



**Centro Universitario de la Defensa
en la Escuela Naval Militar**

TRABAJO FIN DE GRADO

*Modelado fotométrico LED en 3D mediante tecnología
BIM2BEM de la biblioteca académica “Gabriel Císcar y Císcar”
en la Escuela Naval Militar*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Javier Vereda Gorgé

DIRECTOR: Xavier Núñez Nieto

CURSO ACADÉMICO: 2018 - 2019

Universida_{de}Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Modelado fotométrico LED en 3D mediante tecnología
BIM2BEM de la biblioteca académica "Gabriel Císcar y Císcar"
en la Escuela Naval Militar*

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Cuerpo General

Universida_{de}Vigo

RESUMEN

El presente trabajo plantea el estudio fotométrico de la biblioteca académica “Gabriel Císcar y Císcar” situada en la Escuela Naval Militar de Marín, así como su posterior optimización a través de dos propuestas: una convencional y una de bajo coste. Se ha estudiado la instalación actual mostrando claramente la insuficiencia lumínica que presenta, sin llegar a satisfacer los requisitos estipulados en las diferentes normativas vigentes; además de los peligros presentes asociados a la Luz Azul Dañina, el parpadeo y el deslumbramiento. Para esto, se ha desarrollado una aplicación en lenguaje MATLAB que facilite el cálculo del índice de deslumbramiento unificado (UGR) en el local de estudio. Con el propósito de mejorar la instalación actual, se han planteado dos alternativas basadas en la tecnología de iluminación LED para lo que se ha recurrido a una maqueta virtual tridimensional y fotorrealista del edificio en cuestión creada mediante el software BIM específico de iluminación DIALux evo. Asimismo, se ha realizado un estudio de amortización con el objetivo de constatar la viabilidad de estas propuestas, así como el ahorro energético que supondrían.

PALABRAS CLAVE

Maqueta virtual, BIM2BEM, Luz Azul Dañina, *flicker*, calculadora UGR

AGRADECIMIENTOS

Como no podía ser de otra manera, me gustaría empezar agradeciendo al Dr. Xavier Núñez Nieto por su esfuerzo y dedicación durante el desarrollo del presente trabajo y, sobre todo, por ser capaz de canalizar y moldear las ideas que fueron surgiendo de él.

Al personal de la Oficina de Mantenimiento de la Escuela Naval Militar y, concretamente, a Ana María López por su ayuda desinteresada en la recopilación de información.

Al personal del Taller de Electricidad por la instalación de las luminarias que permitieron su validación.

A todos aquellos profesores militares y civiles que me han guiado a lo largo de estos 5 años de Escuela y que han colaborado en mayor o menor medida a la formación recibida de la que me siento orgulloso.

A la 419 y la 149, por haber sido mis hermanos estos 5 años, por los momentos y las experiencias que hemos vivido juntos, por saber marcar la diferencia y por hacer de mi paso por la Escuela un capítulo inolvidable de mi vida.

Para cerrar, no puedo acabar estas líneas sin agradecerle a mi familia su apoyo incondicional. Por estar ahí durante los mejores momentos, pero también cuando se complicaban. Por haber sido una guía en mis decisiones y un modelo en el que fijarme. Porque sin ellos no estaría aquí y porque con ellos llegaré a cualquier parte.

CONTENIDO

Contenido	1
Índice de Figuras	4
Índice de Tablas.....	9
1 Introducción.....	11
1.1 Antecedentes	11
1.2 Justificación	12
1.3 Objetivos	12
1.4 Ubicación	12
1.5 Marco legal	13
1.6 Estructura	13
2 Estado del arte	15
2.1 Descripción del apartado.....	15
2.2 Iluminación	15
2.2.1 Concepto de iluminación	15
2.2.2 Definiciones luminotécnicas.....	16
2.2.3 Iluminación de interiores	17
2.2.4 Espectro visible.....	18
2.2.5 Luz Azul Dañina.....	19
2.2.6 Parpadeo	20
2.2.7 Deslumbramiento.....	21
2.3 LED.....	22
2.3.1 Fundamentos del funcionamiento LED [22]	22
2.3.2 LED como parte de la iluminación en interiores	23
2.4 BIM	24
2.5 BEM.....	25
2.6 BIM2BEM	25
2.7 Software utilizado	26
2.7.1 DIALux evo 8.1	26
2.7.2 Autodesk AutoCAD 2019.....	27
2.7.3 MATLAB 2019b	27
2.7.4 Gimp	28
3 Desarrollo	29
3.1 Introducción	29

3.2 Estudio luminotécnico.....	29
3.2.1 Introducción	29
3.2.2 Equipo utilizado	29
3.2.3 Definición de zonas de trabajo	33
3.2.4 Estudio básico	33
3.2.5 Espectro	34
3.2.6 Luz Azul Dañina.....	36
3.2.7 Parpadeo	37
3.2.8 Deslumbramiento.....	38
3.3 Diseño previo	44
3.3.1 Plano de emplazamiento y ortofotos.....	44
3.3.2 Corroboración y corrección de los planos de la biblioteca.....	46
3.3.3 Modelado del mobiliario de la biblioteca	48
3.3.4 Texturas	50
3.4 Modelado fotométrico.....	51
3.4.1 Herramientas de visionado	52
3.4.2 Modelado BIM.....	52
3.4.3 Modelado BEM iluminación	60
3.4.4 Menú “Objetos de cálculo”	67
3.4.5 Luminarias seleccionadas para la simulación.....	69
3.4.6 Simulación	70
3.5 Propuesta <i>Low Cost</i>	72
3.5.1 Luminarias <i>Low Cost</i> seleccionadas.....	72
3.5.2 Estudio básico, espectro, Luz Azul Dañina, parpadeo y UGR.....	75
3.5.3 Validación.....	75
3.6 Estudio de amortización.....	79
3.6.1 Desarrollo	79
4 Resultados	81
4.1 Estudio luminotécnico.....	81
4.1.1 Estudio básico	81
4.1.2 Espectro	86
4.1.3 Luz Azul Dañina.....	89
4.1.4 Parpadeo	91
4.1.5 Deslumbramiento.....	93
4.1.6 Resultados.....	97
4.2 Modelado fotométrico.....	98

4.2.1	Diseño previo	98
4.2.2	Modelado BIM2BEM	114
4.2.3	Estudio luminotécnico de la propuesta de Philips	116
4.3	Estudio luminotécnico de la alternativa <i>Low Cost</i>	118
4.3.1	Estudio Básico	118
4.3.2	Espectro	119
4.3.3	Luz Azul Dañina	121
4.3.4	Parpadeo	122
4.3.5	Deslumbramiento	124
4.3.6	Resultados	124
4.3.7	Validación	125
4.4	Estudio amortización	127
4.4.1	Cálculos	127
4.4.2	Punto de amortización	129
5	Conclusiones y líneas futuras	133
5.1	Descripción	133
5.2	Conclusiones	133
5.2.1	Conclusiones previas	133
5.2.2	Conclusiones finales	135
5.3	Líneas futuras	135
5.3.1	Corto plazo	135
5.3.2	Largo Plazo	135
6	Bibliografía	136
	Anexo I: Script de MATLAB	
	Anexo II: Luminarias actuales	
	Anexo III: Informe instalación Philips	
	Anexo IV: Informe instalación <i>Low Cost</i>	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Biblioteca académica "Gabriel Císcar y Císcar"	11
Figura 1-2 Situación biblioteca académica "Gabriel Císcar y Císcar"	12
Figura 2-1 Luz visible en el espectro electromagnético [2].....	15
Figura 2-2 Diferencia conceptual entre lumen, candela y lux [4].....	16
Figura 2-3 Ejemplo de alumbrado general (A), general localizado (B) y localizado (C) [7]	17
Figura 2-4 Espectro radiado por el sol en un día nublado (medido con el MK350S PREMIUM).....	18
Figura 2-5 Objeto de color rojo iluminado por la luz del sol (medido con el MK350S PREMIUM).....	18
Figura 2-6 Espectro de una pantalla sin protección con un fondo de pantalla estándar [13].....	19
Figura 2-7 Radiación de la pantalla de un iPhone X con (rojo) y sin (azul) la funcionalidad "Night Shift"	20
Figura 2-8 Curva tiempo-voltaje [15]	21
Figura 2-9 Estructura básica de un LED [23]	23
Figura 2-10 Las 6 dimensiones del BIM [29]	24
Figura 2-11 Simbiosis entre los modelos BIM y BEM [33]	25
Figura 2-12 DIALux evo 8.1 [35].....	26
Figura 2-13 Autodesk AutoCAD [26]	27
Figura 2-14 Logo MATLAB [37]	27
Figura 2-15 Logo Gimp [38].....	28
Figura 3-1 Luxómetro PCE-174 de PCE Ibérica	30
Figura 3-2 Espectrómetro MK350S PREMIUM	31
Figura 3-3 Interfaz de la aplicación de escritorio uSpectrum del MK350S PREMIUM.....	31
Figura 3-4 Interfaz de la aplicación móvil uSpectrum del MK350S PREMIUM	32
Figura 3-5 Submenú del espectro del MK350S PREMIUM	35
Figura 3-6 Submenús CIE1931 y CIE1976 del MK350S PREMIUM	35
Figura 3-7 Submenú CRI del MK350S PREMIUM.....	36
Figura 3-8 Submenú de daño por Luz Azul del MK350S PREMIUM.....	37
Figura 3-9 Submenú de parpadeo del MK350S PREMIUM	37
Figura 3-10 Submenú de riesgo de parpadeo del MK350S PREMIUM.....	38
Figura 3-11 Código principal del programa.....	39
Figura 3-12 Función "lugar"	40
Figura 3-13 Función "luminaria" (1/5)	41
Figura 3-14 Función "luminaria" (2/5)	41
Figura 3-15 Función "luminaria" (3/5)	41

Figura 3-16 Función "luminaria" (4/5)	42
Figura 3-17 Función "luminaria" (5/5)	42
Figura 3-18 Función "solid_a"	42
Figura 3-19 Función "ilum_to_lum"	43
Figura 3-20 Función "angle_lum"	43
Figura 3-21 Función "guth"	44
Figura 3-22 Rolatape RT412D siendo utilizado en el helipuerto de la ENM.....	45
Figura 3-23 Dibujo del plano de aproximación en base a ortofotos	46
Figura 3-24 Telémetro láser BOSCH GLM 100 C	47
Figura 3-25 Modelado en 2D previo en AutoCAD.....	48
Figura 3-26 Extrusión de dibujos con la herramienta "Presionartirar" en AutoCAD.....	48
Figura 3-27 Movimiento de piezas utilizando la herramienta "Desplaza" en AutoCAD	49
Figura 3-28 Unión de las partes y exportación de la pieza en AutoCAD.....	49
Figura 3-29 Muestra de muebles de la biblioteca modelados con AutoCAD.....	50
Figura 3-30 Edición de una imagen con GIMP para posterior importación como textura.....	50
Figura 3-31 Pantalla inicial DIALux evo.....	51
Figura 3-32 Interfaz de usuario DIALux evo en modo "Planificación de exteriores y edificio".....	51
Figura 3-33 Herramientas de visionado del software DIALux Evo	52
Figura 3-34 Herramientas del menú construcción DIALux Evo	53
Figura 3-35 Submenú "Planos" DIALux Evo	53
Figura 3-36 Submenú "Terreno" DIALux	54
Figura 3-37 Submenú "Construcción de plantas y edificio" DIALux	54
Figura 3-38 Submenú "Aberturas de edificio" DIALux	55
Figura 3-39 Submenú "Áreas" DIALux.....	56
Figura 3-40 Submenú "Elementos de ambiente" DIALux.....	56
Figura 3-41 Submenú "Muebles y objetos" DIALux.....	57
Figura 3-42 Cuerpo creado por extrusión (espejo) y objeto importado de librería libre (lavabo).....	57
Figura 3-43 Catálogo de objetos DIALux Evo	58
Figura 3-44 Mesas del estudio modeladas en AutoCAD e importadas a DIALux evo	58
Figura 3-45 Herramientas de manipulación de objetos DIALux evo	58
Figura 3-46 Submenú "Materiales" DIALux evo	59
Figura 3-47 Catálogos de texturas DIALux evo	60
Figura 3-48 Textura de columnas y cuadros importadas a DIALux evo	60
Figura 3-49 Menús "Luz" y "Fabricantes" DIALux evo	61
Figura 3-50 Menú "Fabricantes" DIALux evo	61

Figura 3-51 Plugin del catálogo de PHILIPS.....	62
Figura 3-52 Catálogo web PHILIPS	62
Figura 3-53 Catálogo genérico LUMsearch.....	63
Figura 3-54 Comparación de fabricantes de luminarias	63
Figura 3-55 Submenú "Luminarias" DIALux evo	64
Figura 3-56 Proceso de iteración para encontrar la distribución óptima	65
Figura 3-57 Submenú "Articulaciones" DIALux evo.....	65
Figura 3-58 Submenú "Filtros" y catálogo de filtros DIALux evo.....	66
Figura 3-59 Submenú "Consumo de energía" DIALux evo	66
Figura 3-60 Menú "Objetos de cálculo" DIALux evo	67
Figura 3-61 Submenú "Objetos de cálculo" DIALux evo	67
Figura 3-62 Submenú "Planos útiles" DIALux evo.....	68
Figura 3-63 Panel Philips CoreLine (izquierda) y diagrama polar (derecha).....	69
Figura 3-64 Downlight Philips CoreLine (izquierda) y diagrama polar (derecha).....	70
Figura 3-65 Herramientas de simulación DIALux evo.....	70
Figura 3-66 Ajustes del cálculo de la iluminación DIALux evo	71
Figura 3-67 Diferencia visualización sin cálculo (izquierda) y con cálculo (derecha).....	71
Figura 3-68 Diferencia visualización sin Raytrace (izquierda) y con Raytrace (derecha)	72
Figura 3-69 Diagrama polar de la emisión de luz del panel de Beldeus [56] y archivo correspondiente	73
Figura 3-70 Diagrama polar de la emisión de luz del <i>Downlight</i> de Beldeus [57] y archivo correspondiente	74
Figura 3-71 Aula 41 del Isaac Peral.....	75
Figura 3-72 Aula 41 simulada.....	76
Figura 3-73 Malla de puntos en DIALux evo y en el local de estudio	76
Figura 3-74 Instalación de las luminarias en el aula 41	77
Figura 3-75 Derivación eléctrica de la instalación provisional.....	77
Figura 3-76 Proceso de toma de medidas en el aula 41	78
Figura 3-77 Comparación de la fotometría del panel LED.....	78
Figura 3-78 Comparación de la fotometría del <i>downlight</i> LED	79
Figura 4-1 Análisis del espectro de la luminaria LIFEMAX (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM).....	86
Figura 4-2 Análisis del IRC de la luminaria LIFEMAX (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM).....	87
Figura 4-3 Análisis del espectro de la luminaria MASTER (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM).....	87
Figura 4-4 Análisis del IRC de la luminaria MASTER (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM).....	88

Figura 4-5 Análisis del espectro de la luminaria OSRAM (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM).....	88
Figura 4-6 Análisis del IRC de la luminaria OSRAM (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM).....	89
Figura 4-7 Análisis de Luz Azul Dañina de la LIFEMAX Super 80 JIS (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM)	89
Figura 4-8 Análisis de Luz Azul Dañina de la MASTER TL-D Super 80 (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM)	90
Figura 4-9 Análisis de Luz Azul Dañina de la OSRAM DULUX 26/830 (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM)	91
Figura 4-10 Análisis del parpadeo de LIFEMAX Super 80 JIS (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM).....	91
Figura 4-11 Análisis del parpadeo de MASTER TL-D Super 80 (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM).....	92
Figura 4-12 Análisis del parpadeo de OSRAM DULUX D 26/830 (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM)	93
Figura 4-13 Ventana “Posición” de la calculadora de UGR.....	94
Figura 4-14 Ventana “Esquema” de la calculadora de UGR.....	94
Figura 4-15 Ventana "Iluminancia - Luminancia" de la calculadora de UGR	95
Figura 4-16 Ventana "Deslumbramiento" de la calculadora de UGR	95
Figura 4-17 Tabla de descripciones de la calculadora de UGR.....	96
Figura 4-18 Vista exterior renderizada (izquierda) y vista en colores falsos (derecha)	114
Figura 4-19 Vista renderizada de la entrada de la biblioteca.....	114
Figura 4-20 Vista del estudio central desde el puesto del bibliotecario.....	115
Figura 4-21 Vista renderizada del local de reprografía.....	115
Figura 4-22 Vista renderizada de las mesas de la biblioteca (izquierda) y vista en colores falsos (derecha).....	115
Figura 4-23 Vista renderizada de un seminario (izquierda) y vista en colores falsos (derecha)	115
Figura 4-24 Vista renderizada del estudio (izquierda) y vista en colores falsos (derecha)	116
Figura 4-25 Formato de presentación de UGR de la propuesta Philips en DIALux evo.....	117
Figura 4-26 Análisis del espectro del panel LDV Lighting (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM).....	120
Figura 4-27 Análisis del IRC del panel LDV Lighting (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM).....	120
Figura 4-28 Análisis del espectro del <i>downlight</i> LDV Lighting (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM).....	121
Figura 4-29 Análisis del IRC del <i>downlight</i> LDV Lighting (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM).....	121
Figura 4-30 Análisis de Luz Azul Dañina del panel LDV Lighting (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM)	122

Figura 4-31 Análisis de Luz Azul Dañina del *downlight* LDV Lighting (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM) 122

Figura 4-32 Análisis del parpadeo del panel de LDV Lighting (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM)..... 123

Figura 4-33 Análisis del parpadeo del *downlight* de LDV Lighting (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM) 123

Figura 4-34 Formato de presentación de UGR de la propuesta *Low Cost* en DIALux evo..... 124

Figura 4-35 Gráfica del punto de amortización de las instalaciones 130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Magnitudes de fotometría.....	17
Tabla 2-2 Niveles de riesgo según la IEC [14]	20
Tabla 3-1 Especificaciones técnicas del luxómetro PCE-174 [39].....	30
Tabla 3-2 Especificaciones técnicas del espectrómetro MK350S PREMIUM [40].....	32
Tabla 3-3 Número mínimo de mediciones en función del índice local [41].....	33
Tabla 3-4 Requerimientos por habitáculo en la biblioteca Gabriel Císcar y Císcar	34
Tabla 3-5 IRC requerido por luminaria.....	34
Tabla 3-6 Estimación de RG por grupo de habitáculos	36
Tabla 3-7 RG mínimo aceptable por luminaria	36
Tabla 3-8 Especificaciones técnicas del Rolatape RT412D	45
Tabla 3-9 Especificaciones técnicas del telémetro láser BOSH GLM 100 C.....	47
Tabla 3-10 Características panel Philips CoreLine.....	69
Tabla 3-11 Características del downlight CoreLine	70
Tabla 3-12 Comparación de paneles LED 60x60 de diferentes proveedores locales.....	72
Tabla 3-13 Comparación de <i>downlights</i> LED de diferentes proveedores locales	73
Tabla 3-15 Características del panel de Beldeus [56].....	74
Tabla 3-16 Características del <i>downlight</i> de Beldeus [57]	74
Tabla 4-1 Cálculo del factor K de la ZT-1	81
Tabla 4-2 Cálculo del factor K de la ZT-2.....	82
Tabla 4-3 Cálculo del factor K de la ZT-3.....	82
Tabla 4-4 Cálculo del factor K de la ZT-4.....	82
Tabla 4-5 Estudio de iluminación media mantenida y uniformidad media ZT-1	83
Tabla 4-6 Estudio de iluminación media mantenida y uniformidad media ZT-2.....	83
Tabla 4-7 Estudio de iluminación media mantenida y uniformidad media ZT-3.....	84
Tabla 4-8 Estudio de iluminación media mantenida y uniformidad media ZT-4.....	84
Tabla 4-9 Valoración de parámetros luminotécnicos en la ZT-1.....	85
Tabla 4-10 Valoración de parámetros luminotécnicos en la ZT-2.....	85
Tabla 4-11 Valoración de parámetros luminotécnicos en la ZT-3.....	85
Tabla 4-12 Valoración de parámetros luminotécnicos en la ZT-4.....	86
Tabla 4-13 Resultados del cálculo de UGR en la mesa 1	96
Tabla 4-14 Resultados del cálculo de UGR en la mesa 11	97
Tabla 4-15 Resultados del cálculo de UGR en los 6 puntos aleatorios	97
Tabla 4-16 Resumen estudio instalación actual.....	98

Tabla 4-17 Valoración de parámetros luminotécnicos simulación de la ZT-1	116
Tabla 4-18 Valoración de parámetros luminotécnicos simulación de la ZT-2.....	116
Tabla 4-19 Valoración de parámetros luminotécnicos simulación de la ZT-3.....	116
Tabla 4-20 Valoración de parámetros luminotécnicos simulación de la ZT-4.....	117
Tabla 4-21 Valoración de los parámetros luminotécnicos simulación <i>Low Cost</i> ZT-1.....	118
Tabla 4-22 Valoración de los parámetros luminotécnicos simulación <i>Low Cost</i> ZT-2.....	119
Tabla 4-23 Valoración de los parámetros luminotécnicos simulación <i>Low Cost</i> ZT-3.....	119
Tabla 4-24 Valoración de los parámetros luminotécnicos simulación <i>Low Cost</i> ZT-4.....	119
Tabla 4-25 Resumen estudio de la propuesta <i>Low Cost</i>	125
Tabla 4-26 Mediciones del panel LDV Lighting realizadas sobre la malla de puntos del aula 41....	125
Tabla 4-27 Mediciones del panel LDV Lighting realizadas sobre la malla de puntos en DIALux evo.....	126
Tabla 4-28 Comparación de resultados panel LDV Lighting	126
Tabla 4-29 Mediciones del <i>downlight</i> LDV Lighting realizadas sobre la malla de puntos del aula 41.....	126
Tabla 4-30 Mediciones del <i>downlight</i> LDV Lighting realizadas sobre la malla de puntos en DIALux evo	127
Tabla 4-31 Comparación de resultados <i>downlight</i> LDV Lighting.....	127
Tabla 4-32 Cálculo de la media de horas de funcionamiento	128
Tabla 4-33 Cálculo del coste de reposición de la instalación actual.....	128
Tabla 4-34 Costes de adquisición instalaciones propuestas.....	128
Tabla 4-35 Calculo del consumo energético diario	129
Tabla 4-36 Precio acumulado de las instalaciones.....	129

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Desde que en 1943 el Almirante Patiño tomara la decisión de trasladarla a la villa de Marín en 1943, la Escuela Naval Militar (ENM) ha sido el centro de formación de los futuros oficiales de la Armada Española.

