestimiento protector

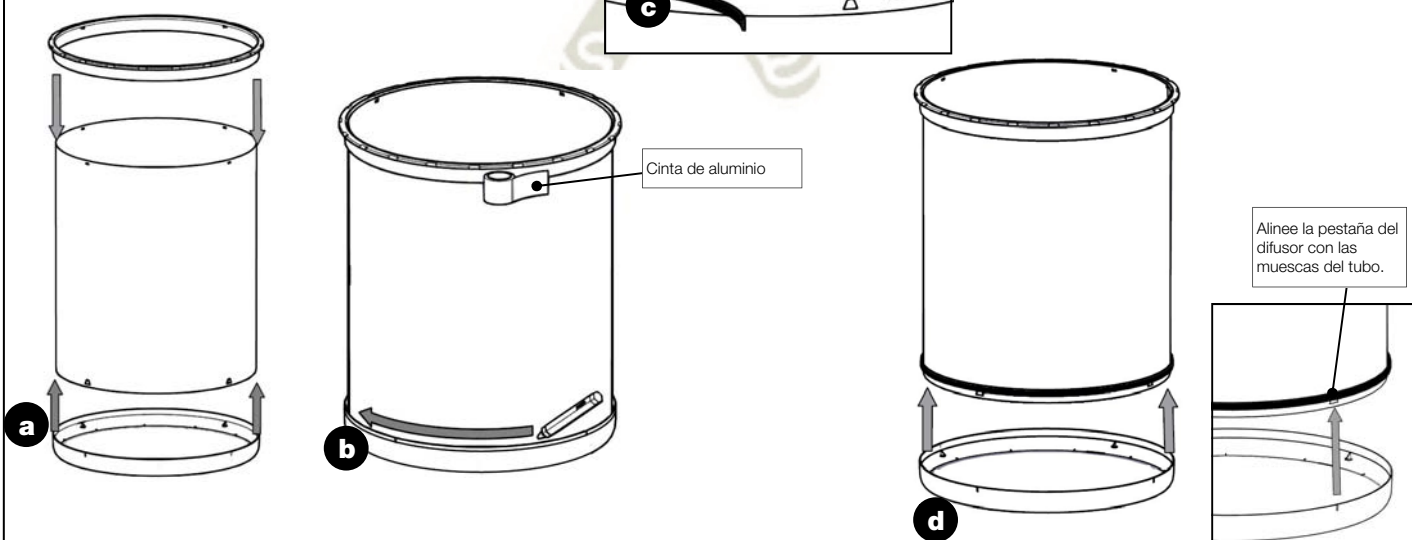


12

Instale el anillo para tubo y el difusor



Cinta de aluminio



10

Para obtener las instrucciones de instalación más recientes, visite www.solatube.com/instructions

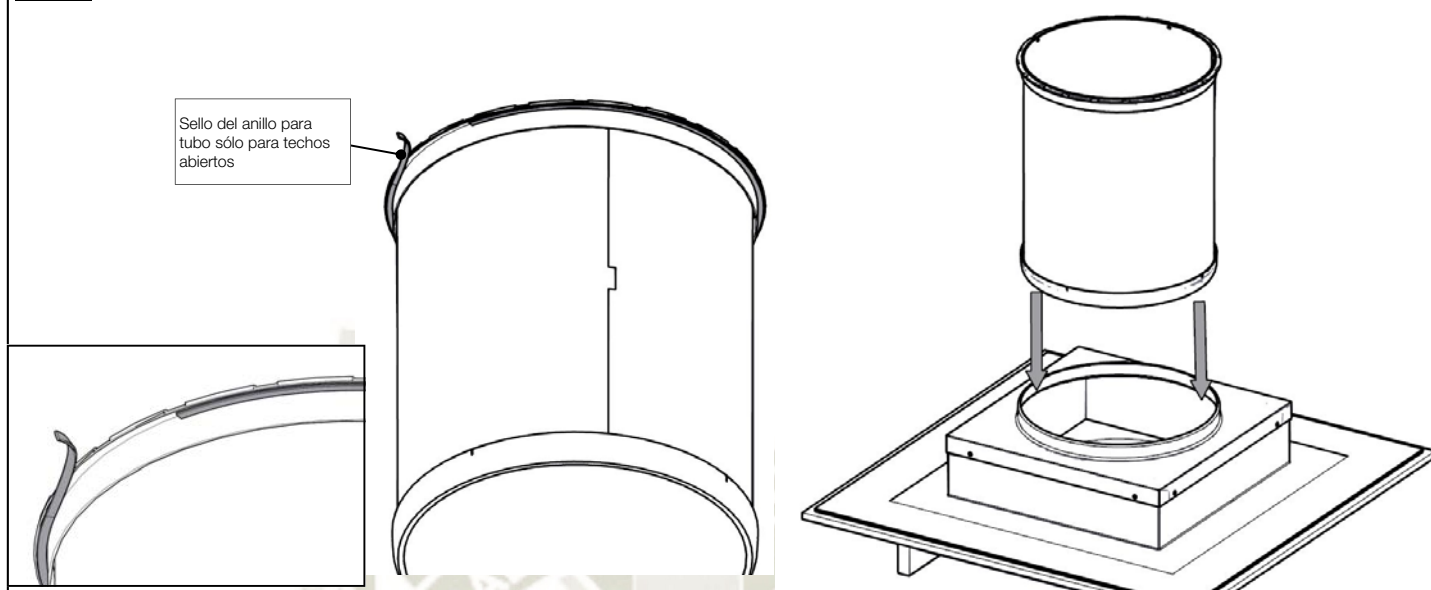
Solatube International, Inc. | 2210 Oak Ridge Way | Vista, CA 92081-8341 | www.solatube.com | T: 888.SOLATUBE

© 2010 Solatube International, Inc.

Parte nº 950160 v2.0

13

Aplique el sello del anillo para tubo e instale el tramo de tubo

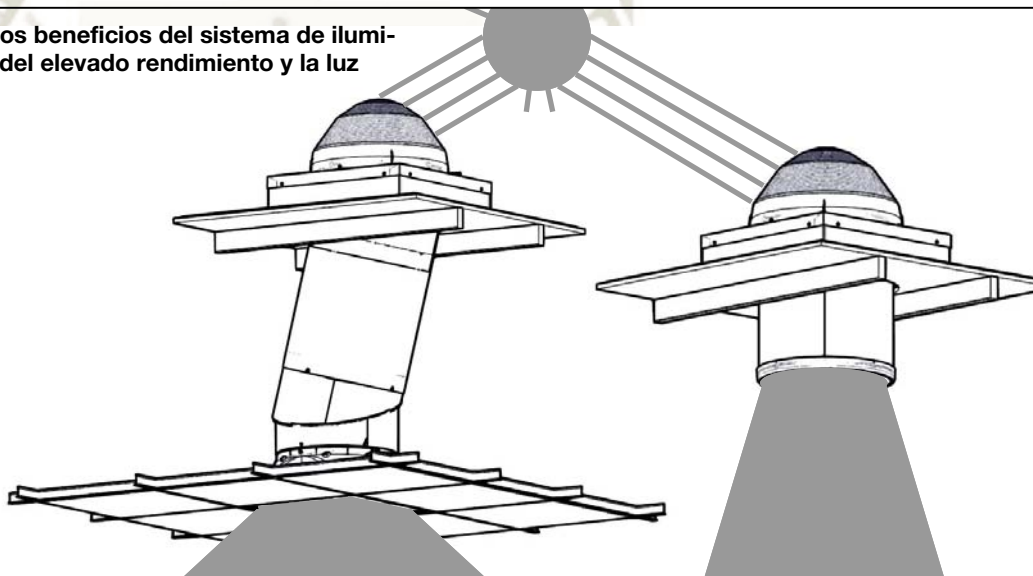


Vuelva al paso 8 para completar las instrucciones sobre techos abiertos.

14

Ahora puede disfrutar de los beneficios del sistema de iluminación natural Solatube y del elevado rendimiento y la luz natural que proporcionan.

Por favor, refiérase a la siguiente sección para consultar una lista de cubrejuntas y accesorios alternativos.