Al igual que la enseñanza la naval, las instalaciones de la Escuela Naval Militar han ido evolucionando a lo largo de los años adaptándose a las necesidades de los futuros oficiales. La incorporación de aulas de táctica naval, los nuevos simuladores táctico, de navegación y de tiro o la modernización de las clases con medios informáticos con un ordenador y proyector por aula.

Con la llegada del plan Bolonia, el Ministerio de Defensa decide que en la Escuela Naval Militar se instaure un nuevo plan de estudios en el que se imparta una doble titulación: por un lado, se mantendría la propia formación militar y por otro, se introduciría el grado en ingeniería mecánica de la mano de la Universidad de Vigo. Para alcanzar este objetivo, se creó el Centro Universitario de la Defensa (CUD), encargado de la formación de grado. Este nuevo modelo, vigente desde el 2010, requirió de una nueva modernización de las infraestructuras de la ENM, entre ellas, el nuevo edificio del CUD y la biblioteca académica "Gabriel Císcar y Císcar".



Figura 1-1 Biblioteca académica "Gabriel Císcar y Císcar"

La nueva biblioteca (Figura 1-1) se localiza en el antiguo patio sur del cuartel Almirante Francisco Moreno y está conectada con el vestíbulo principal del mismo, así como con el antiguo estudio del

cuartel. La obra de la misma se proyectó y ejecutó entre 2009 y 2010, lo que lleva a suponer que se trata de una instalación moderna. Sin embargo, el uso de iluminación fluorescente y los avances recientes en el ámbito de la iluminación hacen necesario un profundo estudio lumínico.

1.2 Justificación

El presente trabajo surge de la preocupación, cada vez más común entre los alumnos de la Escuela Naval Militar, sobre la pobre iluminación artificial de la biblioteca académica “Gabriel Císcar y Císcar”. Además, recientes estudios han despertado el interés de la comunidad sobre nuevos parámetros lumínicos como son el parpadeo o *flickering* y el riesgo de Luz Azul Dañina. Ambos dignos de estudio en el local a analizar.

A todo esto se le suma la gran importancia que está adquiriendo la metodología BIM y la destacada curva de crecimiento que le espera en los próximos años.

1.3 Objetivos

El objetivo principal de este proyecto es realizar un estudio fotométrico de la biblioteca académica “Gabriel Císcar y Císcar” y elaborar una propuesta que mejore sus condiciones lumínicas y eficiencia energética. Para este fin, se propone también como objetivo la creación de una maqueta tridimensional y fotorrealista de la biblioteca utilizando la metodología BIM2BEM.

Además, se toman como objetivos complementarios los siguientes:

- Permitir el acceso de una maqueta BIM de la biblioteca académica con visualización gráfica de alto nivel que aporte un mayor conocimiento del edificio.
- Actualizar los planos de la biblioteca académica “Gabriel Císcar y Císcar” incluyendo los seminarios recientemente añadidos.
- Crear un programa informático que automatice el cálculo del índice de deslumbramiento o UGR (*Unified Glare Rate*).
- Proponer una segunda instalación alternativa recurriendo únicamente a luminarias de bajo coste, reduciendo así el tiempo de amortización y mejorando la eficiencia ecoambiental.
- Comprobación y validación de la idoneidad de las luminarias de bajo coste que se proponen.

1.4 Ubicación

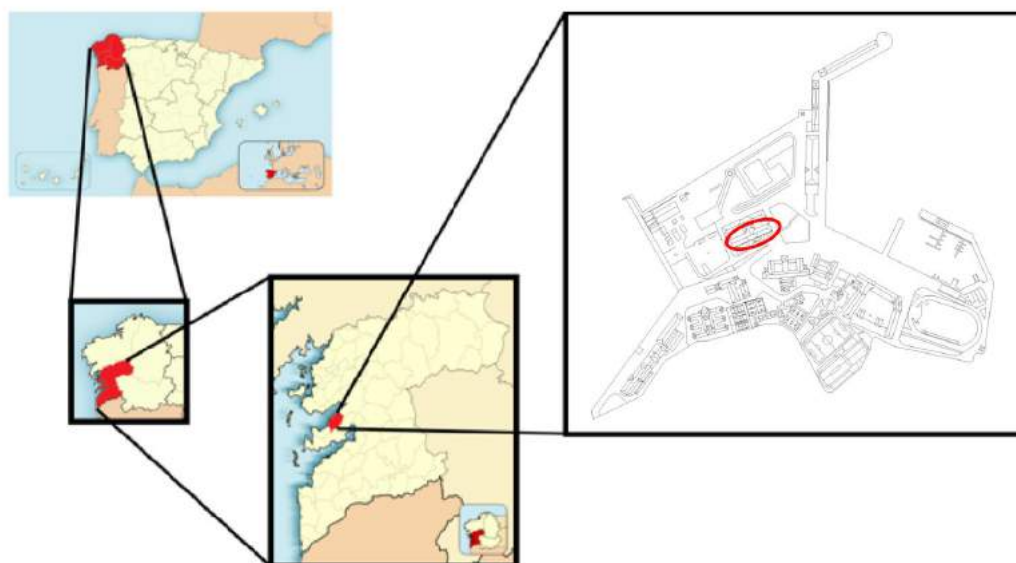


Figura 1-2 Situación biblioteca académica "Gabriel Císcar y Císcar"

La biblioteca académica “Gabriel Císcar y Císcar”, centro de estudio de este proyecto, se encuentra dentro del recinto de la Escuela Naval Militar; en concreto, en la planta baja del cuartel de alumnos Almirante Francisco Moreno en el lugar del antiguo “Patio Sur” en las coordenadas 42°23’45’’ N – 008°42’28’’ W.

1.5 Marco legal

Para el desarrollo del presente proyecto se han tenido en cuenta las siguientes guías, normas y legislaciones:

- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación y el Documento Básico sobre Exigencias Básicas (DB-HE) Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.
- Orden FOM/588/2017, de 15 de junio, por la que se modifican el Documento Básico DB-HE “Ahorro de energía” y el Documento Básico DB-HS “Salubridad”, del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.
- Norma UNE-EN 15193-1 sobre la eficiencia energética de los edificios y requisitos energéticos para la iluminación.
- Norma UNE-EN 12464-1 sobre la iluminación de los lugares de trabajo.
- “Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Centros docentes” firmada entre el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA) y el Comité Español de Iluminación (CEI).
- IEEE Std 1789™-2015: “IEEE Recommended Practices for Modulating Current in High-Brightness LEDs for Mitigating Health Risk to Viewers” de la IEEE Power Electronics Society.
- IEC 62471:2006: “Photobiological safety of lamps and lamp systems”.
- IEC TR 62778:2014: “Application of IEC 62471 for the assessment of blue light hazard to light sources and luminaires”.

1.6 Estructura

El presente trabajo desarrolla dos ideas principales: el estudio luminotécnico de la biblioteca académica “Gabriel Císcar y Císcar” y la propuesta de dos instalaciones lumínicas a través de un modelo 3D fotorrealista del edificio que también se desarrollará. Para abordar estos temas se ha estructurado la memoria de la siguiente manera:

- **Introducción:** Se establecen las bases del trabajo para contextualizarlo y definir su alcance.
- **Estado del arte:** Recoge la información necesaria para facilitar al lector la comprensión de las ideas que se desarrollan. Puede considerarse como una introducción teórica.
- **Desarrollo:** Se explica pormenorizadamente la metodología seguida para la consecución de los objetivos.
- **Resultados:** Reúne los resultados surgidos del apartado anterior
- **Conclusiones y líneas futuras:** Sintetiza los conocimientos obtenidos del desarrollo y establece futuras áreas de ampliación y estudio.

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 Descripción del apartado

El fin de este capítulo es detallar de manera breve los conceptos básicos que se tratan en este trabajo, con la intención de mejorar su comprensión. Se comenzará introduciendo el concepto de iluminación y la terminología luminotécnica asociada, seguido de unas nociones básicas de iluminación eléctrica en interiores y los diferentes fenómenos y parámetros lumínicos de estudio, continuando con unos barnices de la tecnología LED y sus aplicaciones en la iluminación, para acabar enunciando las vicisitudes relacionadas con la metodología BIM2BEM y el software utilizado en el trabajo.

2.2 Iluminación

2.2.1 Concepto de iluminación

La luz se define como la radiación electromagnética con longitudes de onda visibles por el ojo humano comprendidas entre los 400 y 700 nm aproximadamente [1]. En el espectro electromagnético, la luz visible se encuentra entre el ultravioleta, con longitudes de onda menores, y el infrarrojo, con longitudes de onda mayores. Dentro de la banda de la luz visible, se localizan todos los colores apreciados por el ser humano a través de sus fotorreceptores particulares, los ojos.

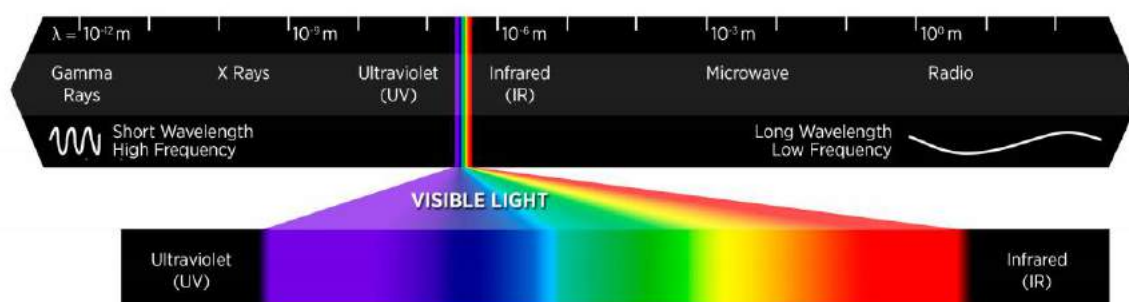


Figura 2-1 Luz visible en el espectro electromagnético [2]

Como se puede ver en la Figura 2-1, anchos de banda cercanos al ultravioleta muestran colores morados y azules, mientras que aquellos cercanos al infrarrojo muestran tonos rojos y anaranjados.

Todos los cuerpos, por el mero hecho de estar a una temperatura superior al cero absoluto (0 Kelvin) emiten energía al medio. Es por esto por lo que la luz emitida por un cuerpo se ve afectada por la temperatura de este.”

2.2.2 Definiciones luminotécnicas

Para trabajar en el ámbito en el que se desarrolla este trabajo es necesario estar familiarizado con términos como índice de rendimiento de color, la temperatura absoluta y magnitudes como el flujo luminoso, la intensidad luminosa, la iluminancia y el brillo.

Todos los cuerpos, por el mero hecho de estar a una temperatura superior al cero absoluto (0 Kelvin) emiten energía al medio. Es por esto por lo que es posible caracterizar la temperatura de color de una fuente de luz por la temperatura absoluta a la que se debe encontrar un cuerpo negro para emitir un color igual o similar al de la fuente analizada.

El “índice de rendimiento de color” también conocido como “índice de rendimiento cromático” y visto en la prosa como IRC o R_a es un concepto creado por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE, por sus siglas en francés, *Commission Internationale de l'Éclairage*). El R_a surge de la necesidad de una alternativa a la temperatura de color para definir la calidad cromática de una fuente lumínica. El índice no solo tiene en cuenta la temperatura, sino también la composición espectral de la fuente y la compara con una fuente patrón de modo porcentual, así, si no existe diferencia, se considera 100%. De acuerdo con la CIE, los índices de reproducción cromática se organizan en tres grupos: grupo 1, si es mayor o igual a 85; grupo 2, si está entre 70 y 85 y grupo 3 si es inferior a 70.

Se denomina flujo luminoso, ϕ , a la energía luminosa por unidad de tiempo. Su unidad es el lumen (lm) y es un parámetro dependiente de cada fuente de luz.

La intensidad luminosa, I , se define como la variación del flujo luminoso emitido ($d\phi$) por unidad de ángulo sólido (dw). La variación de lumen por estereorradián se denomina también candela que el Centro Español de Metrología define como “la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} hercios y cuya intensidad energética en dicha dirección de $1/683$ vatio por estereorradián” [3].

Al incidir sobre una superficie, el flujo lumínico se puede reflejar y refractar. Este fenómeno produce que la superficie “se ilumine”. Esto se define con la iluminancia o iluminación (E) que es la variación del flujo respecto al área de incidencia. Su unidad es el lux o lumen por metro cuadrado (lumen/m^2).

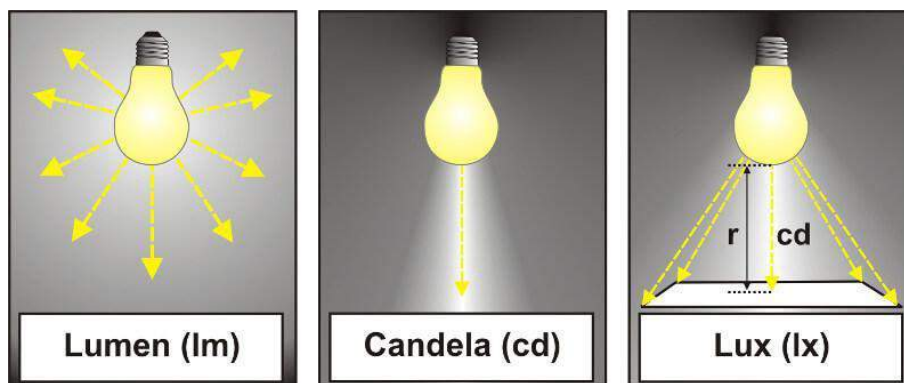


Figura 2-2 Diferencia conceptual entre lumen, candela y lux [4]

El brillo o luminancia (no confundir con iluminancia), L , es el “cociente del flujo luminoso que sale, llega o atraviesa un elemento de superficie en un determinado punto radiado en las direcciones detenidas por un cono elemental que contiene las mismas; dividido por el producto del ángulo sólido del cono y el área de la proyección ortogonal del elemento de la superficie en un plano perpendicular a la dirección dada” [5].

Además de estas magnitudes recogidas en la Tabla 2-1, es necesario conocer las curvas isolux. Las curvas isolux o curvas isolumínicas son los lugares geométricos de los puntos del plano donde la iluminancia tiene el mismo valor [6].

Magnitud	Símbolo	Unidad
Flujo luminoso	ϕ	Lumen (lm)
Intensidad luminosa	I	Candela (cd)
Iluminancia	E	Candela por metro cuadrado (cd/m ²)
Luminancia	L	Lux (lx = lm/m ²)

Tabla 2-1 Magnitudes de fotometría

2.2.3 Iluminación de interiores

Dentro de la iluminación se pueden distinguir dos grandes ámbitos de trabajo: la iluminación de interiores y la de exteriores. Por ser el tema a tratar en el desarrollo del presente trabajo, este apartado se enfocará en la primera.

El diseño de la iluminación de un local debe ir ligado con la actividad que en él se va a realizar. Visto de otra forma, las exigencias lumínicas no serán las mismas en una sala de lectura que en un pasillo, por ejemplo. Es por esto por lo que el primer paso a la hora de planificar una distribución de luminarias es determinar la actividad o actividades que se van a desarrollar en la misma. En el caso de que se realicen actividades de diferente índole con requisitos dispares, primará la más exigente siempre que sea compatible [7].

Caracterizado el local de estudio, es necesario tener en cuenta tres factores de vital importancia para conseguir una buena iluminación:

- Nivel de iluminancia media mantenido adecuado a la actividad a desarrollar. Este viene fijado en diferentes normativas [8] [9] [10]
- Distribución apropiada de la luz. Evitando focos con luz excesiva y zonas de sombra
- El tipo de luminaria y lámpara utilizada. Una fuente inadecuada puede ser nociva debido a factores como el parpadeo o la Luz Azul Dañina que se explicarán los apartados 2.2.5 y 2.2.6.

Además, en función del empleo o disposición que se les dé a estos puntos de luz, las instalaciones se pueden englobar en tres grupos:

- Alumbrado general: Procura una distribución uniforme del flujo lumínico. Es propio de oficinas, bibliotecas o aulas como en la Figura 2-3 A.
- Alumbrado general localizado: Pretende realzar determinados objetos o zonas de un local. Su uso es común en tiendas, escaparates o museos como en la Figura 2-3 B.
- Alumbrado localizado: Usado como complemento del general, este alumbrado aumenta la iluminación en el puesto de trabajo. Esto puede verse en mesas de dibujo como en la Figura 2-3 C.

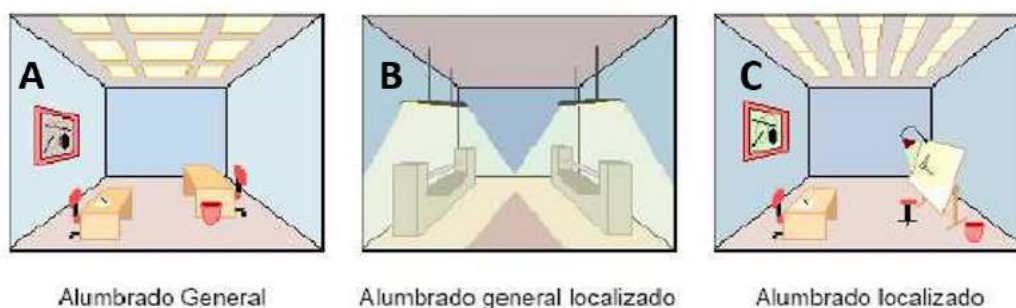


Figura 2-3 Ejemplo de alumbrado general (A), general localizado (B) y localizado (C) [7]

Cumpliendo los requisitos de iluminación condicionados por la actividad a realizar y seleccionando una distribución de alumbrado adecuada, se consigue una adecuada iluminación interior cumpliendo con la teoría clásica.

Sin embargo, recientemente y debido a la concienciación global sobre el desarrollo y construcción sostenible, se están teniendo en cuenta otro tipo de factores. Estos están relacionados con el ahorro y la eficiencia energética y se traducen en el máximo aprovechamiento de la luz solar, la instalación de sistemas domóticos de control de presencia o la regulación de la intensidad lumínica de las luminarias en función de la tarea a realizar. Además de otros factores económicos como puede ser el coste de mantenimiento de la instalación, el rendimiento de la luminaria o la eficiencia de la lámpara.

2.2.4 Espectro visible

Los objetos por sí mismos no “poseen” color. La sensación que percibe el ojo humano no es más que la energía que se genera en una fuente lumínica -el sol o una bombilla incandescente, por ejemplo- y rebota en un cuerpo. Parte de esta luz es absorbida por el cuerpo y, la restante, se refleja siendo este reflejo el que percibe el ojo humano y le da sensación de color.

Es por esto por lo que la fuente de luz condiciona el color que percibe el ojo humano. El sol es considerado como la mejor fuente, ya que emite energía en todas las longitudes de onda del espectro visible humano. De hecho, en lugares donde se requiere de la máxima fidelidad de color se recurre en gran medida a la iluminación natural, como puede apreciarse en los museos.

La Figura 2-4 muestra la radiación en espectro visible del sol y, si se compara con la Figura 2-5, se aprecia que el objeto de color rojo absorbe las longitudes de onda comprendidas entre 380 y 600 nm (correspondientes a los colores azul y verde en gran medida) y refleja las longitudes de onda entre los 600 y 780 nm. Estas longitudes de onda son percibidas por el ojo humano y dan la sensación de color rojo.

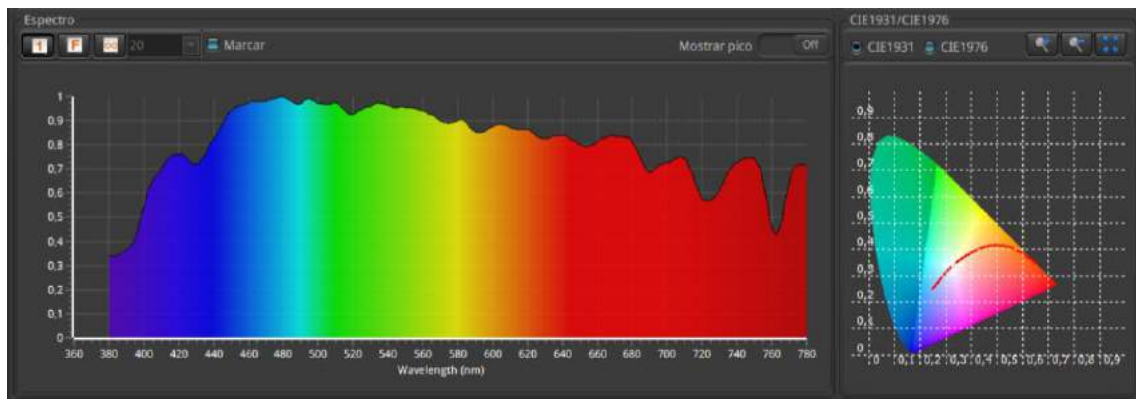


Figura 2-4 Espectro radiado por el sol en un día nublado (medido con el MK350S PREMIUM)

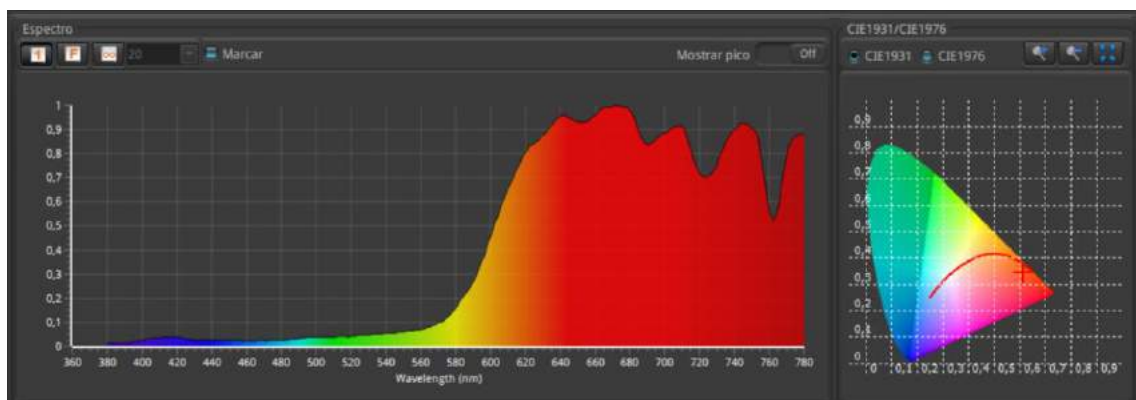


Figura 2-5 Objeto de color rojo iluminado por la luz del sol (medido con el MK350S PREMIUM)

Como ya se adelantaba al comienzo del apartado, las exigencias del habitáculo a estudiar pueden condicionar la fuente de luz en función de las necesidades de fidelidad del color. Por esto, lugares que requieran de gran fidelidad -i.e. museos o quirófanos- requieren de una fuente de luz con espectro semejante al del sol. Sin embargo, lugares con menor requerimientos -i.e. escaleras o pasillos- no necesitarán fuentes de luz con espectro tan complejo [8].

Ante la necesidad de caracterizar la habilidad de reproducir fielmente el color sobre un objeto surge el IRC (ya definido en Definiciones luminotécnicas). El IRC de referencia -IRC 100- es el propio de un día soleado, los fluorescentes pueden tener un IRC entre 50 y 98 en función de su calidad y los LEDs suelen tener más de IRC 80.

Diferentes reglas han nacido fruto de este parámetro que exigen valores mínimos de renderizado de color para el correcto desarrollo de determinadas actividades. Mientras que en pasillos y escaleras este factor pierde relevancia, es en lugares como tiendas o supermercados donde la obvia importancia del color induce gran relevancia en este índice.

2.2.5 Luz Azul Dañina

Aunque debiera formar parte del estudio del espectro, el análisis del daño por Luz Azul merece su apartado propio debido al reciente protagonismo que ha obtenido mediáticamente y la importancia que posee.

Se define como Luz Azul a aquella radiación entre 400 y 500 nm como se observa en la Figura 2-6. Sin embargo, es el rango de menor longitud de onda (400 – 450 nm) el nocivo para la salud humana; recibiendo este el nombre de energía visible dañina, HEV (siglas en inglés para *Harmful Energy Visible*). Estos efectos indeseados comenzaron a conocerse tras análisis llevados a cabo con roedores que demuestran que la Luz Azul tiene efectos adversos sobre las células fotorreceptoras situadas en el ojo animal[11]. Además, está demostrado que la exposición del ojo humano a Luz Azul Dañina suprime la síntesis de melatonina -la hormona del sueño- generando problemas de insomnio [12].

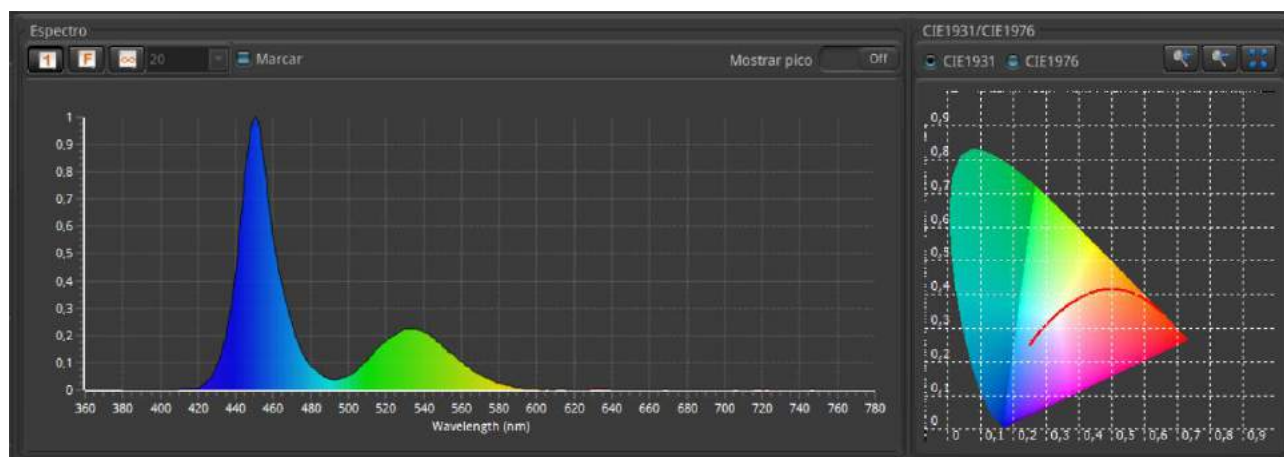


Figura 2-6 Espectro de una pantalla sin protección con un fondo de pantalla estándar [13]

Los efectos de la Luz Azul Dañina comenzaron a suponer un riesgo para el hombre con la introducción de tecnologías de iluminación artificial como la fluorescente

Con la llegada de las nuevas comunicaciones y la miniaturización de los ordenadores, las pantallas LCD y sucedáneas han llegado a todos los públicos. Ante el descubrimiento del daño de la Luz Azul y, sobre todo, su efecto adverso en los ciclos circadianos, los fabricantes han adaptado sus pantallas ofreciendo alternativas o protecciones para la Luz Azul Dañina. Es el caso de Apple y su funcionalidad *Night Shift* que, como se aprecia en la Figura 2-7, reduce a la mitad la cantidad de Luz Azul emitida además de no emitir nada de energía visible dañina.

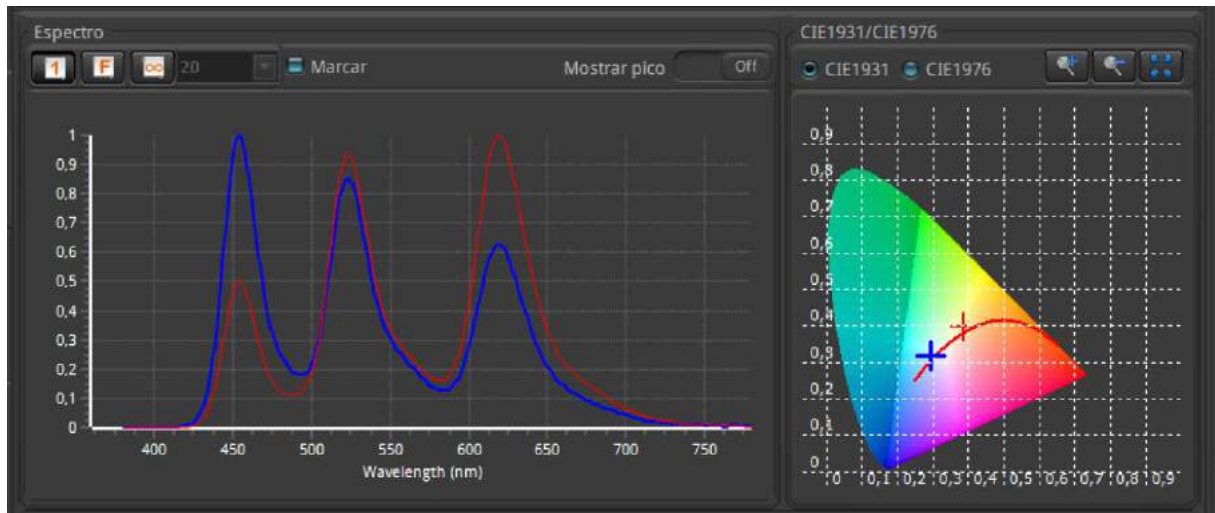


Figura 2-7 Radiación de la pantalla de un iPhone X con (rojo) y sin (azul) la funcionalidad “Night Shift”

Ante el desamparo del consumidor, la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI o IEC, por sus siglas en inglés *International Electrotechnical Commission*) promulgó el IEC/TR 62471:2006 *Photobiological safety of lamps and lamp systems* (Seguridad fotobiológica de lámparas y sistemas). En este documento, junto con el IEC TR 62778:2014 *Application of IEC 62471: for the assessment of blue light Hazard to light sources and luminaires* (Aplicación del IEC 62471 para la evaluación del peligro de la Luz Azul en fuentes de luz y luminarias), sentaron las bases de la protección frente a la Luz Azul Dañina

Estos dos documentos desarrollan tres parámetros que se utilizarán para cuantificar el daño que puede provocar la exposición a la Luz Azul Dañina. Estos parámetros son:

- **Luz Azul irradiada (E_b , *Blue light weighted irradiance*):** Energía radiada en la zona del espectro correspondiente a la de Luz Azul, medida en w/m^2 .
- **Eficacia de la radiación azul dañina ($K_{B,v}$):** el peligro potencial de la Luz Azul por lumen medido en w/lm
- **Grupo de riesgo (RG, *Risk Group*):** Cada uno de los cuatro grupos en los que se puede clasificar una fuente de luz en función del riesgo generado por la Luz Azul Dañina. Estos grupos se muestran en la Tabla 2-2.

Grupo de Riesgo (RG)	Nivel de Riesgo	Máximo tiempo de exposición
RG0	Exempt	>10.000 s (~ 2,8 h)
RG1	Low Risk	>100-10.000 s
RG2	Moderate Risk	0.25-100 s
RG3	High Risk	<0.25 s

Tabla 2-2 Niveles de riesgo según la IEC [14]

2.2.6 Parpadeo

El parpadeo o *flickering* es un problema que se encuentra en determinadas luminarias y consiste en un cambio repetitivo en la intensidad de la radiación lumínica de la propia fuente. Este cambio es resultado, en gran parte, de las fluctuaciones del voltaje en la instalación eléctrica y, en menor medida, de la calidad de la luminaria.

En este trabajo se estudiarán los efectos del parpadeo y se caracterizarán las luminarias de la biblioteca Gabriel Císcar y Císcar verificando que cumple los estándares.

El ojo humano no es capaz de percibir el parpadeo de una luz a más de 50Hz. Sin embargo, recientes estudios demuestran que, aunque no sean perceptible, parpadeos de hasta 200Hz pueden causar problemas relacionados con dolores de cabeza o jaquecas. ()

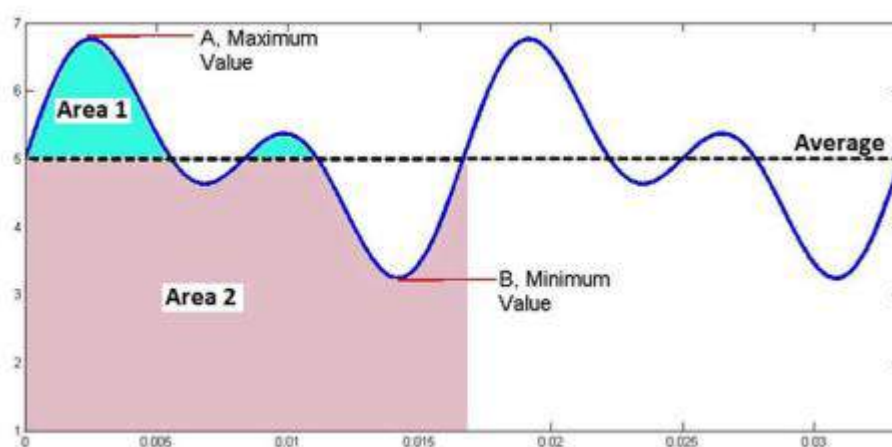


Figura 2-8 Curva tiempo-voltaje [15]

El parpadeo de una luminaria se caracteriza, generalmente, con dos términos [15]:

- Porcentaje de parpadeo: Es una medida relativa a la variación cíclica de amplitud en la emisión de luz de una fuente. Este término también es conocido como “índice de modulación” y se calcula con la siguiente expresión:

$$(\%) \text{ Parpadeo} = 100 \times \frac{(A - B)}{(A + B)}$$

Ecuación 2-1 Porcentaje de parpadeo

El efecto del parpadeo será menor cuanto menor sea el porcentaje de parpadeo

- Índice de parpadeo: Es una medida también relativa a la variación cíclica, pero que tiene en cuenta la forma que adopta la onda. Su expresión es la siguiente:

$$\text{Índice de parpadeo} = \frac{\text{Área 1}}{\text{Área 1} + \text{Área 2}}$$

Ecuación 2-2 Índice de parpadeo

El índice de parpadeo toma valores entre 0 y 1. Cuanto menor es este índice, menos sustancial será el parpadeo.

2.2.7 Deslumbramiento

El deslumbramiento es la sensación que producen superficies brillantes dentro del campo de visión, como es el caso de las luminarias [8]. El vocabulario electrotécnico de iluminación define el deslumbramiento directo como el “deslumbramiento producido por objetos luminosos en sí mismos situados en el campo visual, en especial, en los próximos al eje de visión” [16].

En iluminación de interiores, el uso del parámetro conocido como índice unificado de deslumbramiento, o simplemente UGR (*Unified Glare Ratio*), es bastante generalizado. Este índice se obtiene en función de la luminancia originada por la superficie aparente de las luminarias vistas desde la posición del observador y la luminancia de fondo. La CIE lo define como el deslumbramiento que crea incomodidad sin perjudicar necesariamente la percepción de los objetos.

La relación de este índice con la incomodidad percibida ha resultado ser bastante coherente cuando se trabaja con luminarias con tamaños normales y salida uniforme, haciendo que se afiance el método de cálculo seguido. Sin embargo, existe un desacuerdo generalizado sobre cómo se debe de calcular el UGR cuando el origen del deslumbramiento proviene de una luminaria muy grande o muy pequeña, o cuando la emisión de radiación de la fuente no es regular [17]. Esto no supuso ningún problema hasta la proliferación de la tecnología LED, que permitió la creación de luminarias más eficientes con un tamaño menor.

Para el desarrollo de este trabajo, sólo se trabajará con luminarias de tamaño medio y radiación uniforme. En este caso, sí que existe una metodología probada y recomendada por la CIE [18] reflejada en la Ecuación 2-3.

$$UGR = 8 \log \left[\frac{0,25}{L_b} \sum_{i=1}^n \frac{L_i^2 \omega_i}{p_i^2} \right]$$

Ecuación 2-3 Índice unificado de deslumbramiento UGR

Donde L_b representa la luminancia de fondo, L_i la luminancia de una luminaria individual, ω_i el ángulo solido que abarca la superficie de la luminaria desde el observador y p_i el índice de posición de Guth de la luminaria. En el desarrollo del presente trabajo se desarrollarán en profundidad los términos de la anterior ecuación.

2.3 LED

La tecnología LED (diodo emisor de luz o *Light Emitting Diode*) se basa en un dispositivo semiconductor que emite luz visible o infrarroja cuando se le somete a una carga eléctrica [19]. El uso de este dispositivo de iluminación está muy repartido por numerosas industrias: desde la electrónica de consumo hasta la iluminación de interiores pasando por faros de coches y un sinfín de dispositivo eléctricos y electrónicos.

Su nacimiento se remonta a 1962 cuando se desarrolló y presentó un láser semiconductor LED basado en cristales de arseniuro de galio simultáneamente por cuatro grupos de investigación del MIT, IBM y General Electric. No obstante, aunque se reconozca esta fecha como la de la presentación de la tecnología, existen ciertas evidencias de que se podría haber desarrollado antes [20].

En su comienzo, los LEDs carecían de las características de las que disfrutan ahora. Durante años, la potencia lumínica emitida por estos era insuficiente para iluminar una habitación; además, no se conseguían reproducir determinados colores, lejos de la gran variedad que ofrecen ahora.

Sin embargo, su gran eficacia energética llamó la atención de la industria lumínica desde su comienzo. Con el paso de los años y gracias a la inversión de estos grupos, la tecnología LED ha experimentado un desarrollo exponencial al aumentarse la potencia lumínica que ofrece, extenderse la gama de colores disponible, reducirse su tamaño y, sobre todo, disminuir significativamente su precio.

El desarrollo de esta tecnología no fue reconocido por la comunidad científica hasta 2014 cuando Isamu Akasaki, Hiroshi Amano y Shuji Nakamura recibieron el Premio Nobel de Física por la invención de un diodo emisor de luz (LED) que permita una fuente de luz blanca brillante y de bajo consumo [21].

2.3.1 Fundamentos del funcionamiento LED [22]

El LED es básicamente un elemento de la familia de los semiconductores que emite una luz monocromática en una longitud de onda determinada al circular una corriente eléctrica entre sus extremos [19].

Entrando más en detalle en la estructura del LED, está formada por la unión de dos cristales de silicio (como norma general) con pequeñas impurezas añadidas adrede. El origen de estas impurezas

determina el tipo de semiconductor que forman, tipo N (también llamado cátodo) o tipo P (Ánodo). Esta disposición se suele cubrir con un elemento o carcasa para dirigir y orientar el flujo luminoso omnidireccional proporcionado como se aprecia en la Figura 2-9.

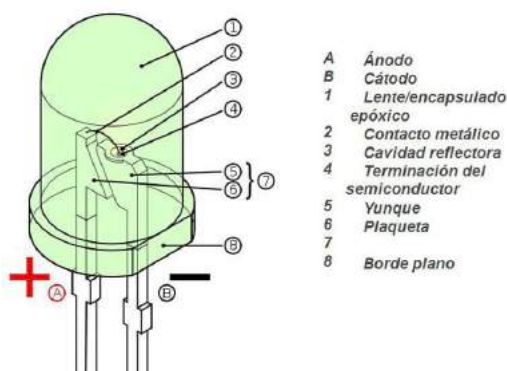


Figura 2-9 Estructura básica de un LED [23]

Con el fin de conseguir este enlace entre N-P, el material tipo P debe ser más positivo que el tipo N. Esto forzaría más cargas positivas hacia el material tipo P y más cargas negativas al material tipo N. Esto sucede, como norma general, cuando existe una diferencia de potencial eléctrico de 0,7 V entre los dos materiales.

La diferencia de potencial eléctrico creada entre el cátodo y el ánodo definirá el color que radia el diodo a razón de aumentar la longitud de onda emitida. Avanzado el color según dicta el espectro electromagnético de luz visible de la Figura 2-1.