No todos los artículos que se muestran en las páginas siguientes están disponibles en todos los mercados. Las técnicas de instalación mostradas pueden variar según la región; por favor, consulte los códigos locales de construcción y a los representantes de Solatube International para recabar orientación.

Para obtener las instrucciones de instalación más recientes, visite www.solatube.com/instructions

Solatube International, Inc. | 2210 Oak Ridge Way | Vista, CA 92081-8341 | www.solatube.com | T: 888.SOLATUBE

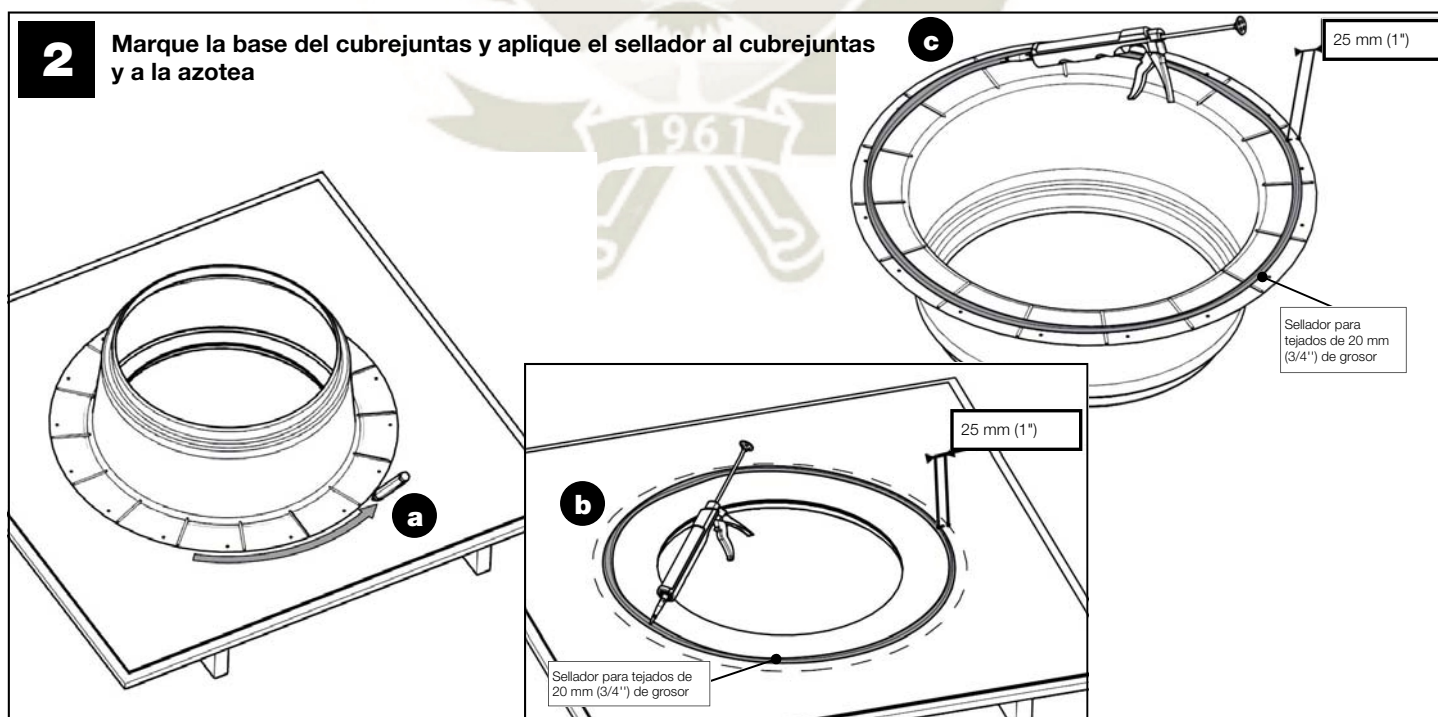
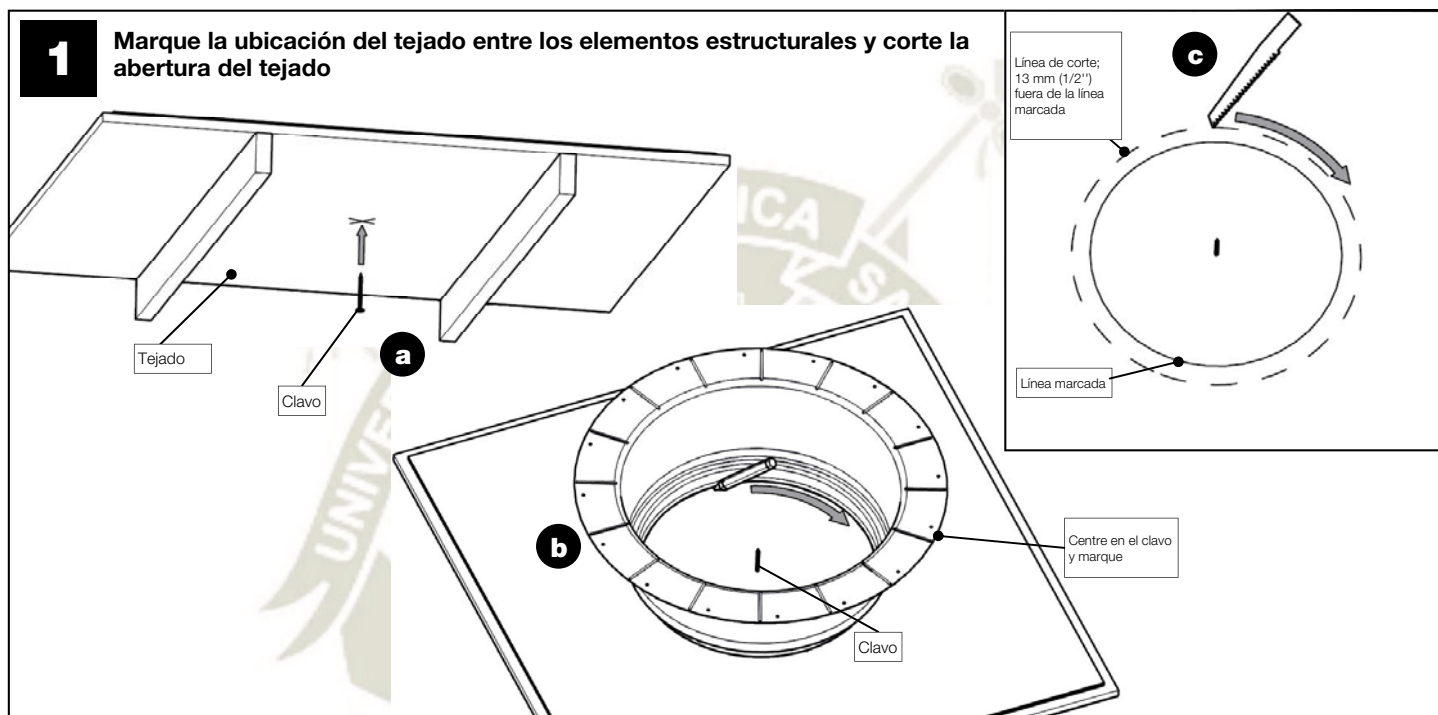
11

Cubrejuntas de auto-protección

Anexo de instrucciones de instalación

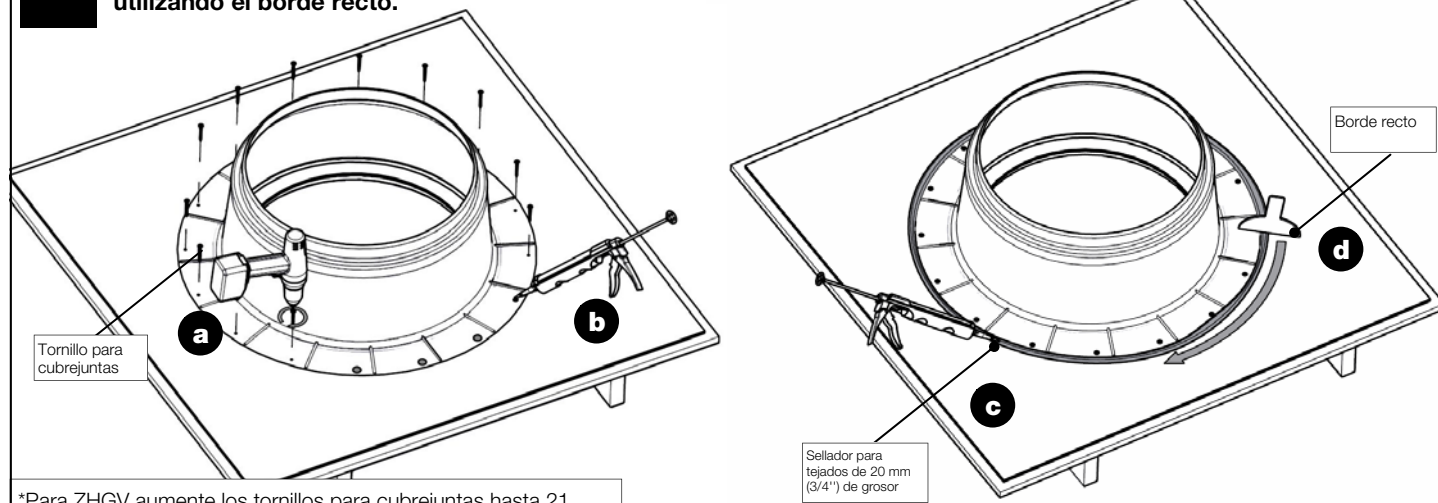
Componentes	Cantidad
1 Cubrejuntas de auto-protección de (100 mm (4"), 200 mm (8"), 280 mm (11"))	(1)
2 Tornillos para cubrejuntas n° 10 de 50 mm (2")	(21)

Materiales y herramientas adicionales	Cantidad
1 Sellador para tejados	(3)
2 Borde recto	(1)



3

Fije el cubrejuntas al tejado.* Aplique el sellador y extienda uniformemente utilizando el borde recto.



*Para ZHGV aumente los tornillos para cubrejuntas hasta 21.

Para obtener las instrucciones de instalación más recientes, visite www.solatube.com/instructions

Solatube International, Inc. | 2210 Oak Ridge Way | Vista, CA 92081-8341 | www.solatube.com | T: 888.SOLATUBE

13

© 2010 Solatube International, Inc.

Parte nº 950160 v2.0

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos

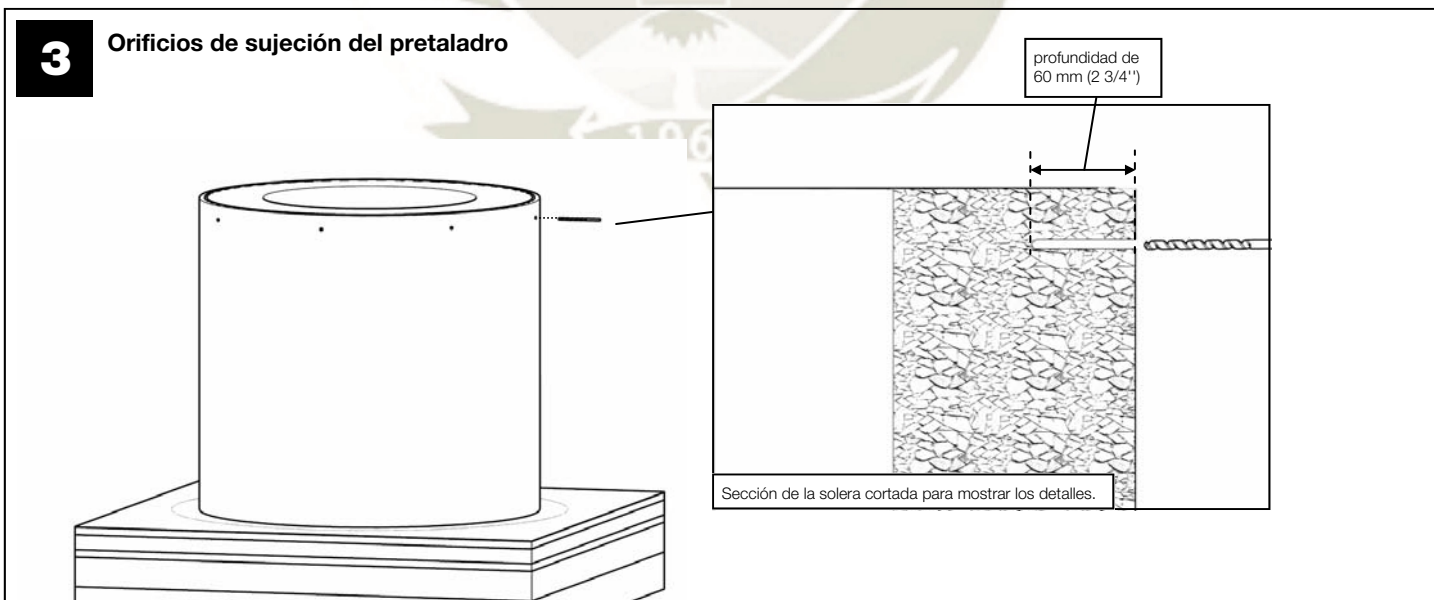
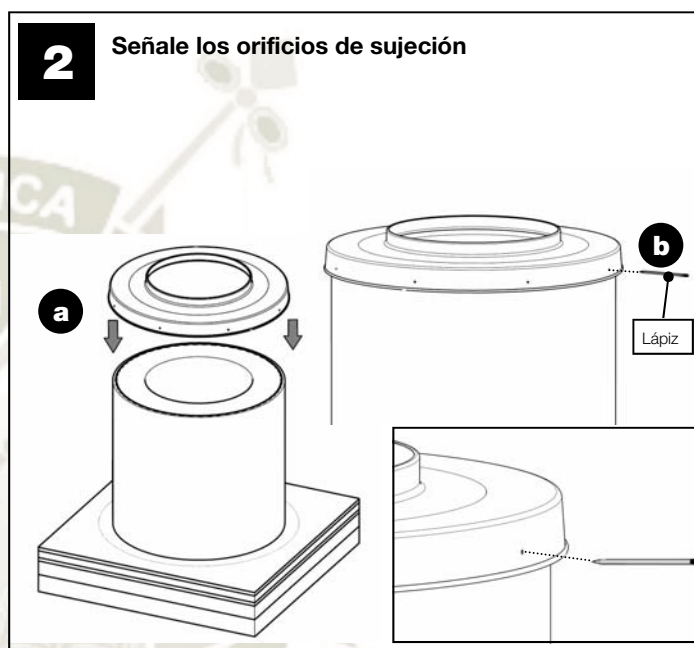
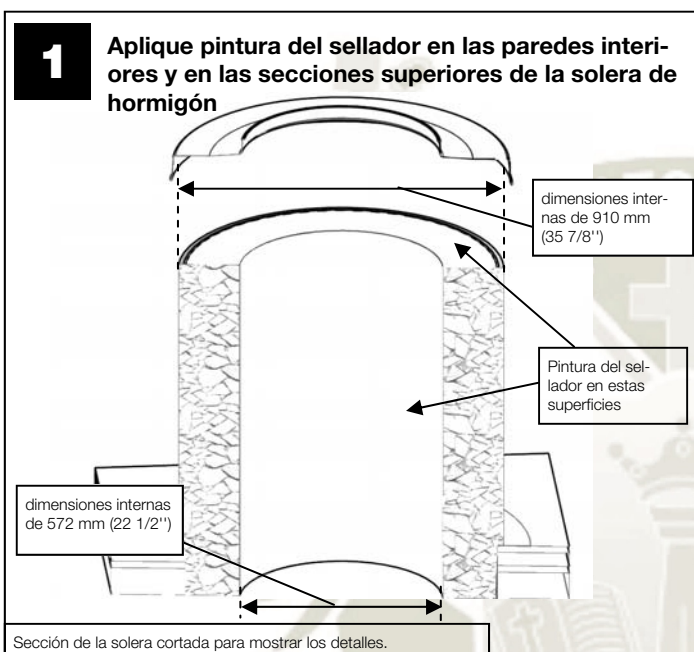
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Tapa de la solera redonda de hormigón