La mayoría de los semiconductores se fabrican con la unión una lámina de silicio neutro (tipo N) entre dos capas que crean una carga negativa libre (tipo N) o una carga positiva libre (tipo-P). Esta disposición induce en los átomos una carga positiva y negativa, respectivamente.

2.3.2 LED como parte de la iluminación en interiores

La utilización de la tecnología LED en el ámbito de la iluminación creó lo que ahora se denomina iluminación en estado sólido (*solid state lighting*) que engloba LEDs convencionales, LEDs orgánicos (OLED) y los poliméricos (PLED), además de variantes de las mismas como pueden ser la tecnología Super AMOLED (*Super-Active-Matrix Light-Emitting Diode*) procedente de la OLED [24]. Por otro lado, diferentes fabricantes del sector de la electrónica de consumo están desarrollando sus propias tecnologías como es el caso de Samsung y la tecnología de puntos cuadráticos LED (QLED) [25].

Las fuentes de luz convencionales requieren luz blanca en sus tonalidades frías o cálidas. Para conseguir este color los LEDs pueden recurrir a dos técnicas.

- Sistema RGB (*Red, Green and Blue*): también conocido como *multichip*, dispone de tres unidades que generan luz a tres longitudes de onda diferente correspondientes con los colores que dan nombre a este sistema: rojo, verde y azul. Los diferentes colores producidos se mezclan dentro de la carcasa y forman los blancos comerciales.
- Sistema de chip único: conocido en inglés como *one-chip system*, combina un emisor LED que proporcione luz cercana a la longitud de onda del ultravioleta y un elemento fluorescente para dar lugar al color blanco. Este sistema fue galardonado con el Premio Nobel de Física en 2014, como ya se nombró más atrás [21].

Las luminarias basadas en la tecnología LED tienen la ventaja de ser eficientes, potentes, compactas y disponer de una vida útil considerablemente más larga que sus equivalentes basadas en otras tecnologías.

Una de las claves de su eficiencia reside en la poca energía que entregan al medio a través de calor. A diferencia de otras tecnologías, como pueden ser las de filamento incandescente, las lámparas LED disipan una ínfima cantidad de energía en forma de calor, aprovechándose en gran medida la energía suministrada.

La eficiencia de la lámpara lleva a poder trabajar con altas potencias en la luminaria sin requerir de complejos sistemas de disipación de calor, por lo que no es extraño recurrir a LEDs cuando se requiere de una gran potencia lumínica como es el caso de estudios cinematográficos o linternas de gran potencia.

En cuanto a su forma y tamaño, el sencillo esquema tecnológico que da lugar a estas lámparas permite reducir sus dimensiones en gran medida. Además, el encapsulamiento de la misma otorga a las lámparas de esta tecnología una larga vida útil que llega a las 50.000 horas de uso.

Por último, el despliegue de los LED ha abaratado su precio, haciendo que la inversión inicial no sea tan grande y, por lo tanto, amortizándose esta en pocos años.

2.4 BIM

El modelado de información para la construcción (BIM, por sus siglas en inglés *Building Information Modeling*) es un proceso basado en el modelado 3D “inteligente” que ofrece a profesionales de la arquitectura, ingeniería y construcción las herramientas necesarias para planear, diseñar, construir y administrar edificios e infraestructuras [26]. A nivel más básico, se puede entender como una representación tridimensional de un elemento (edificio, infraestructura...) basado en objetos que incorporan información más allá de la mera información geométrica [27].

No obstante, BIM es mucho más, es un complejo proceso multifase que reúne los componentes y herramientas que serán usados durante el modelado de un edificio por los diferentes agentes que participen en él. Este proceso tiene como ventajas la clara visualización del proyecto desde una fase temprana y la relación modelo-base de datos en la que, un cambio en cualquiera de los dos repercute en el otro y por tanto en los planos y esquemas generados automáticamente.

Mientras que los softwares de CAD tradicionales tratan de imitar el trabajo sobre planos de un ingeniero con líneas y trazos, la metodología BIM es multidimensional y abarca todas las fases del ciclo de vida de una infraestructura. Esta nueva tecnología aúna el trabajo de arquitectos, ingenieros, contratistas y proyectistas en un único lugar, el modelo BIM del edificio.

A diferencia de tecnologías pasadas, BIM no se limita al diseño 3D de la obra, sino que soporta el uso de modelos 4D que permiten organizar entregas permitiendo el *just-in-time delivery* (entrega en el momento preciso). Además, el modelo puede seguir desarrollándose y llegar al 5D incluyendo coste de la obra o a modelos 6D incorporando las tareas de mantenimiento permitiendo así una relación edificio-maqueta que se perpetua a lo largo de la vida útil del primero [28].

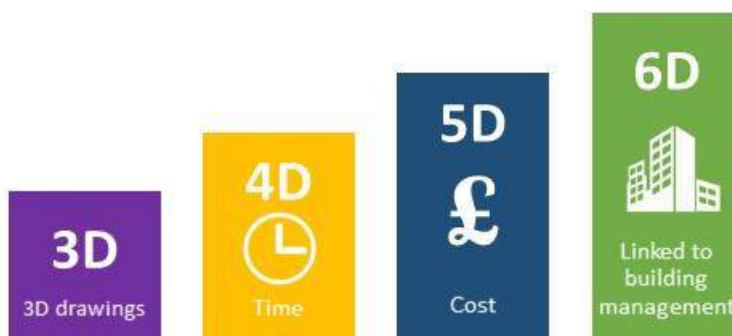


Figura 2-10 Las 6 dimensiones del BIM [29]

En la directiva 2014/24/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 26 de febrero de 2014 sobre la contratación pública ya se adelantaba la obligatoriedad del uso de procesos BIM para licitaciones públicas. En España, desde el 17 de diciembre de 2018, el uso del BIM será obligatorio para licitaciones de edificación y, a partir del 26 de julio de 2019, para licitaciones públicas de infraestructuras.

Es por tanto obvio que la tecnología BIM está en boga y su metodología se está implantando internacionalmente, ahorrando así tiempo y dinero.

2.5 BEM

El cambio del paradigma global en diseño constructivo vino ligado del ahorro y la eficiencia energética. Este nuevo entorno en el que se comenzaron a diseñar nuevos edificios dio fruto a las tecnologías y metodología de modelado energético de edificios o BEM (*Building Energy Modeling*) [30].

Las herramientas BEM son capaces de simular números aspectos energéticos como son calefacciones, aislamientos térmicos, iluminación o consumo eléctrico con el fin de evaluar los requisitos propios de la instalación u obra y optimizar así el diseño arquitectónico.

Los entornos BEM se construyen alrededor de las certificaciones energéticas a la orden del día que suponen un compromiso con la edificación sostenible como pueden ser LEED[®], BREEAM[®], VERDE[®] o WELL[®] [31]. Las nuevas edificaciones utilizan las herramientas ofrecidas por la metodología BEM para asegurar un uso eficiente de recursos como la energía y el agua, reduciendo, por tanto, la huella ecológica de la obra y mejorando la calidad del medio ambiente.

Los resultados obtenidos con BEM pasan por la predicción del consumo energético, eléctrico, de combustible para calefacciones o incluso las emisiones de carbono a la atmósfera [32]. Estos cálculos resultan fundamentales en la fase de diseño para predecir el comportamiento del futuro edificio y corroborar que cumplirá con los requisitos preestablecidos.

El único inconveniente que se le puede encontrar al BEM es la cantidad de parámetros estructurales y de materiales que necesita para llevar a cabo simulaciones precisas. Normalmente se utiliza como tecnología de apoyo sin llegar a ser una plataforma de diseño propiamente dicha.

2.6 BIM2BEM

La tecnología derivada del BEM ofrece grandes posibilidades. Sin embargo, como ya se expuso en el apartado 2.5, tiene la gran limitación de no ser un software de diseño por sí solo, sino que depende de otros programas que aporten información geométrica del edificio a estudiar.



Figura 2-11 Simbiosis entre los modelos BIM y BEM [33]

Es por esto por lo que nace el proceso que parte del modelo BIM para obtener la caracterización BEM de un edificio conocido como BIM2BEM. Esta metodología unifica las bondades de ambos procesos creando herramientas de diseño versátiles capaces de estudiar múltiples casuísticas de un edificio bajo el nombre de un mismo archivo. Aquellos programas pertenecientes a esta metodología integran la eficiencia energética de un edificio con los condicionantes arquitectónicos del mismo en un entorno 3D que da lugar a una maqueta virtual de gran precisión y mucha información [34].

A través del BIM2BEM, es posible conectar archivos de análisis de datos BEM a una maqueta arquitectónica basada en BIM utilizando archivos de misma extensión permitiendo la interoperabilidad de un único archivo entre las dos metodologías. De esta forma un archivo único se retroalimentará de ambas metodologías obteniendo la geometría del edificio del BIM y las simulaciones y cálculos del BEM.

La gran ventaja de la metodología BIM2BEM es que, al igual que el modelo BIM, no termina con la fase de diseño, ni siquiera con la de construcción, sino que acompaña al edificio a lo largo de toda su vida. El modelo es capaz de albergar información del desgaste del edificio y puede ser de gran utilidad para la propuesta de reformas o nuevas instalaciones.

2.7 Software utilizado

En este apartado se describirán someramente los programas a los que se ha recurrido durante el desarrollo del presente trabajo.

2.7.1 DIALux evo 8.1

DIALux evo es un software de diseño, cálculo y visualización de escenas de iluminación interiores y exteriores. Es de distribución gratuita ya que su desarrollo lo pagan las grandes empresas de iluminación que pagan una tasa para poder integrar sus productos en el software. El programa facilita el acceso al diseño de iluminación profesional creando un entorno de trabajo sencillo e intuitivo. DIALux evo está disponible como aplicación de sobremesa para Microsoft Windows y como aplicación móvil en los principales sistemas operativos [35].



Figura 2-12 DIALux evo 8.1 [35]

DIALux evo nace como nueva versión de DIALux en octubre del 2012. Esto no supuso una simple actualización, sino que se trató de una reconstrucción del propio motor de la aplicación con un mejorado método de cálculo denominado *photonshooter* y un rediseño de la interfaz gráfica.

El desarrollo de DIALux evo 8.1 no significó el abandono del original DIALux, sino que la empresa sigue manteniendo y actualizando este último entre otras cosas por sus herramientas de iluminación de emergencia y de instalaciones deportivas que aún no se han desarrollado en el nuevo software.

DIALux evo se engloba dentro del grupo de softwares BIM2BEM, ya que permite la importación de planos *.dwg* y archivos *.ifc* para crear una maqueta virtual en la que realizar pruebas de instalaciones lumínicas referidas a la normativa en vigor. El versátil software permite crear edificios enteros con sus herramientas de construcción, incluir mobiliario desde sus catálogos, aplicar texturas a las superficies e incluir luminarias con información lumínica de diferentes proveedores. Esto le hace un software de referencia en cuanto a iluminación se refiere

Actualmente, se pueden descargar DIALux 4 y DIALux evo 8.1 de forma gratuita en la web de DIAL [36].

2.7.2 Autodesk AutoCAD 2019

Comúnmente conocido como AutoCAD (Figura 2-13), es un software de diseño asistido por ordenador CAD (*Computer Aided Design*) en 2D y 3D de la marca Autodesk [26]. Fue lanzado al mercado en diciembre de 1982 hoy es considerado como el software de referencia en su ámbito. El programa trabaja con archivos *.dwg* que se han convertido ya en el archivo estándar para planos.



Figura 2-13 Autodesk AutoCAD [26]

Su uso se ha generalizado a nivel global en gran número de industrias como son las oficinas técnicas, estudios de arquitectura y constructoras. Actualmente cuenta con una versión de pago y otra gratuita para estudiantes para los dos sistemas operativos más extendidos, Microsoft Windows y MacOS. Además, existe la posibilidad de contratar paquetes incluyendo otros servicios de Autodesk como Revit o 3DS Max.

AutoCAD es la herramienta principal en este trabajo para la elaboración de los planos incluidos, así como del modelado 3D de diferentes piezas de mobiliario de la biblioteca académica bajo estudio.

2.7.3 MATLAB 2019b

MATLAB (*MATrix LABORatory*) no solo es un programa de cómputo numérico, sino que es también un entorno de desarrollo con su propio lenguaje de programación. Desarrollado por MathWorks, permite a sus usuarios manipular matrices (de lo que recibe su nombre), crear graficas en 2D o 3D o desarrollar algoritmos e interfaces de usuario.



Figura 2-14 Logo MATLAB [37]

El producto de MathWorks está disponible para Linux, MacOS y Microsoft Windows con precios que varían en función del cliente (estudiante, particular o empresa) y de los paquetes de funcionalidades que se requieran. En determinados centros, como es el caso de la Universidad de Vigo, existen acuerdos para el libre uso de este programa para alumnos y profesores.

En el presente trabajo se recurre a MATLAB para crear un algoritmo con su respectiva interfaz para calcular el índice de deslumbramiento unifica ya que requiere de una cantidad considerable de cálculos que deben ser repetido en numeras ocasiones.

2.7.4 Gimp

Es un software *open-source* para edición de imágenes y dibujos (Figura 2-15). Fue desarrollado por Spencer Kimball y Peter Mattis en febrero de 1996 y actualmente cuenta con versiones de escritorio para Linux, MacOS, Microsoft Windows y Oracle Solaris.

El programa cuenta con numerosas herramientas de editado de imágenes como filtros y pinceles de color, además de permitir trabajar por capas. Además, cuenta con utilidades más complejas como como el tampón de clonar, el pincel regenerador (para corregir imperfecciones) o la herramienta de copiar en perspectiva.



Figura 2-15 Logo Gimp [38]

En el desarrollo del proyecto se utiliza esta última herramienta con frecuencia para eliminar la perspectiva de las imágenes que formarían posteriormente las texturas en DIALux evo.

3 DESARROLLO

3.1 Introducción

El desarrollo de este apartado se comenzará con un estudio luminotécnico completo de la biblioteca académica “Gabriel Císcar y Císcar”. Seguido de este, se detallarán todos los condicionantes del diseño previos necesarios para llevar a cabo exitosamente el tercer apartado, en él se indicarán las pautas seguidas para el diseño y modelado de una maqueta tridimensional y fotorrealista de la propia biblioteca con una propuesta de iluminación LED. A continuación, se desgranará la metodología seguida para la realización de una propuesta *Low Cost* (de bajo coste) utilizando un proveedor local. Se finalizará con un estudio de amortización que compare la instalación actual con las dos nuevas propuestas.

3.2 Estudio luminotécnico

3.2.1 Introducción

En el presente apartado se reflejarán los procedimientos y metodologías para el correcto desarrollo del estudio luminotécnico de la biblioteca académica “Gabriel Císcar y Císcar”. Para esto se desarrollarán, en primer lugar, las características de los equipos utilizados para la realización del estudio, seguido por la definición de las zonas de trabajo en las que se agruparán los distintos locales de la biblioteca con el fin de facilitar los cálculos, pasando después al estudio básico de las condiciones luminotécnicas de los locales, seguido por los estudios detallados del espectro, emisión de Luz Azul Dañina y, por último, parpadeo.

3.2.2 Equipo utilizado

Para la consecución de los objetivos marcados en el estudio luminotécnico se recurre a los siguientes equipos.

3.2.2.1 Luxómetro PCE-174

El luxómetro profesional PCE-174 de la marca PCE Ibérica es un instrumento para la medición de iluminancia en una superficie de uso extendido en los ámbitos de la industria, la agricultura y la investigación [39]. Además, este instrumento es esencial a la hora de llevar a cabo estudios luminotécnicos como el que se desarrolla en el presente trabajo.

Su pequeño tamaño y reducido peso lo convierten en una herramienta portátil a la par que versátil que permite al usuario realizar mediciones en multitud de entornos y situaciones. Además, la longitud

del cable (150 cm) permite que la persona que lo utiliza pueda alejarse del sensor evitando así posibles interferencias en la medición.



Figura 3-1 Luxómetro PCE-174 de PCE Ibérica

El luxómetro en cuestión es un preciso instrumento capaz de medir iluminancia en lux (lm/m^2) o *footcandle* (cd/ft^2). Las características de dicho equipo se pueden consultar en la Tabla 3-1.

Especificaciones técnicas del Luxómetro PCE-174

	400 / 4000 lux
	400 / 4000 klux
Rangos	40 / 400 / 4000 fc
	40 kfc
	$\pm 5 \%$ del valor de medición
	± 10 dígitos (<10.000 lux)
Precisión	$\pm 10 \%$ del valor de medición
	± 10 dígitos (>10.000 lux)
Reproducibilidad	$\pm 3 \%$
Memoria	16.000 valores
Cuota de medición	Entre 2 segundo y 9 horas
Actualización de pantalla	1,5 cada segundo
Pantalla	Pantalla LCD de 3 $\frac{3}{4}$ dígitos
Alimentación	Batería de 9 V
Dimensiones aparato	203 x 75 x 50 mm (ancho x alto x profundo)
Dimensiones del sensor	115 x 60 x 20 mm (ancho x alto x profundo)
Longitud del cable	150 cm

Tabla 3-1 Especificaciones técnicas del luxómetro PCE-174 [39]

3.2.2.2 Espectrómetro MK350S PREMIUM

El MK350S PREMIUM es un espectrómetro de mano multifunción. Además de las atribuciones propias de un espectrómetro el dispositivo de la marca UPRtek cuenta con un medidor cuántico de radiación fotosintéticamente activa o PAR (*Photosynthetically Active Radiation*), un detector de Luz Azul y un osciloscopio [40].



Figura 3-2 Espectrómetro MK350S PREMIUM

El espectrómetro cuenta con un intuitivo y sencillo modo de operación basado en una interfaz amigable y de sencilla comprensión. Cuenta con calibración automática para entornos poco iluminados y reducción automática de ruidos interferentes, lo que le permite adaptarse a las condiciones lumínicas de cualquier ambiente. Estas características hacen del MK350S PREMIUM un instrumento de uso profesional de gran precisión y velocidad de medición.

El dispositivo de la casa UPRtek cuenta con una aplicación de móvil y otra de escritorio que pueden servir de centro multimedia para la recolección, visualizado y comparación de datos.

La aplicación de escritorio (Figura 3-3) permite conectar el espectrómetro a un ordenador ofreciendo así la visualización en una distribución más cómoda. El software permite trabajar con todas las funcionalidades del espectrómetro sin estar limitado por el tamaño de su pantalla. Además, se pueden capturar mediciones desde el ordenador sin necesidad acceder al espectrómetro permitiendo así la toma de medidas desde la distancia para que la presencia del operador no afecte a las lecturas.

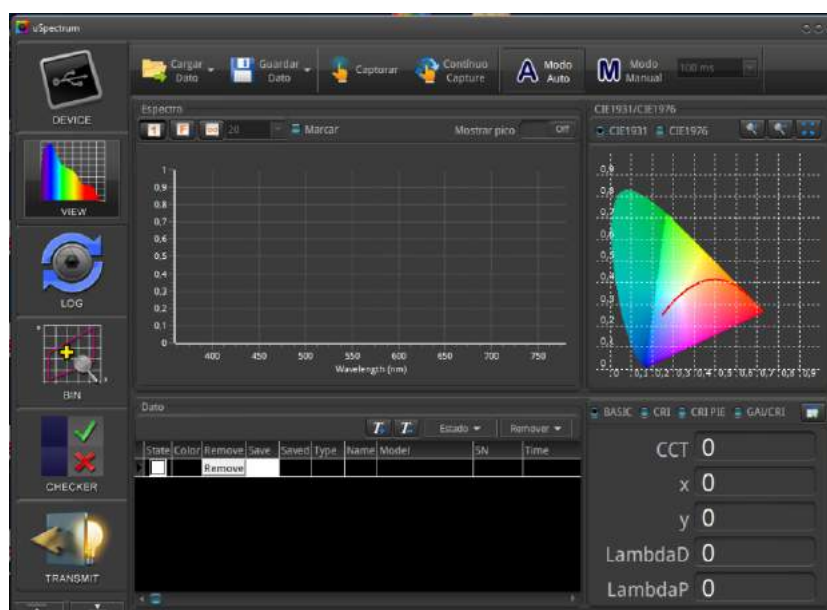


Figura 3-3 Interfaz de la aplicación de escritorio uSpectrum del MK350S PREMIUM

Por otro lado, el MK350S PREMIUM cuenta con una aplicación para móviles llamada de la misma manera (uSpectrum) que permite la conexión a través de una red wifi creada a través de una tarjeta SD con esta capacidad instalada en el espectrómetro. Este enlace permite visualizar y almacenar las mediciones en el propio dispositivo móvil. Sin embargo, a diferencia de lo visto con el software uSpectrum, la aplicación móvil homónima no permite accionar la captura desde el teléfono inteligente.

En la Figura 3-4 se pueden apreciar distintos modos de visualización de información que permite la aplicación móvil. En la parte central de esta imagen se ve la pantalla de carga de la aplicación, en la parte izquierda se muestra una presentación de espectro ejemplo y, en la de la derecha, su colorimetría siguiendo el patrón CIE 1976.

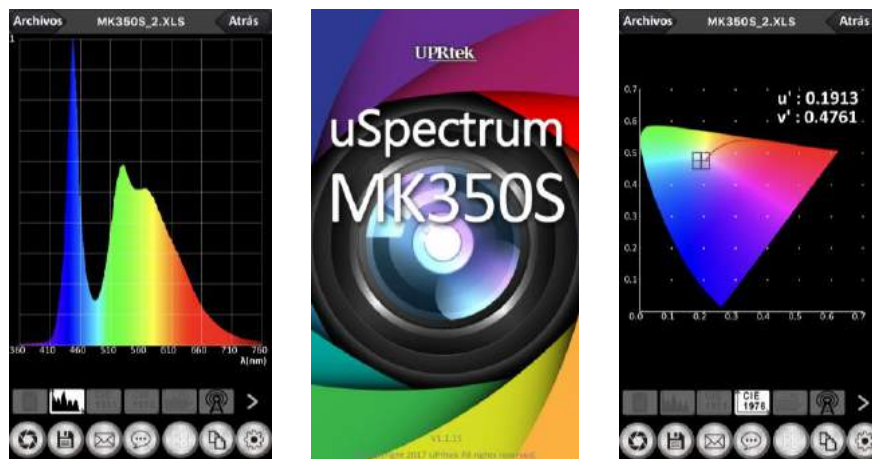


Figura 3-4 Interfaz de la aplicación móvil uSpectrum del MK350S PREMIUM

Las características técnicas del espectrómetro se pueden consultar en la Tabla 3-2.

Especificaciones técnicas del espectrómetro MK350S PREMIUM

Sensor	CMOS Linear Image Sensor
Rango de ancho de banda	380 a 780 nm
Incremento de ancho de banda	1 nm
Ancho de banda espectral	Aproximadamente 12 nm
Rango de medición	1 a 150.000 lx
Precisión	± 2,5 %
Pantalla	Pantalla táctil LCD 4,3" 800x480
Tiempo de operación de la batería	≤ 4 horas
Formato de exportación	.xls y .JPG
Dimensiones	163 x 81 x 26,6 mm
Peso	260 g ± 10 g
Idiomas disponibles	Inglés / chino tradicional / chino simplificado / japonés / español / alemán / francés / italianos / ruso
Resolución de la cámara	2M píxeles

Tabla 3-2 Especificaciones técnicas del espectrómetro MK350S PREMIUM [40]

3.2.3 Definición de zonas de trabajo

Con el fin de estudiar las exigencias de los habitáculos en cuestión, se han creado 4 zonas de trabajo con requisitos iguales o semejantes en función del uso que se les da. Estas pueden ser consultadas en el plano incluido en el apartado 07.

Las zonas de trabajo son:

- **Zona de trabajo 1:** Lectura / Estudio
- **Zona de trabajo 2:** Reuniones / Trabajo con carta náutica
- **Zona de trabajo 3:** Consulta de libros
- **Zona de trabajo 4:** Multipropósito

3.2.4 Estudio básico

Se considera estudio básico a aquel que incluye los requisitos estipulados en el Documento Básico de ahorro energético [41] y en la norma UNE-12464-1 de la iluminación en interiores [8]. Estos documentos exigen el estudio de diferentes parámetros a tener en cuenta.

3.2.4.1 Índice del local (K)

El índice de local (K) es un parámetro que caracteriza el tamaño de un habitáculo y varía en función de su área y altura. Siguiendo el Documento Básico de ahorro energético, el índice del local (K) define el número mínimo de puntos a considerar en el cálculo de la iluminancia media en el plano horizontal. El valor del índice se calcula con la Ecuación 3-1.

$$K = \frac{L \times A}{H \times (L + A)}$$

Ecuación 3-1 Índice del local (K)

Siendo L la longitud del local, A la anchura y H la altura de montaje de la luminaria respecto al plano de trabajo [41]. Como ya se dijo antes, el valor de K condicionará el número mínimo de puntos a medir siguiendo la Tabla 3-3.

Valor de K	Nº puntos a medir
$K < 1$	4
$2 > K \geq 1$	9
$3 > K \geq 2$	16
$K \geq 3$	25

Tabla 3-3 Número mínimo de mediciones en función del índice local [41]

3.2.4.2 Iluminancia media mantenida (E_m)

Se define iluminancia media mantenida como el valor por debajo del cual no debe descender la iluminación media en el plano de trabajo sin importar la antigüedad o estado de la instalación y se mide en luxes.

$$E_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i$$

Ecuación 3-2 Iluminancia media mantenida [8]

Los valores límites se detallan en la norma UNE-12464-1 de la iluminación en interiores [8].

3.2.4.3 Uniformidad media (U_m)

Se denomina uniformidad media a la relación entre la luminancia mínima y la media del habitáculo estudiado. Su expresión es la Ecuación 3-3.

$$U_m = \frac{E_{min}}{E_{med}}$$

Ecuación 3-3 Uniformidad media [41]

3.2.4.4 Valor de Eficiencia Energética de la Instalación (VEEI)

Este valor define la eficiencia energética de un habitáculo por cada 100 luxes. Se calcula utilizando la Ecuación 3-4.

$$VEEI = \frac{P \times 100}{S \times E_m}$$

Ecuación 3-4 Valor de Eficiencia Energética de la Instalación (VEEI) [41]

Siendo P la potencia total instalada, S la superficie iluminada (m^2) y E_m , la iluminancia media mantenida.

Los valores límites están tabulados en el Documento Básico de ahorro de energía, debiendo ser los valores nominales del local menores que éstos. [41].

El cumplimiento de los requisitos asociados a este factor es de obligado para edificios de nueva construcción a partir de la fecha de publicación de la norma en el Boletín Oficial del Estado y para aquellos edificios en los que se modifique más del 25% del área iluminado a partir de la misma fecha de publicación [41].

3.2.5 Espectro

Siguiendo la norma UNE-EN 12464-1:2012 se ha elaborado la Tabla 3-4 con los requerimientos de los diferentes tipos de habitáculos que se encuentra en la biblioteca Gabriel Císcar y Císcar.

Habitáculo	IRC	Luminaria Instalada
Zona de trabajo 1	80	LIFEMAX
Zona de trabajo 2	80	LIFEMAX
Zona de trabajo 3	60	LIFEMAX y MASTER
Zona de trabajo 4	80	LIFEMAX y DULUX

Tabla 3-4 Requerimientos por habitáculo en la biblioteca Gabriel Císcar y Císcar

Cruzando los requerimientos por habitáculo y las luminarias instaladas en cada habitáculo se confecciona la Tabla 3-5 en la que se recogen las características necesarias de cada tipo de luminaria.

Luminaria	IRC Requerido
LIFEMAX	80
MASTER	60
DULUX	80

Tabla 3-5 IRC requerido por luminaria

Con estos requisitos se pasa a evaluar independientemente cada luminaria utilizando el espectrómetro MK350S PREMIUM. Para acceder al análisis de espectro se pulsa sobre el icono “SPECTRUM” en el primer menú del espectrómetro (Figura 3-5).

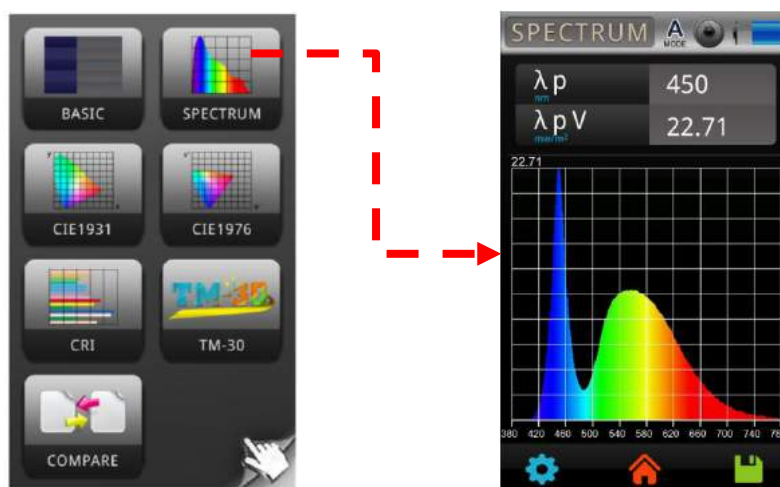


Figura 3-5 Submenú del espectro del MK350S PREMIUM

En este submenú aparecerá la gráfica espectral de la última medición, o en blanco si no se ha realizado ninguna. En la parte superior aparecen λ_p , que indica la longitud de onda pico, y λ_{pV} indicando la potencia correspondiente a esta longitud de onda en mw/m^2 . Estos valores se pueden utilizar para predecir el color que percibiría el ojo humano. Sin embargo, la presencia de varios picos puede producir una adición cromática generando colores secundarios.

Para caracterizar el color de un objeto bajo la iluminación de un foco, o el color del propio foco de luz, se pueden utilizar los submenús CIE1931 y CIE1976. Estos códigos suponen las dos formas más comunes de representar los colores del espectro visible. Para acceder a este submenú, simplemente hay que pulsar sobre ellos. La nueva pantalla (Figura 3-6) mostrará, en la parte superior, las coordenadas dentro del estándar elegido y en el centro de la pantalla la representación gráfica de dicho estándar y la situación del objeto/luminaria a estudiar con una cruz. Es necesario destacar que, al tratarse de dos formas diferentes de situar un color en un plano 2D, las coordenadas de un sistema no se corresponden con las del otro.

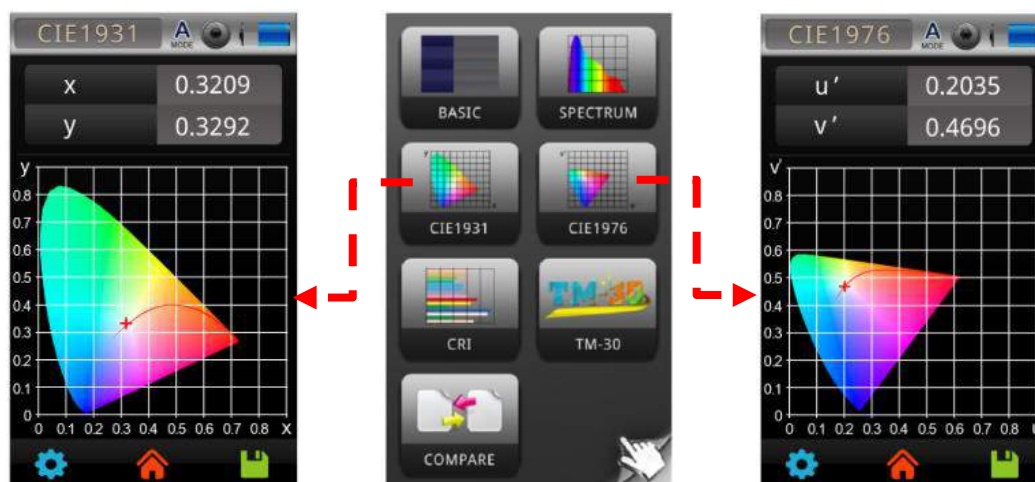


Figura 3-6 Submenús CIE1931 y CIE1976 del MK350S PREMIUM

Por último, otro factor de interés es el IRC (el MK350S PREMIUM utiliza las siglas en inglés, CRI). Para acceder a él, se tiene que pulsar el icono de CRI en la primera página del menú principal

(Figura 3-7). En este submenú aparecerá el valor del IRC en la parte superior seguida de rango de color R que especifiquemos. En el centro aparecen los 15 rangos de colores R₁-R₁₅, cada uno de estos valores indican cuanto de cada calor está saliendo de la fuente de luz. El valor del IRC se calcula haciendo la media de los 8 primeros (R₁-R₈). sin embargo, se puede dar el caso que un alto IRC no denote necesariamente un buen renderizado del color.

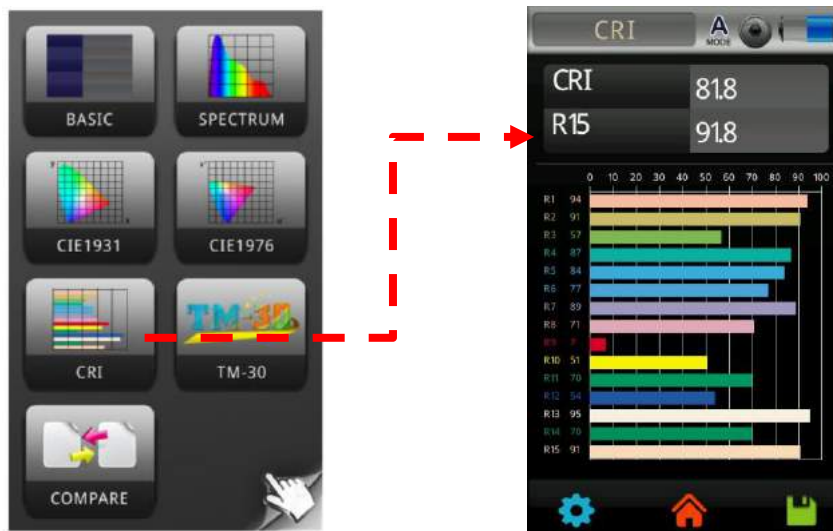


Figura 3-7 Submenú CRI del MK350S PREMIUM

3.2.6 Luz Azul Dañina

Se estudia el uso de la biblioteca Gabriel Císcar y Císcar, se deducen los tiempos estimados de máxima exposición y se les asigna un RG mínimo aceptable. Esto se recoge en la Tabla 3-6 identificándose como lugares de máxima exposición el despacho del bibliotecario, llegando a estar hasta 4 horas en el mismo habitáculo, y las áreas de lectura en la que los alumnos pueden permanecer hasta dos horas durante los periodos de estudio tutorizado.

Grupo de habitáculos	Tiempo estimado	RG mínimo aceptable [14]
Zona de trabajo 1	2 horas	RG1
Zona de trabajo 2	2 horas	RG1
Zona de trabajo 3	30 minutos	RG1
Zona de trabajo 4	30 minutos	RG1

Tabla 3-6 Estimación de RG por grupo de habitáculos

Al cruzarse el mínimo RG aceptable con las luminarias instaladas en cada habitáculo, se confecciona la Tabla 3-7 en la que se establece el requisito mínimo por luminaria. Así se puede ver que el RG máximo que podrían tener estas luminarias es RG1.

Luminaria	RG mínimo aceptable [14]
LIFEMAX	RG1
MASTER	RG1
DULUX	RG1

Tabla 3-7 RG mínimo aceptable por luminaria

Con los requisitos establecidos, se pasa a estudiar los parámetros de las luminarias actuales instaladas con el MK350S PREMIUM. Con este fin, se accede al submenú de “BLUE HAZARD” en el segundo menú del espectrómetro (Figura 3-8).



Figura 3-8 Submenú de daño por Luz Azul del MK350S PREMIUM

En este submenú se indican únicamente 3 valores, que son los tres valores que utilizar la CIE para caracterizar el riesgo por Luz Azul. De arriba abajo son: Luz Azul irradiada (E_b), eficacia de la radiación azul dañina ($K_{B,v}$) y el grupo de riesgo al que pertenece esta radiación (RG).

Una vez conocidos los parámetros a medir, los requisitos establecidos siguiendo la CIE y la metodología de medición que utiliza el espectrómetro, se pasa a estudiar cada una de las luminarias independientemente.

3.2.7 Parpadeo

El parpadeo de las siguientes luminarias se estudia con el espectrómetro MK350S PREMIUM de UPRtek. Para acceder a la medición se debe elegir entre las dos opciones que muestra el dispositivo, ambas se encuentran en el segundo menú: FLICKER y FLICKER RISK (Figura 3-9 y Figura 3-10).



Figura 3-9 Submenú de parpadeo del MK350S PREMIUM

El primer submenú (Figura 3-9) muestra los valores de interés en cuanto al parpadeo se refiere como son la frecuencia de parpadeo, el porcentaje de parpadeo y el índice de parpadeo. Además, ofrece otros datos como son el SVM (medida de visibilidad del efecto estroboscópico) o el valor medio del voltaje.

Además, si se pulsa en alguno de estos recuadros, se accede a otra pantalla en la que aparecen otras magnitudes menos relevantes que afectan al parpadeo como son los valores mínimo y máximo o el RMS (dB).

Si, en su lugar, elige la opción FLICKER RISK (Figura 3-10), aparecerá una interfaz más intuitiva en la que se tienen en cuenta los valores recomendados basados en la IEEE PAR 1789-2015 [15]. Para la representación de las mediciones, recurre a la gráfica modulación-frecuencia recogida en el mismo estándar. Este modo es, sin lugar a duda, el más sencillo y franco a la hora de comprobar el riesgo del parpadeo. En la parte superior muestra los dos valores de frecuencia y porcentaje de parpadeo, pudiendo estos ser cambiados por otros simplemente pulsando sobre ellos. La representación gráfica se divide en tres áreas con tres colores:

- la parte inferior derecha (de color verde) es aquella en la que se encuadran todas las luminarias denominadas como *flicker-free*, es decir que no inducirían un riesgo para la salud
- la zona intermedia (de color amarillo), en la que se encontrarían las luminarias con cierto riesgo para la salud como pueden ser determinados tipos de fluorescentes o LEDs degradados o con un mal controlador.
- la esquina superior izquierda (de color rojo), donde se encuentran las luminarias que suponen un riesgo para la salud y entre las que se pueden encontrar luminarias de tecnologías obsoletas o degradadas en las que incluso puede apreciarse el parpadeo a simple vista.



Figura 3-10 Submenú de riesgo de parpadeo del MK350S PREMIUM

Además de los datos y presentaciones mostrados en este apartado, el MK350S PREMIUM puede exportar los datos de parpadeo a un ordenador a través de su tarjeta SD o por wifi. Esta información se exporta, además de en las imágenes mostradas anteriormente, en una hoja de cálculo con los datos en bruto que consta de una medición del voltaje de la luminaria o lámpara cada 30µs y durante 500ms, resultando en un total de más de 16.000 muestras (el tiempo y frecuencia de muestreo se pueden modificar, pero los establecidos son los estándares). La información puede utilizarse para calcular uno mismo los diferentes factores que afectan al parpadeo o para graficar la variación del voltaje.

3.2.8 Deslumbramiento

El deslumbramiento sufrido por un observador como resultado de la exposición a una o más luminarias depende de 3 factores: la luminancia de fondo, la luminancia inducida por la luminaria o grupo de luminarias que afectan al deslumbramiento y la posición del observador respecto a estas.

Con el fin de caracterizar el presente efecto se llegó de forma experimental al índice de deslumbramiento conocido como UGR (*Unified Glare Ratio*), cuya expresión se puede consultar en la Ecuación 3-5.

$$UGR = 8 \log \left[\frac{0,25}{L_b} \sum_{i=1}^n \frac{L_i^2 \omega_i}{p_i^2} \right]$$

Ecuación 3-5 Índice unificado de deslumbramiento UGR [8]

En la que L_b es la luminancia de fondo, L_i la luminancia de cada una de las luminarias que afectan al deslumbramiento, ω_i es el ángulo sólido que contiene la superficie de la luminaria y p_i , el índice de Guth referente a la luminaria indicada.

La CIE establece que el UGR máximo permitido para una biblioteca es 19, provocando cualquier valor por encima de este un efecto notable e incómodo de deslumbramiento.

Debido a la cantidad de cálculos necesarios para calcular el UGR en cada una de las estaciones de trabajo de la biblioteca, se decide desarrollar un código de MATLAB para automatizar el proceso. Este código únicamente requeriría del usuario la información sobre su posición en la biblioteca y de la iluminancia recibida de las luminarias a su alrededor. El *script* completo se puede consultar en el Anexo I.