Anexo de instrucciones de instalación

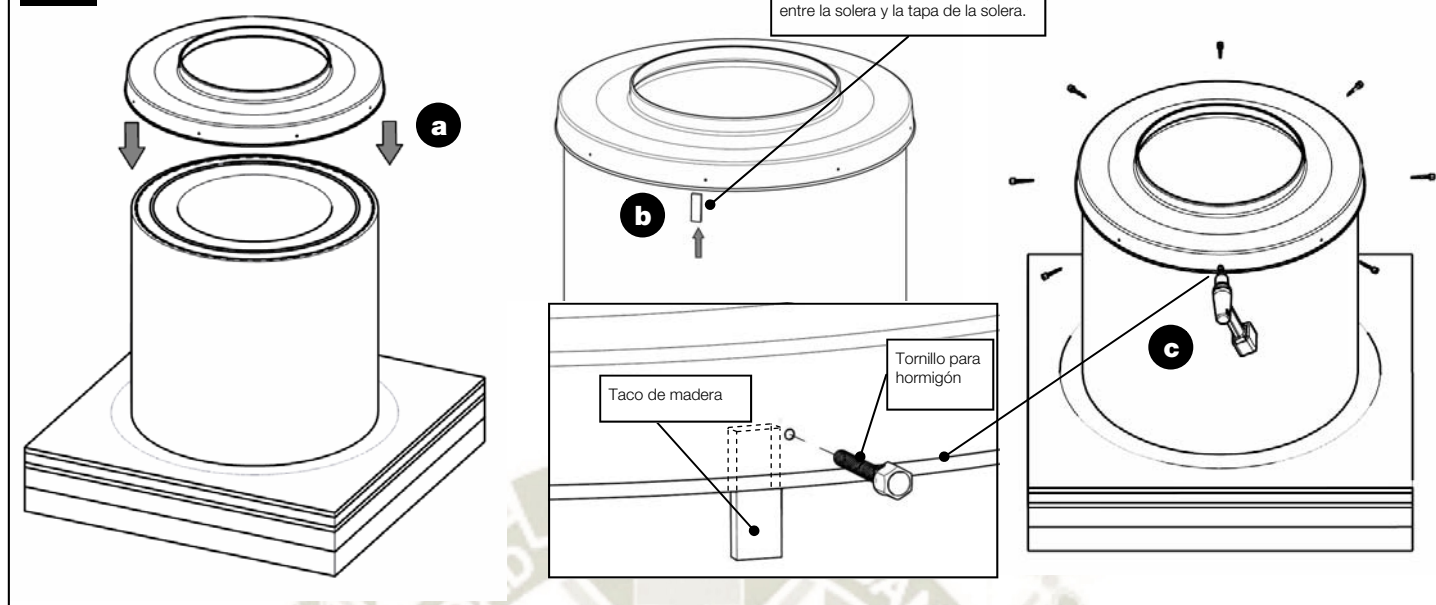
Componentes	Cantidad
1 Tapa de la solera redonda	(1)
2 Tornillo para hormigón 5 mm x 70 mm (3/16" x 2 3/4") Hex	(8)
3 Broca de taladro para hormigón de 4 mm x 89 mm (5/32" x 3 1/2")	(1)

Materiales y herramientas adicionales	Cantidad
2 Pintura del sellador (no se proporciona)	



4

Fije la tapa de la solera a la solera



Para obtener las instrucciones de instalación más recientes, visite www.solatube.com/instructions

Solatube International, Inc. | 2210 Oak Ridge Way | Vista, CA 92081-8341 | www.solatube.com | T: 888.SOLATUBE

15

© 2010 Solatube International, Inc.

Parte nº 950160 v2.0

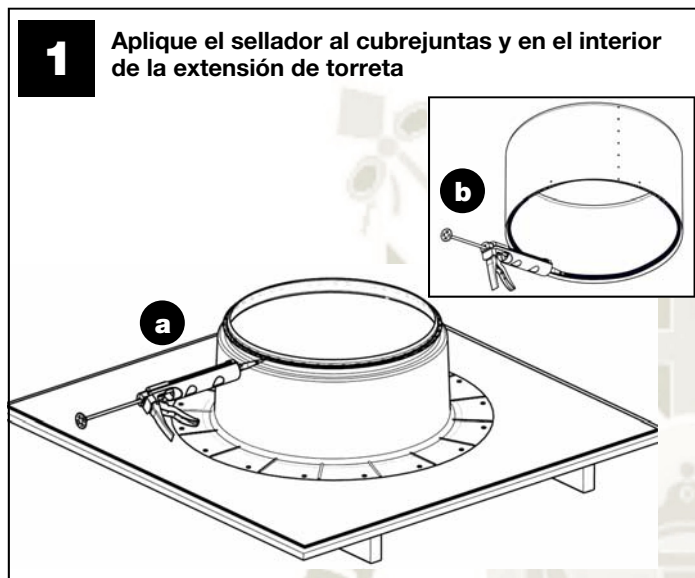
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos

En su investigación no olvide referenciar esta tesis

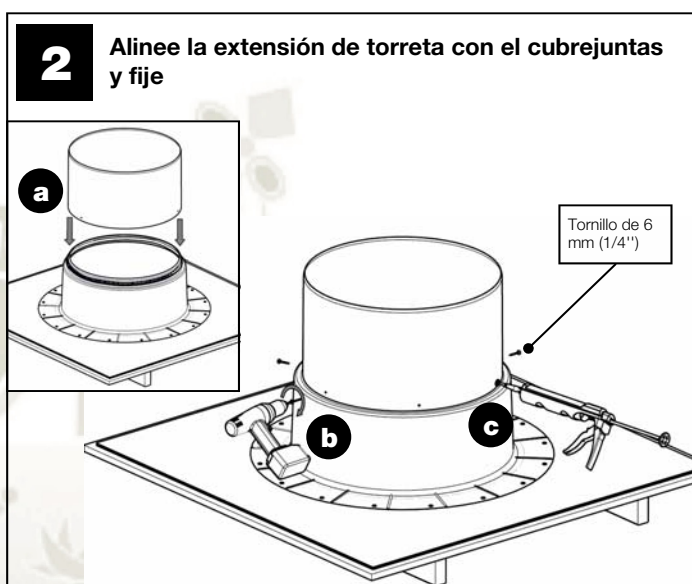
Extensión de torreta Anexo de instrucciones de instalación

Componentes	Cantidad
1 Extensión de torreta de 300 mm (12"), 600 mm (24"), 900 mm (36") o 1200 mm (48")	(1)
2 Tornillos* de 6 mm (1/4")	(4)

* Tornillos de 20 mm (3/4") sólo para una extensión de torreta de 1200 mm (48")



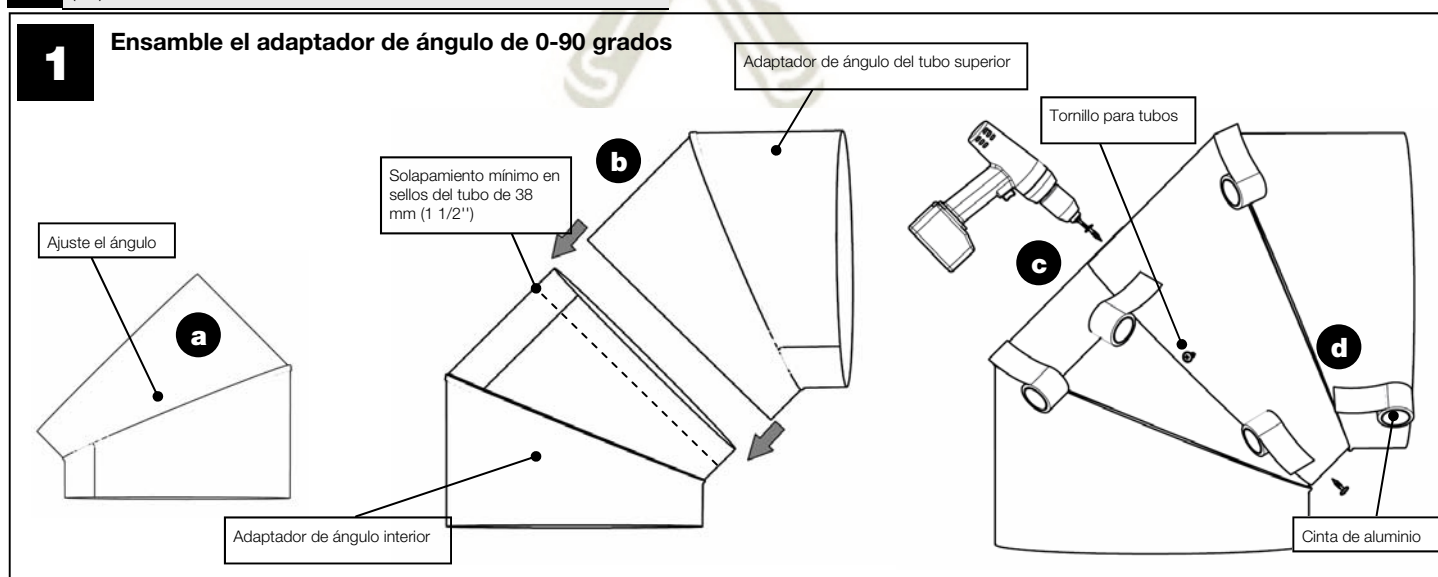
Materiales y herramientas adicionales	Cantidad
1 Sellador para tejados	(1)