3.2.8.1 Desarrollo de la aplicación

Con el fin establecido, se desarrolla el código de la Figura 3-11 cuyo funcionamiento se detallará en este apartado, así como las funciones que lo forman se especificaran en el siguiente (apartado 3.2.8.2).

```

% Se calculan las coordenadas de la estación
[est_x, est_y, est_z] = lugar(m,s,o);

% Se calculan las coordenadas de las 6 luminarias
[lum1_x, lum1_y, lum2_x, lum2_y, lum3_x, lum3_y, ...
 lum4_x, lum4_y, lum5_x, lum5_y, lum6_x, lum6_y] = luminaria (est_x);

% Se calcula en ángulo sólido sostenido desde la estación hasta cada una de
% las luminarias
AS_lum1 = solid_a(est_x, est_y, lum1_x, lum1_y);
AS_lum2 = solid_a(est_x, est_y, lum2_x, lum2_y);
AS_lum3 = solid_a(est_x, est_y, lum3_x, lum3_y);

% Se transforman los datos de iluminancia en luminancia
lum1 = ilum_to_lum (ilu_1,est_x,est_y, lum1_x, lum1_y);
lum2 = ilum_to_lum (ilu_2,est_x,est_y, lum2_x, lum2_y);
lum3 = ilum_to_lum (ilu_3,est_x,est_y, lum3_x, lum3_y);
lum4 = ilum_to_lum (ilu_4,est_x,est_y, lum4_x, lum4_y);
lum5 = ilum_to_lum (ilu_5,est_x,est_y, lum5_x, lum5_y);
lum6 = ilum_to_lum (ilu_6,est_x,est_y, lum6_x, lum6_y);

% Se hace la media de los valores de luminancia de fondo
Lb = mean([lum4,lum5,lum6]);

% Se calcula el índice de Guth para las luminarias que provocan
% deslumbramiento
G_1 = guth(est_x, est_y, lum1_x, lum1_y);
G_2 = guth(est_x, est_y, lum2_x, lum2_y);
G_3 = guth(est_x, est_y, lum3_x, lum3_y);

% Por último, con todos los datos obtenidos, se calcula el UGR
UGR_value = 8 * log((0.25/Lb)*(((lum1^2*AS_lum1)/(G_1^2))+ ...
((lum2^2*AS_lum2)/(G_2^2))+((lum3^2+AS_lum3)/(G_3^2))));
    
```

Figura 3-11 Código principal del programa

En un primer momento el software solicita al usuario a través de la interfaz gráfica (apartado 4.1.5.1) la mesa en la que se encuentra, m , la silla en la que está sentado, s , así como su orientación, o . Con estos tres valores el software ejecuta la función “lugar” y devuelve las coordenadas del observador que almacena en las variables est_x , est_y y est_z .

A continuación, el software calcula las coordenadas de las 6 luminarias inmediatamente delante de él. Se considerará que las 3 primeras, correspondientes a la fila más cercana, serán las que produzcan deslumbramiento y las 3 siguientes las que produzcan la luminancia de fondo. Para esto recurre a la función “luminaria” que solo requiere de la variable est_x al almacenar esta la coordenada x de la estación. Como resultado, la función devuelve las coordenadas de las 6 luminarias que se almacenan en las variables $lum1_x$, $lum1_y$, $lum2_x$ etc.

El siguiente paso para el programa es el cálculo del ángulo sólido con el que se observan las luminarias. Este cálculo solo es necesario para las 3 luminarias que afectan al deslumbramiento i.e. las tres primeras. Con este fin, el software invoca la función “solid_a” a la que se le introducen las coordenadas del observador y la luminaria con lo que devuelve el ángulo sólido. En esta función se omite introducir la coordenada “ z ” ya que es constante a lo largo de toda la biblioteca.

Habiendo solicitado previamente al usuario los datos de iluminancia recibida de cada luminaria a través de la interfaz gráfica (apartado 4.1.5.1), el software realiza la conversión de iluminancia a luminancia, para lo que recurre a la función “ilum_to_lum”. Al necesitar esta conversión de la posición relativa entre el punto medido y la fuente de luz, la función exige como entradas no solo la iluminancia medida, sino también las posiciones de observador y luminaria. Esta función se invoca para los 6 valores de iluminancia.

El valor de la luminancia de fondo se considera como la media de las luminancias inducidas por las 3 luminarias más alejadas. Es por esto por lo que la siguiente línea de código calcula la media (*mean*) de estos tres valores.

Por último, se calcula el valor del UGR utilizando la Ecuación 3-5.

3.2.8.2 Desarrollo de las funciones

En el presente apartado se desarrolla el funcionamiento de las diferentes funciones implementadas para la resolución del problema. Esto se hará en orden de aparición en el código descrito más atrás.

```
function [est_x, est_y, est_z] = lugar (mesa,silla,orientacion)

%Declaración de variables

syms x_1 x_2 y smesa sdireccion v;
est_y = 0.5;
est_z = 1.8;

% Valores concretos de espaciado de la biblioteca

smesa = 3.52;           %Separación entre mesas [m]
sdireccion = 2;       %Separación entre puestos enfrentados [m]

silla = silla-1;      %Si el valor introducido por el usuario ya
                    %es 1, no se entra en el bucle
                    %Bucle para encontrar la coordenada y
while (silla>0)
    silla = silla-1;
    if rem(silla,2) == 0
        est_y = est_y+0.9;
    else
        est_y = est_y+1.15;
    end
end

x_1 = (mesa-1)*smesa;
x_2 = orientacion*sdireccion;
est_x = x_1 + x_2;

end
```

Figura 3-12 Función "lugar"

La función "lugar" convierte los valores de posición introducidos por el usuario en coordenadas del sistema de referencia establecido para este cálculo. Para esto, recurre a un bucle *while* (Figura 3-12) en el que se suma la distancia entre sillas dependiendo de su posición, ya que estas están agrupadas de dos en dos. El resultado de este bucle es la coordenada *y*.

Para obtener la coordenada *x*, el programa tiene en cuenta la separación entre mesas y entre puestos enfrentados sumando el resultado de ambos.

La función "luminaria" comienza declarando las variables de separación vertical y horizontal entre luminarias, la coordenada "z" de las mismas que no varía y los contadores *n* y *d*. Esto viene recogido en la parte superior de la Figura 3-13

```
function [lum1_x, lum1_y, lum2_x, lum2_y, lum3_x, lum3_y, ...
        lum4_x, lum4_y, lum5_x, lum5_y, lum6_x, lum6_y] = luminaria(est_x)

syms x x1 ori comp x_lum;
n=0;
sep_h = 2.4; %Se declara una función número de luminaria
sep_v = 1.8; %Separación horizontal entre luminarias
lum_z = 2.8; %Separación vertical entre luminarias
d=100; %Altura de la luminaria

% Comprobación de la horientación del usuario

if rem(est_x,3.52)==0
    ori = 0; %Mira hacia adentro
else
    ori = 1; %Mira hacia la puerta
end
```

Figura 3-13 Función "luminaria" (1/5)

En la parte inferior de la misma figura se implementa una condición que detecta la orientación del usuario en función de la coordenada *x*, sabiendo si está sentado en un lado u otro de la mesa.

A continuación, otro bucle *while* (Figura 3-14) recorre todas las posiciones de las 18 filas de luminarias instaladas en la biblioteca académica y almacena en la variable *d* relativa de la fila de luminarias situada inmediatamente en frente del observador.

```
while (n<18) %Bucle para recorrer todas las posiciones
    x1=sep_h*n; %de las luminarias
    if ori==0 %Si mira hacia adentro
        comp = x1 - est_x;
    else
        comp = est_x - x1; %Si mira hacia la puerta
    end
    if (comp<d)&&(comp>0)
        d=comp;
    end
    n=n+1;
end
```

Figura 3-14 Función "luminaria" (2/5)

El siguiente condicionante (Figura 3-15), convierte las coordenadas relativas en absolutas en función de la posición del observador.

```
%Cálculo de la coordenada absoluta de la luminaria

if ori==0 %Si mira hacia adentro
    lum1_x = est_x+d;
else
    lum1_x = est_x-d; %Si mira hacia la puerta
end

% Las luminarias 1, 2 y 3 tienen la misma coordenada x

lum2_x = lum1_x;
lum3_x = lum1_x;
```

Figura 3-15 Función "luminaria" (3/5)

La condición que le sigue (Figura 3-16) calcula la coordenada "x" de la fila de luminarias inmediatamente siguiente que será la que genere la luminancia de fondo.

```
% Se calcula la coordenada x de la siguiente fila de luminarias en función
% de la orientación

if ori==0 %Si mira hacia adentro
    lum4_x = lum1_x+sep_h;
else %Si mira hacia la puerta
    lum4_x = lum1_x-sep_h;
end

% Las luminarias 4, 5 y 6 tienen la misma coordenada x

lum5_x = lum4_x;
lum6_x = lum4_x;
```

Figura 3-16 Función "luminaria" (4/5)

Por último, conociendo la coordenada "x" de las dos filas de luminarias en cuestión, se calculan las coordenadas "y" de las 3 luminarias que componen cada fila.

```
% La coordenada y es constante y depende de la posición en la línea

lum1_y = 1.3;
lum2_y = 1.3 + sep_v;
lum3_y = 1.3 + 2*sep_v;

lum4_y = lum1_y;
lum5_y = lum2_y;
lum6_y = lum3_y;

end
```

Figura 3-17 Función "luminaria" (5/5)

De esta manera, se han obtenido las coordenadas "x" de las 6 luminarias (que corresponden con la de la fila), las coordenadas "y" (calculadas en función a la separación horizontal entre luminarias) y la "z" (común para todas).

```
function SA = solid_a (est_x, est_y, lum_x, lum_y)

syms ext_1 ext_2 ext_3 ext_4 est;

%La altura de la luminaria siempre será 2.8 m y la del observador, 1.2

est_h = 1.2; %Altura estación
lum_h = 2.8; %Altura luminaria
l = 0.3; %Mitad del lado de la luminaria

%Coordenadas de los vértices de la luminaria

ext_1 = [lum_x - l, lum_y + l, lum_h];
ext_2 = [lum_x + l, lum_y + l, lum_h];
ext_3 = [lum_x - l, lum_y - l, lum_h];
ext_4 = [lum_x + l, lum_y - l, lum_h];

%Coordenadas del observador

est = [est_x, est_y, est_h];

%Se calculan ahora los vectores con los que se trabajará

a = ext_1 - est;
b = ext_2 - est;
c = ext_3 - est;
d = ext_4 - est;

SA_1 = 2*atan((norm(cross(cross(a,b),c)))/(norm(a)*norm(b)...
*norm(c)+norm(c)*dot(a,b)+norm(b)*dot(a,c)+norm(a)*dot(b,c)));

SA_2 = 2*atan((norm(cross(cross(d,b),c)))/(norm(d)*norm(b)...
*norm(c)+norm(c)*dot(d,b)+norm(b)*dot(d,c)+norm(d)*dot(b,c)));

SA = (SA_1 + SA_2);

end
```

Figura 3-18 Función "solid_a"

La función “solid_a” (Figura 3-18) calcula las coordenadas de las 4 esquinas de una luminaria partiendo de la coordenada de la misma que indica su centro. Esto lo hace conociendo la mitad del lado de cada panel y sumando o restando la mitad de este según corresponda. Conociendo las coordenadas de cada extremo de la luminaria y las del observador, la función calcula los vectores parten del observador y llegan a cada uno de los extremos de la luminaria. A continuación, recurriendo a la Ecuación 3-6, se calcula los dos ángulos sólidos que formarían las pirámides originadas entre el punto observador con los 4 puntos extremos de las luminarias.

$$\tan\left(\frac{E}{2}\right) = \frac{|[a, b, c]|}{1 + b \cdot c + c \cdot a + a \cdot b}$$

Ecuación 3-6 Ángulo sólido de una pirámide triangular determinado por vectores [42]

La suma de los dos ángulos sólidos daría como resultado el ángulo sólido que formaría la pirámide abatida que tiene como ápice el observador y como base, la luminaria abatida.

La función “ilum_to_lum” (Figura 3-19) convierte la iluminancia recibida en un punto en la luminancia emitida por una luminaria. Para esto, primero calcula el ángulo de elevación desde el observador a la luminaria y, a continuación, la distancia observador-luminaria a través de dicho ángulo y la altura de la luminaria que es conocida.

```
function lum = ilum_to_lum (ilum, est_x, est_y, lum_x, lum_y)
V = 1.6; % Altura de la luminaria sobre observador
A = 0.6*0.6; % Área de la luminaria

alpha = angle_lum(est_x,est_y,lum_x,lum_y);
R = V / sin(alpha);

lum = ilum * (R^2/(A*cos(alpha)));
```

Figura 3-19 Función "ilum_to_lum"

Con estos datos, se recurre a la Ecuación 3-7 que relaciona iluminancia y luminancia a través del cuadrado de la distancia observador-fuente y el área relativa de la fuente desde el observador, con lo que se consigue convertir los luxes medidos en el observador en lúmenes radiados por la fuente, obteniendo así la luminancia.

$$L = E \cdot \frac{distancia^2}{area_{relativa}}$$

Ecuación 3-7 Relación luminancia-iluminancia [43]

Utilizada en “ilum_to_lum”, la función “angle_lum” (Figura 3-20) calcula el ángulo de elevación de una luminaria desde el observador.

```
function alpha = angle_lum (est_x, est_y, lum_x, lum_y)
V = 1.6; % La altura de la luminaria es la misma
L = abs(est_y - lum_y);
% Se pasa ahora a calcular T para obtener el ángulo
R = abs(est_x - lum_x); %Distancia de la estación al plano lumin.
T = sqrt(R^2+L^2); %Distancia proyeccion luminaria - obs
alpha = atan(V/T);
```

Figura 3-20 Función "angle_lum"

Para esto, la función recurre a la trigonometría y establece relaciones entre los puntos observador y luminaria a través de sus coordenadas.

Por último, la función “guth” (Figura 3-21) se utiliza para calcular el índice de Guth. Este parámetro de deducción experimental caracteriza el efecto de deslumbramiento que provoca una luminaria en un observador en función de la posición relativa entre ellos.

```
function G = guth (est_x, est_y, lum_x, lum_y)
% Se calculan las distancias iniciales
R = abs(est_x - lum_x); %Distancia observador - plano de luminarias
L = abs(est_y - lum_y); %Separación lateral observador - luminaria
V = 1.6; %Altura luminaria respecto al observador

% Se calculan los parámetros previos
alpha = rad2deg(atan(L/V)); %Ángulos en grados
beta = rad2deg(atan(sqrt(L^2+V^2))); %Ángulos en grados

% Con todos los parámetros previos, se calcula el índice
a = (35.2 - 0.31889*alpha - 1.22*exp((-2*alpha)/9))*(10^-3)*beta;
b = (21 + 0.26667*alpha - 0.002963*alpha^2)*(10^-5)*(beta^2);
G = exp(a+b);
```

Figura 3-21 Función "guth"

Existen diferentes metodologías para la obtención de este índice [44] [45], todas ellas experimentales. Para la ejecución del presente trabajo se recurrió a la Ecuación 3-8.

$$p = e^{\left((35,2 - 0,31889 \cdot \alpha - 1,22 \cdot e^{-2\alpha/9}) \cdot 10^{-3} \cdot \beta + (21,0 + 0,26667 \alpha^2) \cdot 10^{-5} \beta^2 \right)}$$

$$\tan(\alpha) = \frac{L}{V} ; \tan(\beta) = \sqrt{L^2 + V^2}$$

Ecuación 3-8 Índice de Guth [44]

En la anterior ecuación L corresponde con el apartamiento lateral y V, con la elevación relativa respecto al observador.

3.2.8.3 Cálculo del UGR en la biblioteca

Una vez desarrollada la aplicación, se pasa al trabajo de campo midiendo los datos de iluminancia generados por las diferentes luminarias en aquellas estaciones de trabajo consideradas de interés. Esto se hace comprobando aquellas estaciones con mayor luminancia de fondo ya que esta es inversamente proporcional al UGR y, por lo tanto, si no se cumplen los requisitos mínimos en estas estaciones no se cumplirán en ninguna. Además, se seleccionan 6 puntos al azar para cerciorar el cálculo.

Para esto, se recurre de nuevo al espectrómetro MK350S PREMIUM con el que se obtienen los datos de iluminancia requeridos por el software para el cálculo del UGR. Según la CIE y la normativa UNE-EN 12464-1 que lo implementa [8], los valores del UGR deben en una biblioteca deben de estar siempre por debajo de 19.

3.3 Diseño previo

Primeramente, y antes de proceder con el modelado 3D de la biblioteca académica “Gabriel Císcar y Císcar”, es necesario delimitar la zona de trabajo a través de una serie de planos, corroborar y corregir los planos disponibles, modelar el mobiliario necesario para la maqueta y , por último, crear las texturas personalizadas para dar detalle al modelo 3D.

3.3.1 Plano de emplazamiento y ortofotos

Con el objetivo de crear un plano de emplazamiento de la Escuela Naval Militar se accede al servicio web de SIGPAC (Sistema de Información Geográfica dedicado al control de las ayudas agrícolas de la Política Agraria Común) desarrollado por el Ministerio de Agricultura y Pesca en colaboración con las Consejerías de Agricultura de las distintas Comunidades y Ciudades Autónomas

y la Unión Europea [46]. Esta plataforma ofrece una base de datos con mapas, bases catastrales y planos topográficos combinado con ortoimágenes y otras referencias cartográficas de toda España.

Las imágenes obtenidas desde SIGPAC guardan escala única, por lo tanto, son fáciles de escalar y de utilizar para crear el plano de emplazamiento.

3.3.1.1 Equipo utilizado



Figura 3-22 Rolatape RT412D siendo utilizado en el helipuerto de la ENM

El Rolatape RT412D (Figura 3-22) es un odómetro industrial que dispone de una batería que le permite funcionar durante 30 horas ininterrumpidas. El método de utilización es sencillo, simplemente se enciende en la pantalla localizada en el mango, se selecciona la unidad de medida (pies, pulgadas, metros o centímetros) y se hace girar la rueda sobre lo que se quiera medir. El propio dispositivo calcula la distancia avanzada a través del giro de la rueda de 1 pie (0,3048 metros) de diámetro y la muestra en pantalla [47]. Las especificaciones técnicas del Rolatape RT412D se pueden consultar en

Se utiliza el Rolatape para escalar las ortoimágenes obtenidas con el software SIGPAC y poder crear el plano en AutoCAD.

Especificaciones técnicas del Rolatape RT412D

Unidades de medida	Pies, pulgadas, metros y centímetros
Contador	Digital
Circunferencia	1,036 m
	3,4 pies
Diámetro	0,3048 m
	1 pies
Longitud empuñadura	Mín: 68 cm
	Máx: 102 cm
Peso	1,59 kg

Tabla 3-8 Especificaciones técnicas del Rolatape RT412D

3.3.1.2 Desarrollo

Desde la plataforma de SIGPAC, se coloca la vista sobre la Escuela Naval Militar intentando colocar el máximo de la misma en pantalla sin llegar a perder una resolución aceptable. Una vez hecho esto se realiza una captura de pantalla y, sin modificar la escala, se desplaza la vista hasta otro punto para poder reconstruir posteriormente una única imagen.

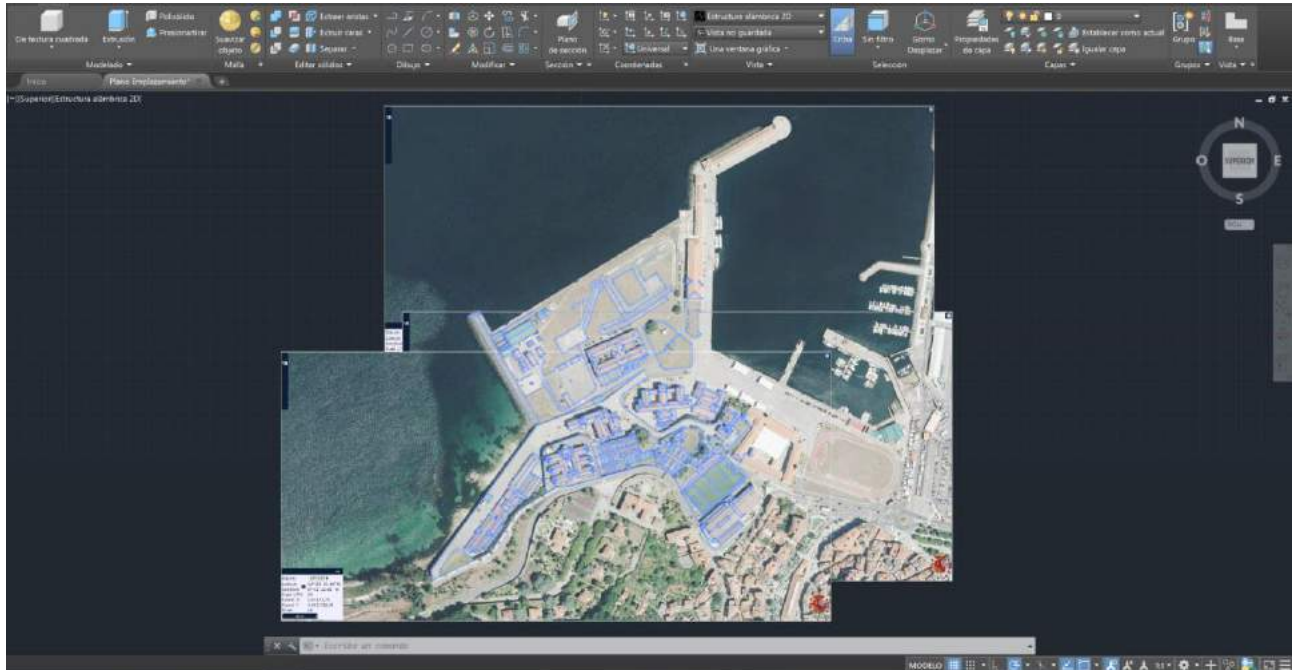


Figura 3-23 Dibujo del plano de aproximación en base a ortofotos

En este momento, es necesario escalar las imágenes. Para esto, se toma una medida con el odómetro de Rolatape en el helipuerto de la ENM (Figura 3-22) y se escalan las imágenes de acuerdo con esta magnitud real. Ahora que las imágenes guardan la escala deseada, se comienza el dibujo del plano de aproximación sobre las propias imágenes siguiendo los contornos de edificios y marcas relevantes como se ve en la Figura 3-23.

Obtenidas tres imágenes de la Escuela Naval Militar bajo la misma escala se importan al software AutoCAD. Para alinear las tres imágenes se utilizan referencias del plano como puede ser las líneas de la pista de atletismo o los tejados de los edificios.

Una vez hecho esto, solo resta dibujar el plano de aproximación utilizando las imágenes escaladas como referencia. Para la elaboración del plano se recurrió a líneas simples, sin utilizar polilíneas ni trazos complejos.

El resultado de este proceso se recoge en el apartado 4.2.1.1 de la presente memoria.

3.3.2 Corroboración y corrección de los planos de la biblioteca

Para construir una maqueta utilizando DIALux evo se decide importar primeramente un plano AutoCAD para que sirva de modelo 2D.

A través de la oficina de mantenimiento de la Escuela Naval Militar se accede a los planos de la biblioteca académica “Gabriel Císcar y Císcar” en formato AutoCAD. Sin embargo, los planos proporcionados no cuentan con la reciente incorporación de las aulas seminarios. Es por esto por lo que, además de comprobar las medidas de los locales inalterados, se toman medidas de los nuevos habitáculos para incorporarlos al plano.

3.3.2.1 Equipo utilizado



Figura 3-24 Telémetro láser BOSCH GLM 100 C

El telémetro láser BOSCH GLM 100 C se utiliza en la medición de longitudes de la biblioteca. El valor máximo teórico que puede registrar este dispositivo es de 100 metros en interiores, lo que lo hace idóneo para la toma de mediciones en la biblioteca cuya mayor longitud no supera los 60 metros.

El telemetro proyecta un láser la primera vez que se pulsa la flecha roja y toma una medida al pulsar una segunda vez, mostrando el valor medido en pantalla. Se debe tener precaución ya que entre las opciones del dispositivo se encuentra la posibilidad de cambiar el punto de referencia, pudiendo encontrarse en parte superior, la base o en la pestaña móvil desplegable.

Además, el equipo de la casa BOSCH cuenta con Bluetooth™ 2.1 que le permite conectarse con un dispositivo Android o iOS para mostrar las medidas directamente en un teléfono inteligente. Las especificaciones técnicas del telémetro láser de BOSCH se pueden consultar en la Tabla 3-9 [48].

Especificaciones técnicas del telémetro láser BOSCH GLM 100 C

Diodo láser	635nm, <1mW
Rango de medición	0,05 – 100,00
Peso, aproximado	0,14 kg
Tiempo de medición habitual	< 0,05 m
Precisión de medición	± 1,5 mm
Fuente de alimentación	1 batería de litio de 3,7 V (1250 mAh)
Unidades de medición	m/cm/mm
Transmisión de dato	Dispositivos Android a partir de Bluetooth™ 2.1, Dispositivos iOS con tecnología Bluetooth™ Smart

Tabla 3-9 Especificaciones técnicas del telémetro láser BOSCH GLM 100 C

3.3.3 Modelado del mobiliario de la biblioteca

El catálogo de muebles predefinidos en DIALux evo no es muy extenso, por lo que existen determinados objetos característicos de la biblioteca académica “Gabriel Císcar y Císcar” que es necesario modelar en un programa o programas ajeno. Con este fin se recurre de nuevo al software AutoCAD de la suite Autodesk. Los pasos seguidos para la creación de los modelos son:

- **Mediciones de la pieza:** Antes de utilizar el software de modelado, es necesario tomar medidas del mobiliario a reconstruir en 3D. Para esto se recurre al telémetro láser de la casa BOSCH (Figura 3-24) y de una regla graduada.
- **Dibujo en 2D:** El proceso seguido para el modelado de la pieza en AutoCAD comienza con un dibujo en 2D de las piezas que forman el mueble como se puede ver en la Figura 3-25. Para esto se recurrió principalmente a la herramienta “Línea” del menú “Dibujo”

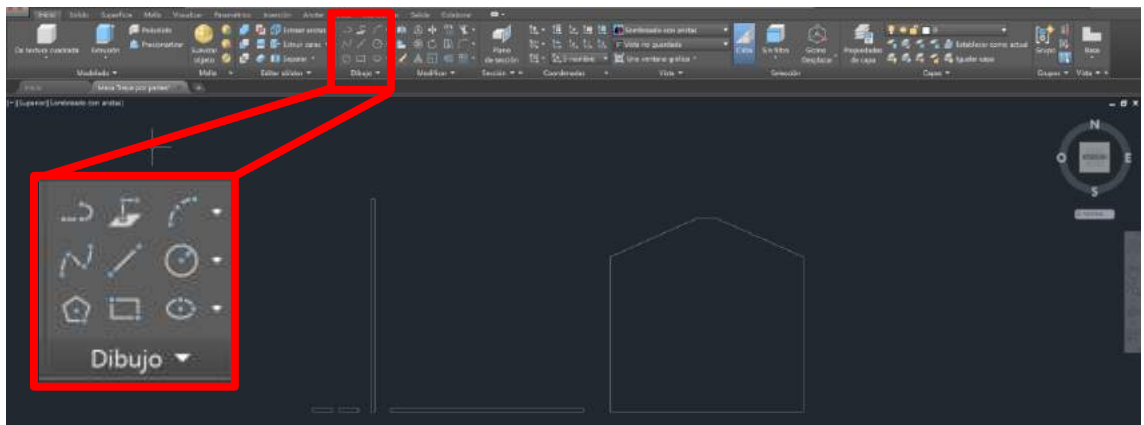


Figura 3-25 Modelado en 2D previo en AutoCAD

- **Extrusión 3D:** El siguiente paso es extrusionar los dibujos en 2D para convertirlos en piezas 3D. Para ello se acude a la herramienta “Presionartirar” del menú “Sólido” que permite seleccionar superficies cerradas en 2D y darles una tercera dimensión.

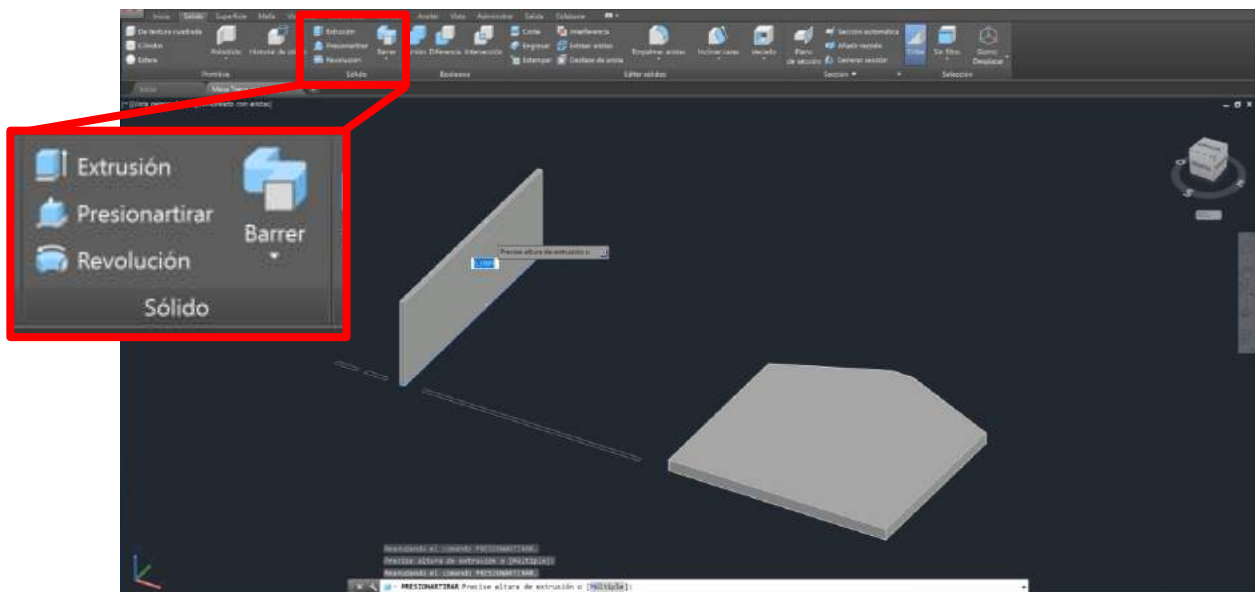


Figura 3-26 Extrusión de dibujos con la herramienta "Presionartirar" en AutoCAD

- **Desplazamiento de piezas:** Con todas las partes extrusionadas, se procede a moverlas hacia una pieza origen y se comienza a formar la pieza como se ve en la Figura 3-27. Esto

se hace con la herramienta “Desplaza” indicada con una cruz de cuatro flechas localizada en el menú “Modificar” en el que aparecen otras herramientas útiles que permiten borrar, estirar o copiar entre otros

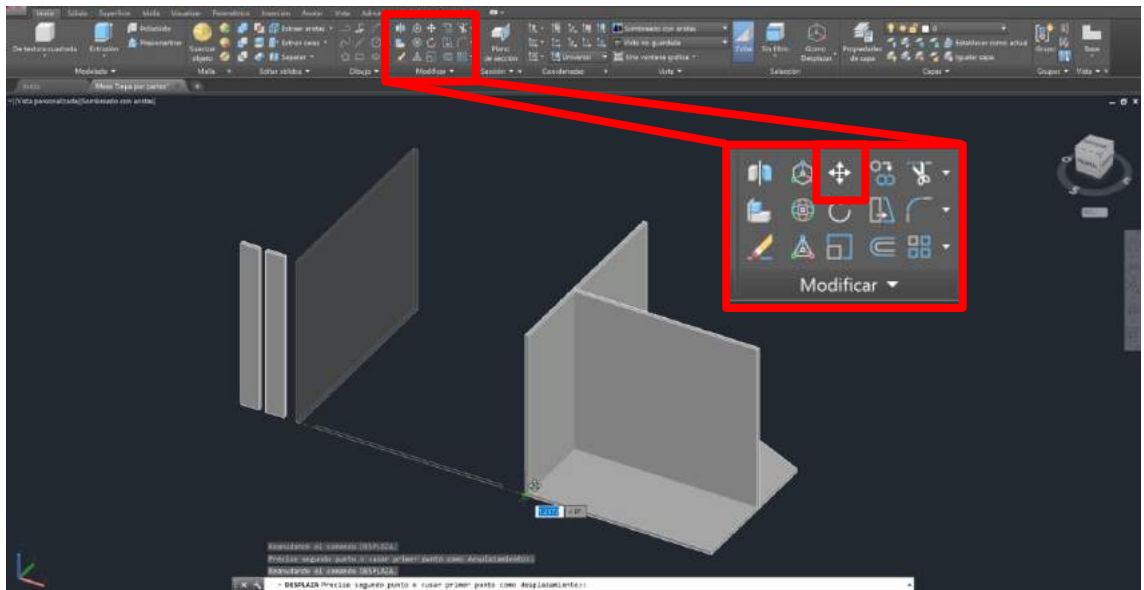


Figura 3-27 Movimiento de piezas utilizando la herramienta "Desplaza" en AutoCAD

- **Unión y exportación:** Por último, una vez que la pieza está completamente modelada se procede a convertirla en un único sólido con la función “Unión” en el menú “Booleano”. Tras esto, en el menú principal, dentro de la opción de exportar se selecciona exportar en otro formato, eligiéndose entonces el formato *.sat*.

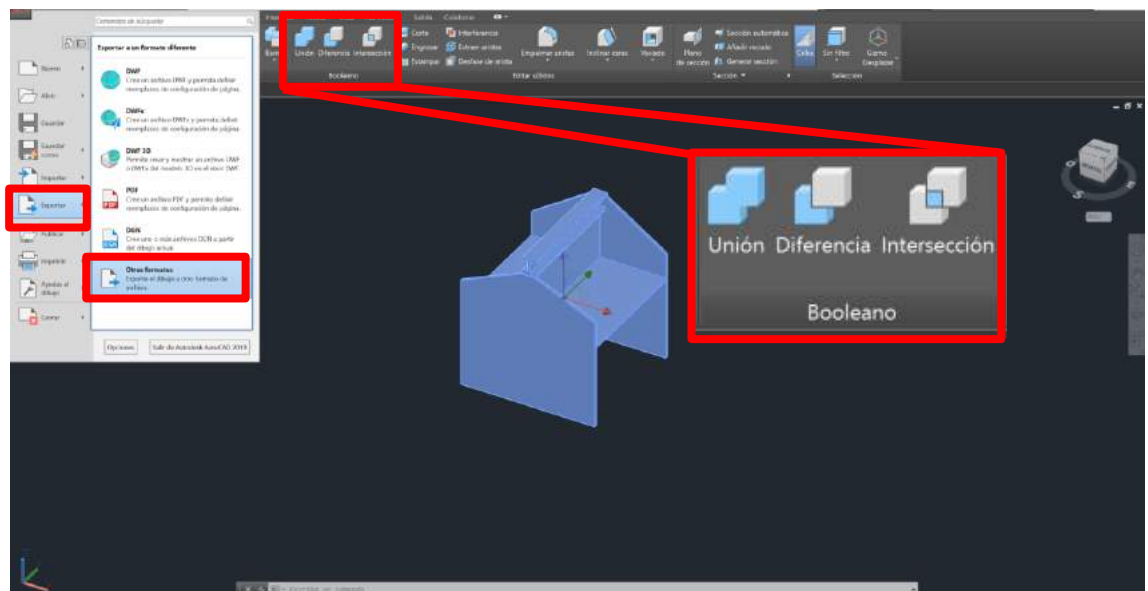


Figura 3-28 Unión de las partes y exportación de la pieza en AutoCAD

Siguiendo este proceso, se modelan y exportan aquellos objetos importantes para la maqueta que no se encuentran en la biblioteca propia de DIALux evo. Una muestra de los objetos creados con este procedimiento son la mesas propias de la biblioteca, las sillas particulares que se encuentran en el local principal y los tiradores de las puertas que pueden verse en la Figura 3-29.

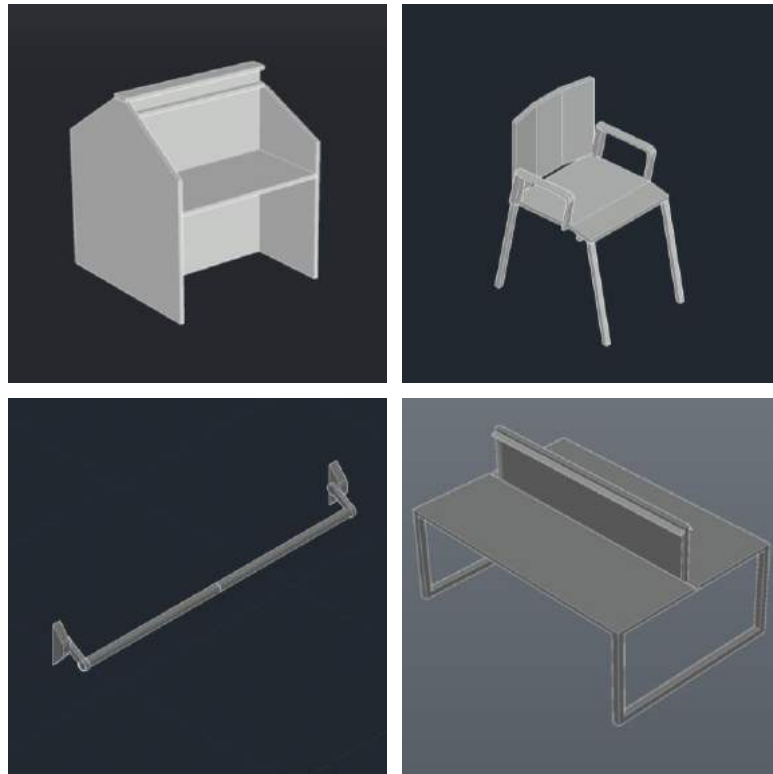


Figura 3-29 Muestra de muebles de la biblioteca modelados con AutoCAD

3.3.4 Texturas

El último requisito previo al modelado de la maqueta consiste en obtener texturas precisas y de especial relevancia en la biblioteca para importarlas al software DIALux evo. Al igual que con los muebles, DIALux evo cuenta con dos catálogos de texturas: uno de materiales y uno de colores. Con los catálogos integrados se podrían pintar todas las superficies de la biblioteca y, siempre que se respeten los valores de brillo y reflexión, la simulación será veraz. Sin embargo, con el objetivo de maximizar el realismo del modelo 3D, se decide recurrir a la importación texturas reales obtenidas de la propia biblioteca.

El primer paso necesario para la creación de una textura es tomar una fotografía al material necesario en la realidad. Una vez llevado a un ordenador, se procesa la fotografía con un editor de imágenes; en este proyecto se utilizó la herramienta de software libre GIMP para MacOS (Figura 3-30). En el programa de edición se recorta a las dimensiones deseadas para la posterior importación y se añaden diferentes efectos para eliminar la sensación de profundidad.

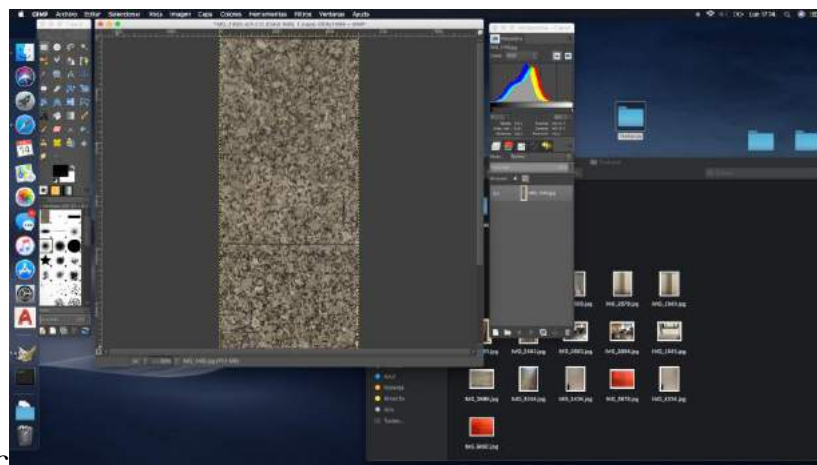


Figura 3-30 Edición de una imagen con GIMP para posterior importación como textura

3.4 Modelado fotométrico

Tras el detallado estudio luminotécnico realizado sobre la biblioteca Gabriel Císcar y Císcar y al comprobar que no cumple con los requisitos propios de una biblioteca, se decide proponer una nueva instalación lumínica que sí lo haga. Con este fin, se crea un modelo BIM en tres dimensiones de biblioteca académica, que se utilizará como plataforma para el rediseño de la instalación actual.

A lo largo de este apartado se desarrollará el procedimiento seguido para construir este modelo que pasa por la importación del plano en formato AutoCAD al software DIALux evo, el levantamiento de muros en 3D, la incorporación de aperturas y muebles y, por último, la aplicación de texturas.

Al abrir el programa aparece una ventana como la que se muestra en la Figura 3-31. Aquí existen numerosas opciones: comenzar a planificar en una hoja en blanco, importar un plano o archivo IFC (*Industry Foundation Classes*), planificar una única sala, simular iluminación para carreteras, un modo básico de simulación de habitáculos, además de cargar proyectos anteriores o acceder a información online sobre el software. Para comenzar, se hace clic sobre “Planificación de exteriores y edificio”.

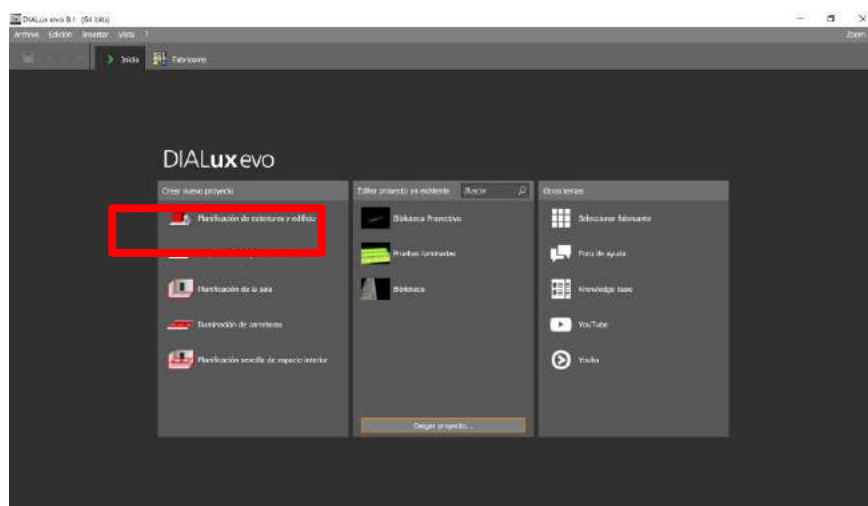


Figura 3-31 Pantalla inicial DIALux evo

Habiendo accedido a esta opción, aparece la ventana mostrada en la Figura 3-32. Desde ese interfaz se puede acceder a los 6 menús principales: “Construcción”, “Luz”, “Objetos de cálculo”, “Exportar” y “Documentación y fabricante”. Estos menús se desarrollan a lo largo del apartado en el orden lógico de utilización del programa.