Tubo de extensión de 0-90 grados Anexo de instrucciones de instalación

Componentes	Cantidad
1 Adaptador de ángulo del tubo superior	(1)
2 Adaptador de ángulo interior	(1)
3 Tornillos para tubos n° 8 de 14 mm (9/16")	(8)
4 Rollo de 2 m (6 pies) de cinta de aluminio de 51 mm (2")	(2)

Materiales y herramientas adicionales	Cantidad
1 Ninguno	



Para obtener las instrucciones de instalación más recientes, visite www.solatube.com/instructions

16 Solatube International, Inc. | 2210 Oak Ridge Way | Vista, CA 92081-8341 | www.solatube.com | T: 888.SOLATUBE

© 2010 Solatube International, Inc.

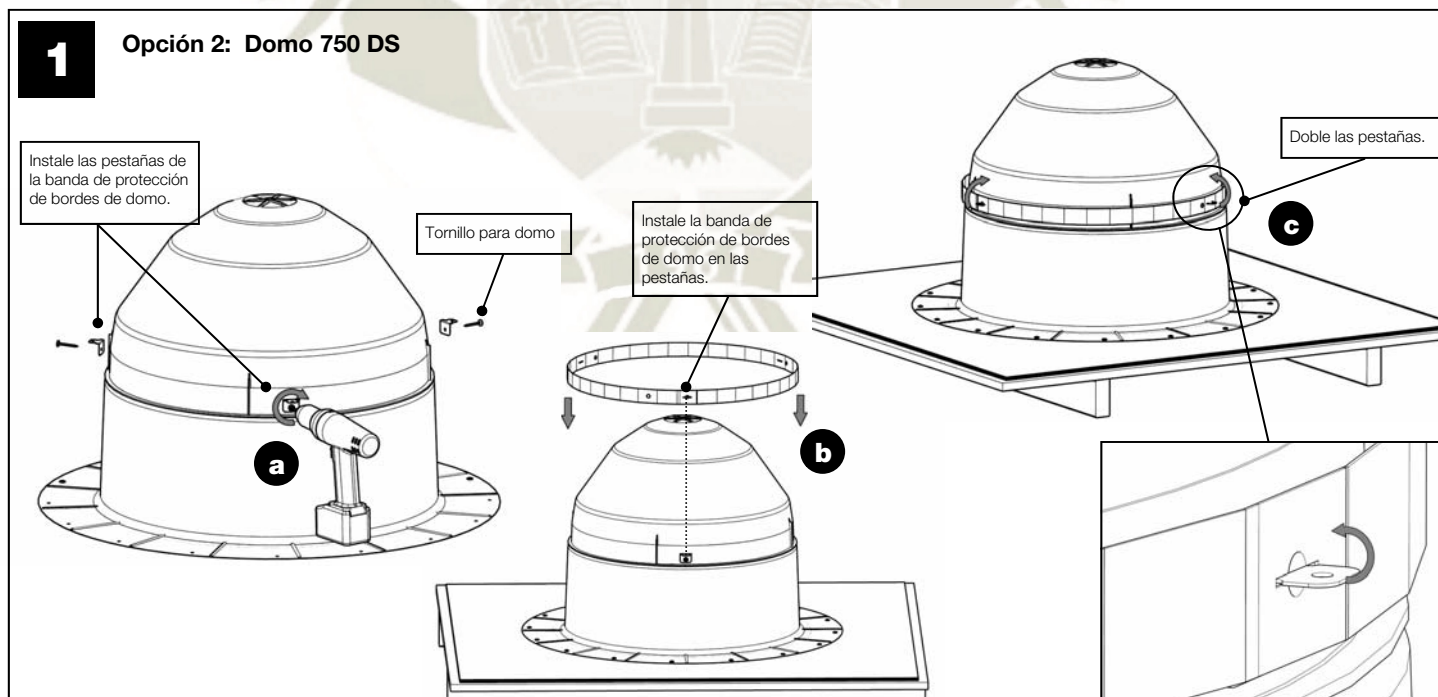
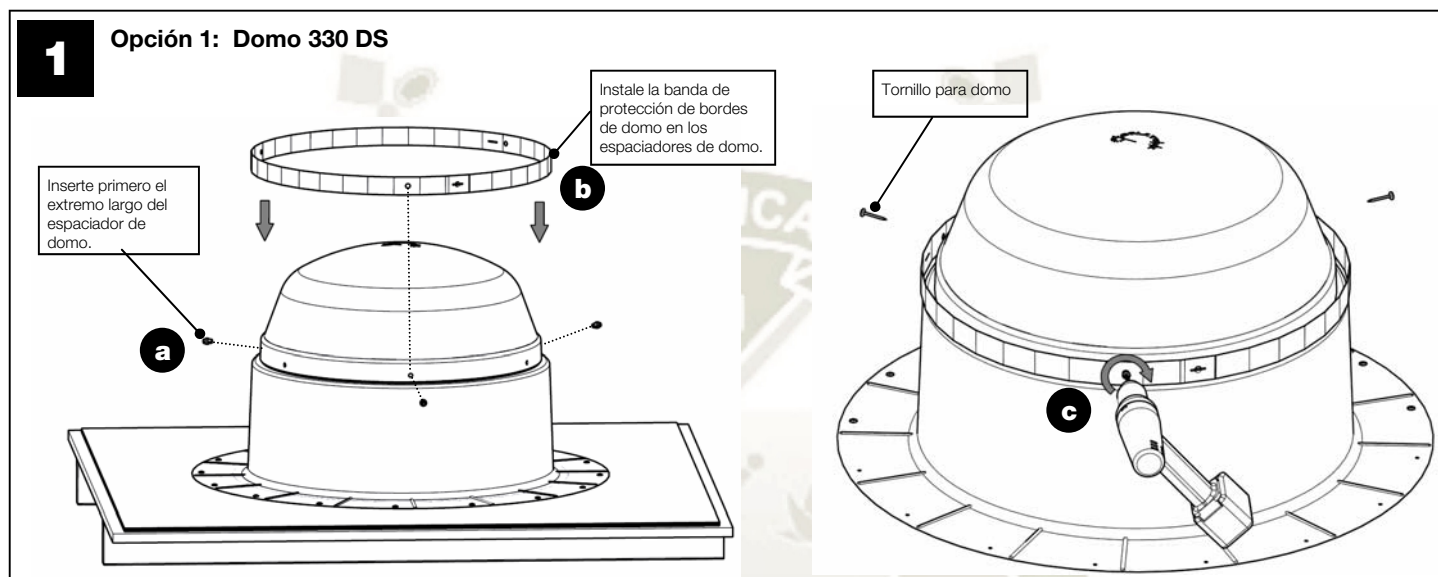
Parte n° 950160 v2.0

Banda de protección de bordes de domo

Anexo de instrucciones de instalación

Componentes	Cantidad
1 Banda de protección de bordes de domo	(1)
2 Pestaña de la banda de protección de bordes de domo	(3)

Materiales y herramientas adicionales	Cantidad
1 Ninguno	



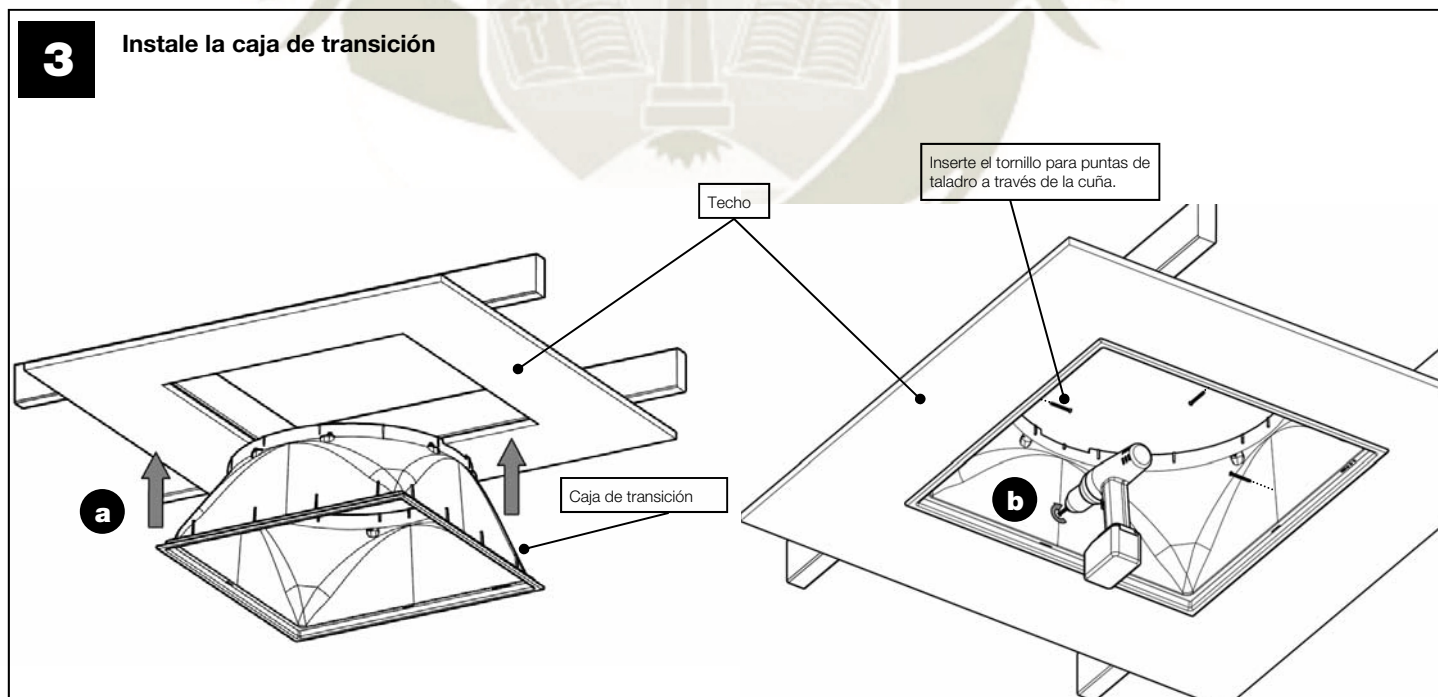
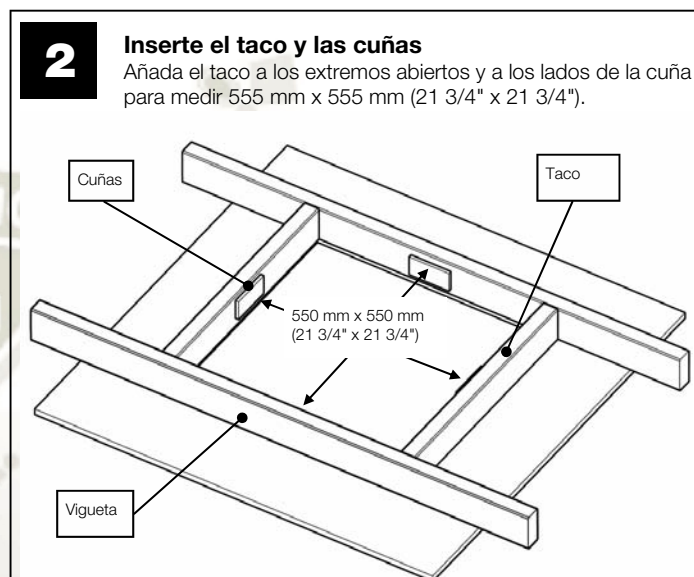
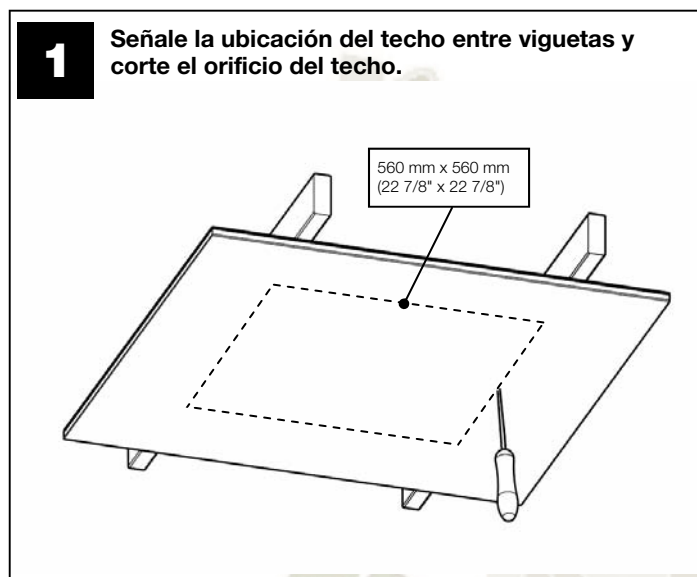
Para obtener las instrucciones de instalación más recientes, visite www.solatube.com/instructions

Solatube International, Inc. | 2210 Oak Ridge Way | Vista, CA 92081-8341 | www.solatube.com | T: 888.SOLATUBE

Techo duro Anexo de instrucciones de instalación

Componentes	Cantidad
1 Caja de transición	(1)
2 Tornillo para puntas de taladro de 40 mm (1 5/8")	(4)

Materiales y herramientas adicionales	Cantidad
1 Taco de madera	(2)
2 Cuñas	(4)

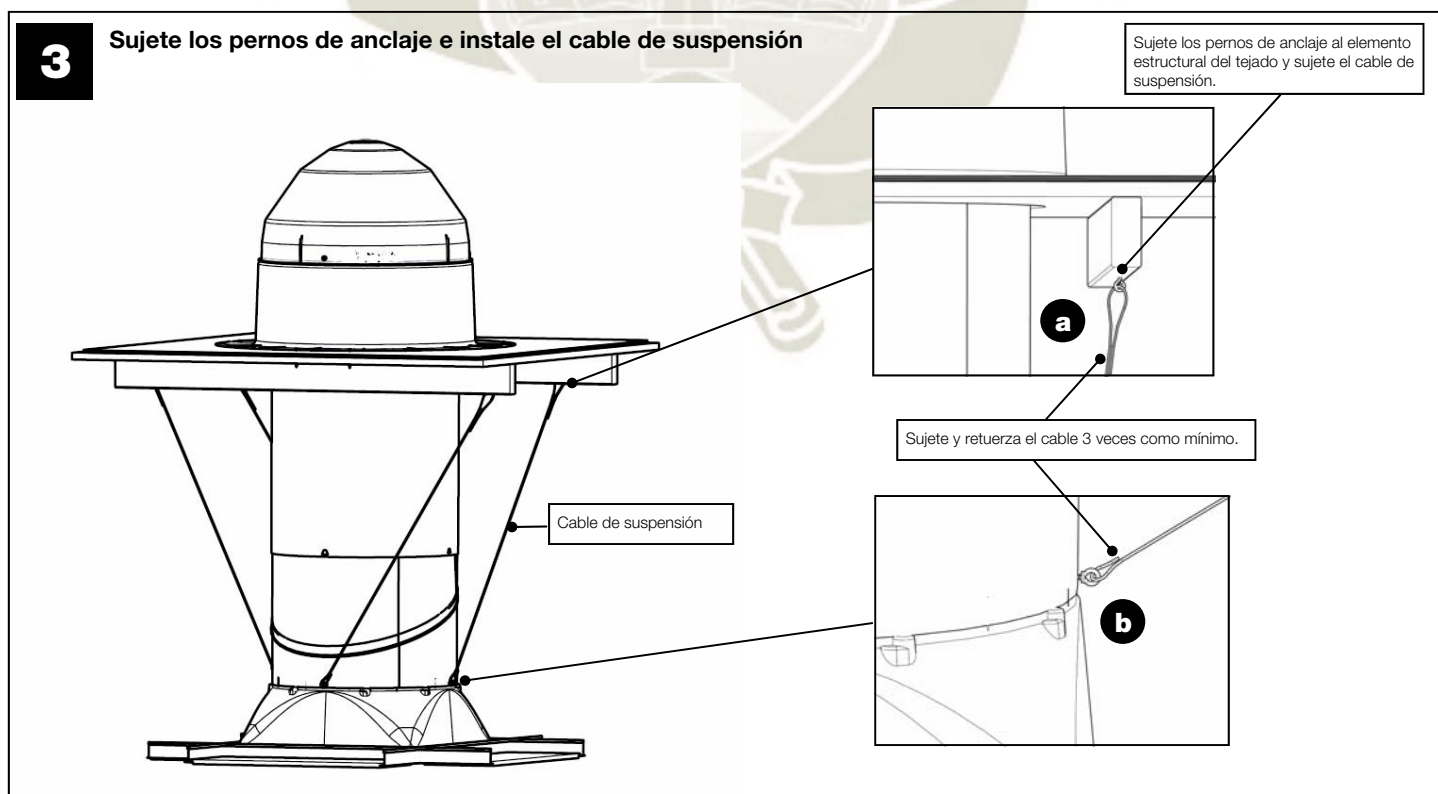
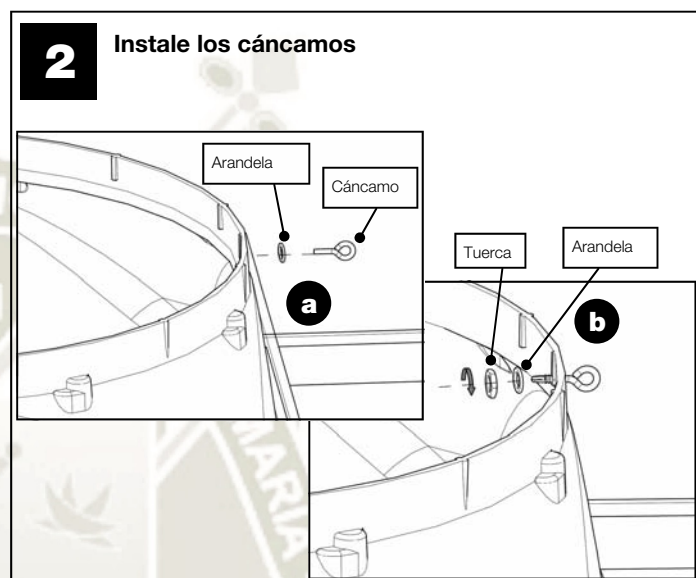
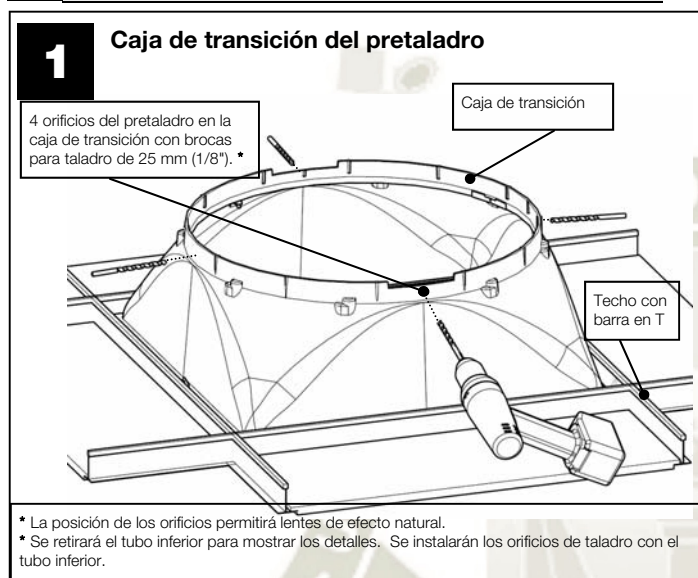


Kit de cables de suspensión

Anexo de instrucciones de instalación

Componentes	Cantidad
1 Alambre galvanizado para 16 calibre de 15,25 m (50 pies)	(1)
2 Pernos de anclaje	(4)
3 Cáncamo n° 8 de 25 mm (1/8") con tuerca y arandela	(8)

Materiales y herramientas adicionales	Cantidad
1 Brocas para taladro de 3 mm (1/8")	(1)



Para obtener las instrucciones de instalación más recientes, visite www.solatube.com/instructions

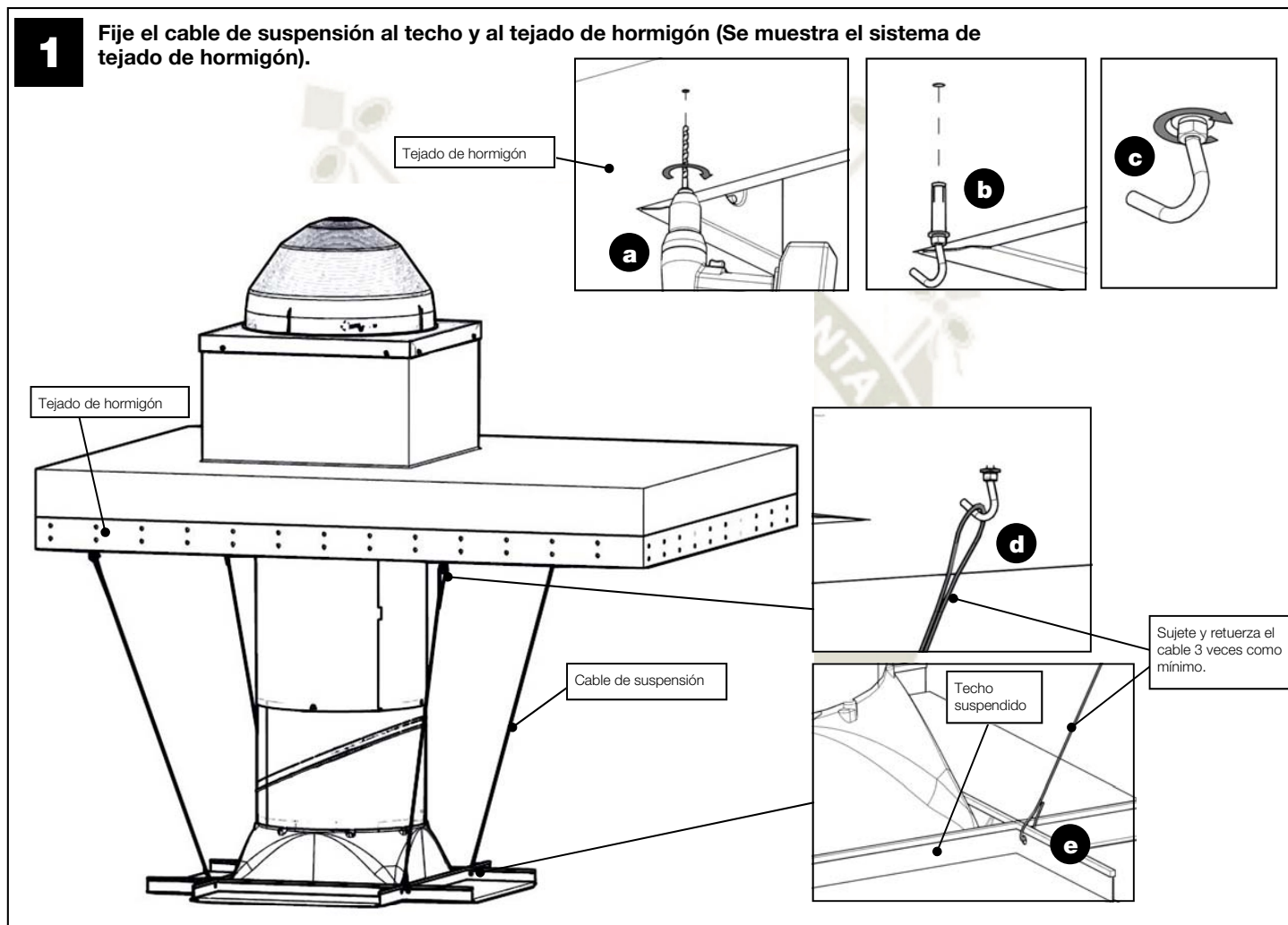
Solatube International, Inc. | 2210 Oak Ridge Way | Vista, CA 92081-8341 | www.solatube.com | T: 888.SOLATUBE

Kit de cables de suspensión para techos suspendidos

Anexo de instrucciones de instalación

Componentes	Cantidad
1 Alambre galvanizado para 16 calibre de 15,25 m (50 pies)	(1)
2 Perno de expansión (M6)	(4)

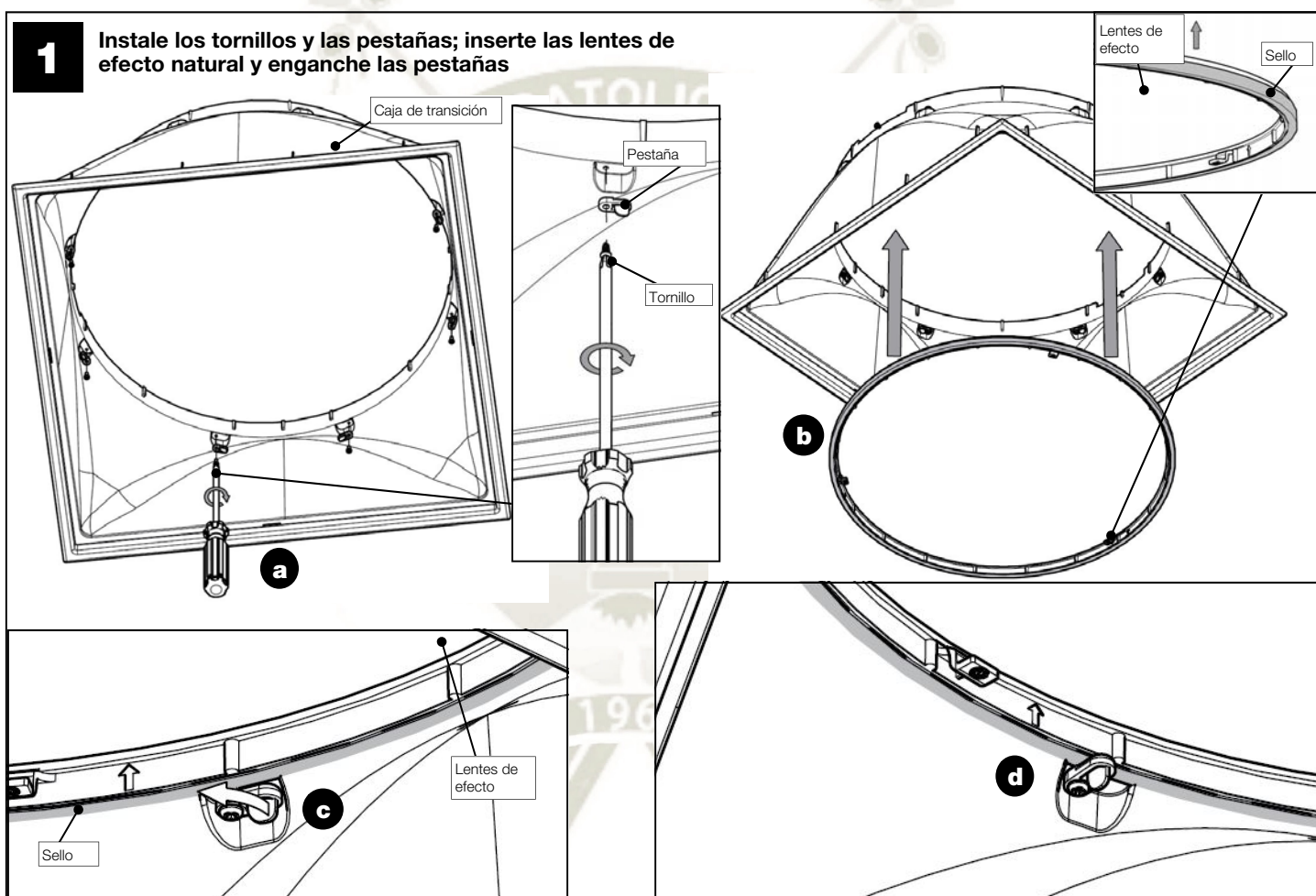
Materiales y herramientas adicionales	Cantidad
1 Brocas de taladro para hormigón de 11 mm (7/16")	(1)
2 Martillo perforador para hormigón	(1)



Lentes de efecto natural Anexo de instrucciones de instalación

Componentes *	Cantidad
1 Lentes de efecto natural 330 DS/750 DS	(1)
2 Tornillo n° 6 de 10 mm (3/8")	(8)
3 Pestaña para lentes de efecto natural	(8)

Materiales y herramientas adicionales	Cantidad
1 Ninguno	

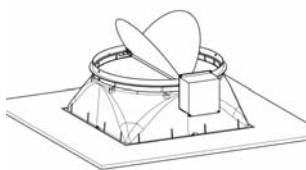


Para obtener las instrucciones de instalación más recientes, visite www.solatube.com/instructions

Solatube International, Inc. | 2210 Oak Ridge Way | Vista, CA 92081-8341 | www.solatube.com | T: 888.SOLATUBE

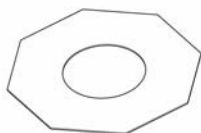
Accesorios de la serie Solamaster® de Solatube®

Añada más funciones actualizando su sistema de iluminación natural Solatube con cualquiera de estos estu-
pendos accesorios.



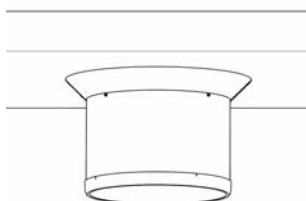
Regulador de luz

Puesto que no necesita el 100% de la luz el 100% del tiempo, el innovador regulador de luz Solatube controla con faci-
lidad la cantidad de luz natural que penetra en una estancia con la ayuda de un interruptor. Nuestro deflector de mari-
posa variable patentado controla la emisión luminosa.



Aislante para cubrejuntas

Este material aislante ayuda a reducir la condensación en climas fríos cuando el cubrejuntas está expuesto a un espacio
interior húmedo. El aislante se acopla a la base del cubrejuntas y el tubo superior se desliza a través de la abertura, cre-
ando un sello entre el interior y el cubrejuntas metálico.



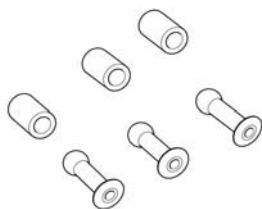
Anillo de compensación para techos abiertos

Se utiliza con las configuraciones de techo abierto 330 DS y 750 DS de Solatube. El anillo de compensación
otorga una apariencia acabada a la instalación.



Barra de seguridad

Esta barra de seguridad inoxidable se empotra en la torreta del cubrejuntas a través del diámetro de la abertura. La barra
se fija utilizando remaches y evita la entrada a través del domo.



Kit de seguridad del domo

Este kit se compone de tres remaches con espaciadores de nylon, que sustituyen los tornillos para domo. El kit de
seguridad del domo reduce la posibilidad de que éste se retire.