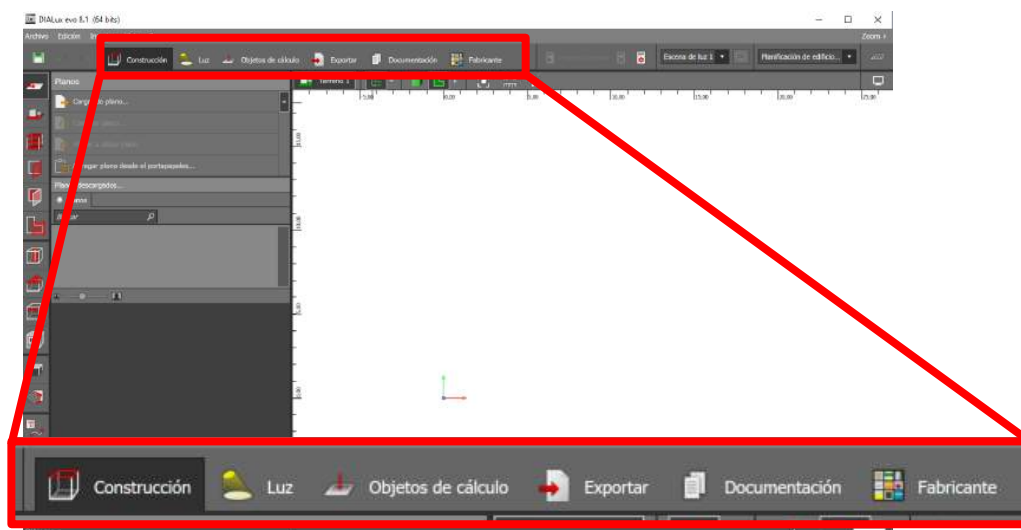


Figura 3-32 Interfaz de usuario DIALux evo en modo "Planificación de exteriores y edificio"

3.4.1 Herramientas de visionado

Antes de comenzar el modelado BIM de la biblioteca académica, es necesario familiarizarse con las herramientas de visionado del software. En la se muestran de izquierda a derecha las siguientes opciones:

- **Vista proyecto:** Esta vista permite tener una imagen completa del proyecto incluyendo, si las hay, las escenas exteriores como jardines o carreteras.
- **Vista edificio:** Esta vista muestra la edificación en cuestión dentro del proyecto completo.
- **Vista planta:** Dentro de un edificio, esta vista mostrará las diferentes plantas que lo componen.
- **Vista local:** Con esta vista se centra el área de trabajo en un habitáculo en concreto
- **Planos:** Esta opción permite superponer un plano AutoCAD sobre la maqueta BIM de DIALux.
- **Procesado en 3D:** En este modo se podrá navegar por las vistas anteriormente mencionadas en una vista 3D.
- **Vistas de plano:** Las 5 siguientes opciones permiten trabajar en las vistas 2D de alzado, planta y perfiles.
- **Zoom en la escena:** Esta opción permite centrar la cámara dentro de la vista seleccionada.
- **Cinta métrica:** Permite tener acceso a una herramienta de medición.
- **Definir sistema de coordenadas:** Está última opción permite al usuario establecer un nuevo sistema de coordenadas.

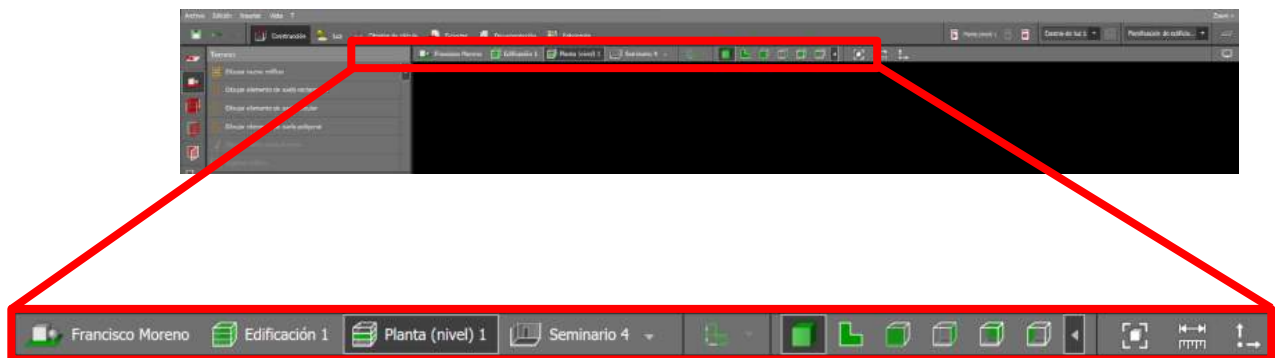


Figura 3-33 Herramientas de visionado del software DIALux Evo

3.4.2 Modelado BIM

Al abrir el programa y hacer clic sobre la opción “Planificación de exteriores y edificio” se dará acceso directamente al menú principal “Construcción”. Esta pantalla cuenta con todas las herramientas necesarias para la construcción del modelo BIM como son, de arriba abajo en la Figura 3-34: “Planos”, “Terreno”, “Construcción de plantas y edificio”, “Aberturas de edificio”, “Elementos de la fachada”, “Áreas”, “Elementos de ambiente”, “Tejados”, “Techos”, “Recorte”, “Muebles y objetos” y “Materiales”.

A lo largo de los consiguientes apartados se desarrollará cómo se crea la maqueta BIM desde el menú principal “Construcción”.

Navegando por los menús y pantallas que forman dan forma a este software se presentan números oportunidades para ofrecer el matiz fotorrealista que se le desea impregnar a la maqueta virtual de la biblioteca académica “Gabriel Císcar y Císcar”.

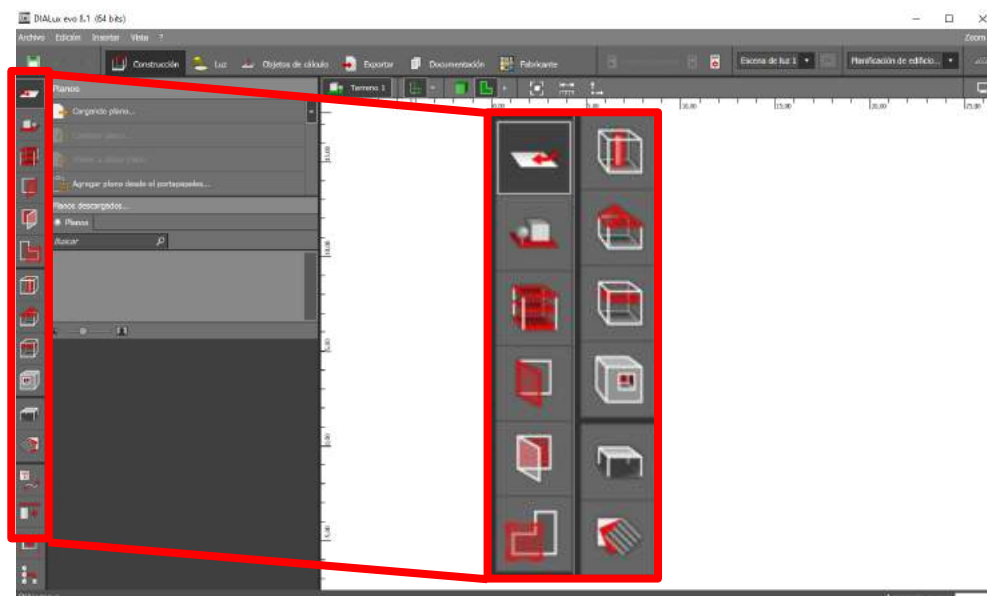


Figura 3-34 Herramientas del menú construcción DIALux Evo

3.4.2.1 Submenú “Planos”: importación de planos AutoCAD a DIALux Evo

Este submenú permitirá importar planos en formato AutoCAD sobre los que se podrá construir la maqueta. En él se seleccionan las unidades de trabajo (metros) y qué capas, de las disponibles en el plano, se mostrarán en el programa.

Para importar el plano, se hace clic en “Cargando Plano...” como se puede observar en la Figura 3-35.

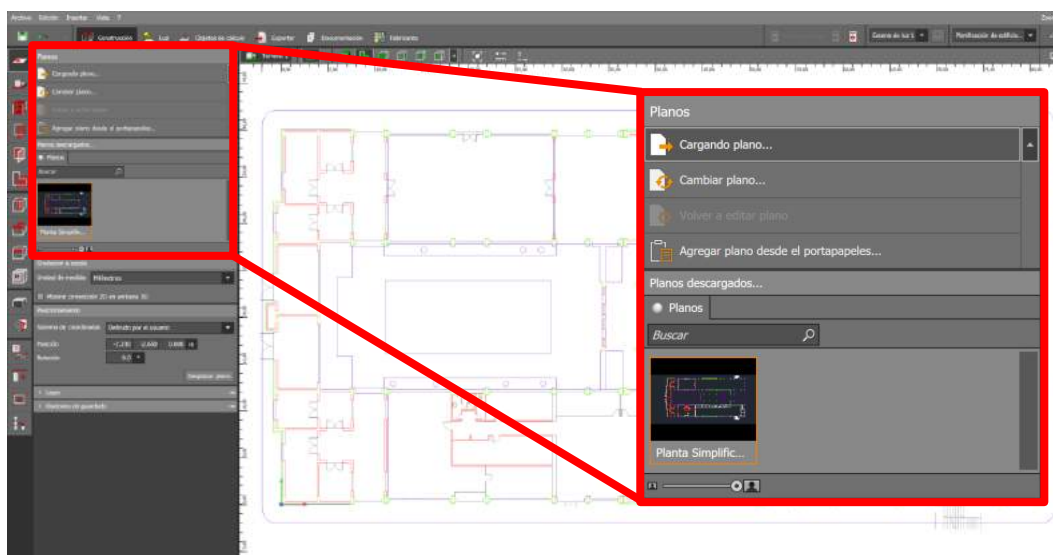


Figura 3-35 Submenú "Planos" DIALux Evo

Seleccionada dicha opción, el programa pide el origen de coordenadas del plano (si no se elige el programa cogerá el sistema de coordenadas del plano AutoCAD), así como una referencia de longitud o las unidades de origen para escalar el plano.

3.4.2.2 Submenú “Terreno”

Este submenú, visible en la Figura 3-36, permite crear el espacio de trabajo sobre el que se modelará el edificio en cuestión. En el caso de la biblioteca a desarrollar, este apartado pierde

importancia por estar centrado en crear escenarios interiores y exteriores, estando localizado el local de estudio íntegramente en interiores.

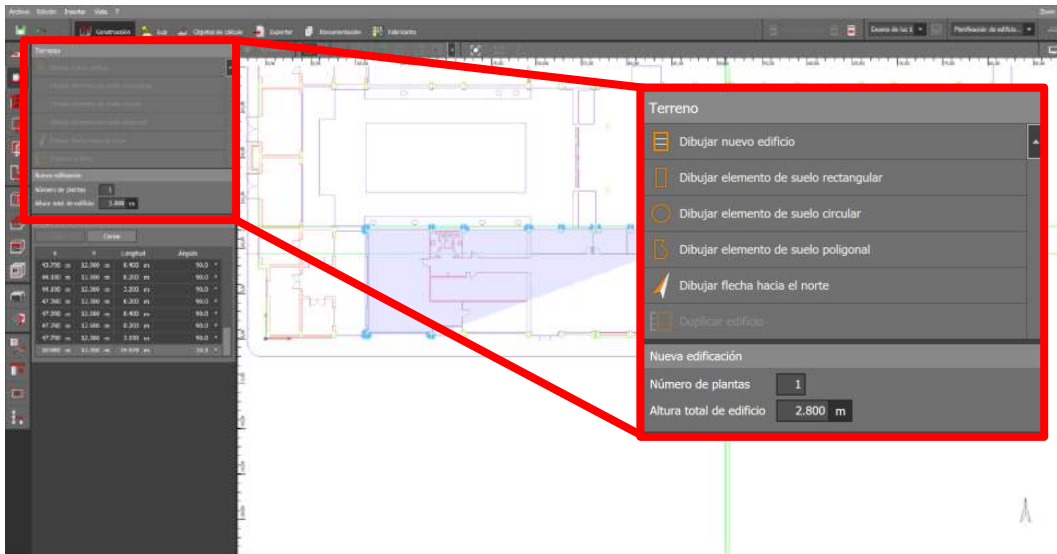


Figura 3-36 Submenú "Terreno" DIALux

El estudio se centra únicamente en la biblioteca, así que se omitirá el resto del cuartel. Se establecen los límites exteriores de la biblioteca como los del edificio en el programa. Para esto, simplemente sigue el contorno exterior utilizando la herramienta "Dibujar nuevo edificio". Una vez delimitada la fachada, indica que el edificio cuenta con una única planta y que su altura es de 2.8 metros. Por último, Este submenú también permite establecer el norte en el dibujo, en este caso sencillo al estar alineado con la fachada del cuartel.

3.4.2.3 Submenú "Construcción de plantas y edificio"

Al finalizar la delimitación exterior del edificio, el programa pasa automáticamente al submenú "Construcción de plantas y edificio" con una interfaz como se muestra en la Figura 3-37. En este interfaz se permite crear los diferentes habitáculos que forman el edificio. En el caso de estudio, al haber delimitado los límites exteriores del edificio, las opciones "Dibujar nueva sala" y "Dibujar nuevo contorno de espacio interior" realizarían la misma función. El resto de opciones no se utilizan debido a que los límites exteriores ya están definidos y la biblioteca solo cuenta con una planta.

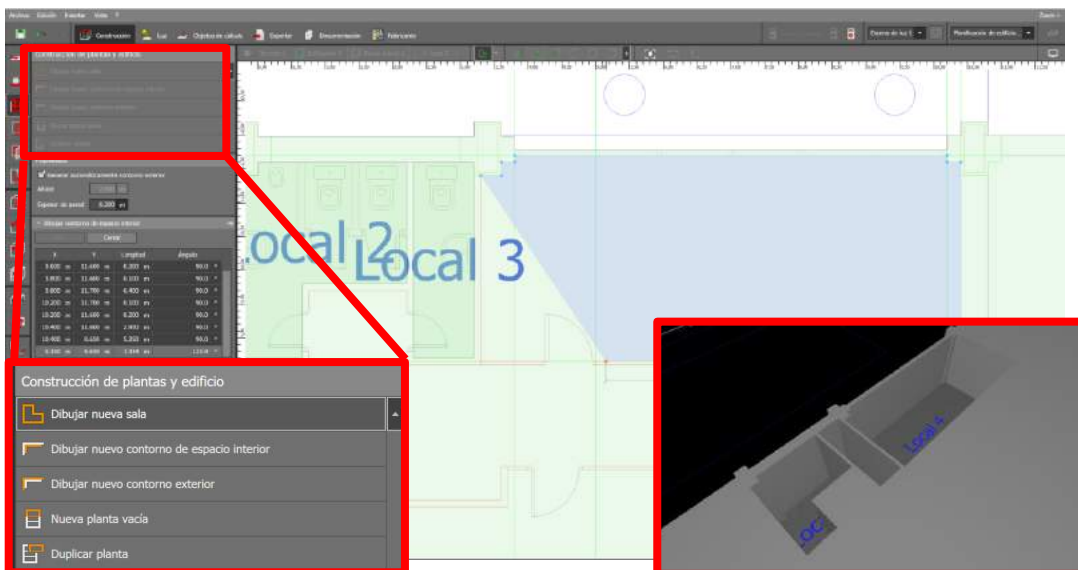


Figura 3-37 Submenú "Construcción de plantas y edificio" DIALux

En este caso se recurre a la herramienta “Dibujar nueva sala” y se marcan los contornos interiores de los locales que forman la biblioteca como se puede ver en la Figura 3-37. Para este proceso es recomendable la vista en planta, sin embargo, se puede comprobar el proceso con la vista 3D.

3.4.2.4 Submenú “Aberturas de edificio”

Una vez se han establecido los límites de todos los habitáculos de la biblioteca académica “Gabriel Císcar y Císcar”, se accede al submenú “Aberturas de edificio” en el que se introducirán ventanas y puertas. Como se puede ver en la Figura 3-38, esta pantalla permite elegir entre un catálogo predefinido de ventanas y puertas, pudiendo modificarse los parámetros de las mismas. Este catálogo incluye puertas básicas, ventanas redondas, cuadradas, de uno o más de un cristal, arcos y formas semicirculares.

A diferencia de lo que ocurre con mobiliario, texturas o luminarias, DIALux evo no permite la importación de archivos que actúen como aperturas, por lo que las ventanas y puertas introducidas en la maqueta son el fruto de la combinación de diferentes estilos de luminarias incluidas en el catálogo de serie.

Habiendo seleccionado la ventana o puerta deseada y modificado los parámetros de esta para que concuerde con la realidad, se insertan en la maqueta. Esto se puede hacer de dos formas: dibujando la apertura que formará en la pared o introduciéndola con unas medidas predefinidas. Para la elaboración de esta maqueta se ha optado por la herramienta “Posicionar abertura de edificio activa” en la totalidad de las aberturas ya que se contaba con las medidas de ventanas y puertas que fueron tomadas in situ.

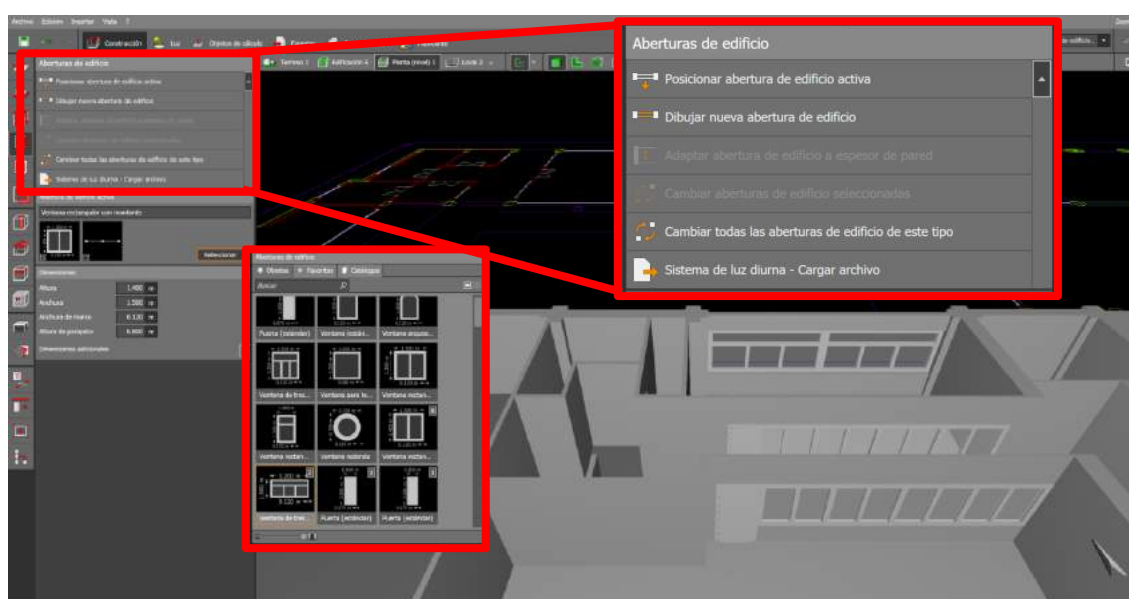


Figura 3-38 Submenú "Aberturas de edificio" DIALux

3.4.2.5 Submenú “Áreas”

En este momento, se pasa a caracterizar los diferentes locales introduciendo su finalidad. Para esto, se accede al submenú “Área”. En la pantalla aparecerán todos los habitáculos coloreados de amarillo (Figura 3-39).

En el presente interfaz, al hacer clic en cualquiera de los locales, aparecerá el tipo de uso que se le da a ese habitáculo (el predeterminado es oficina) y se permitirá al usuario elegir entre una selección de plantillas, predefinidas en la norma UNE-EN 12464-1 [8], o establecer los valores requisito para cada tipo de habitáculo.

Es recomendable guiarse por los valores predefinidos ya que son los que establece la norma. No obstante, si se tiene conocimiento suficiente de la materia se pueden alterar dichos valores.

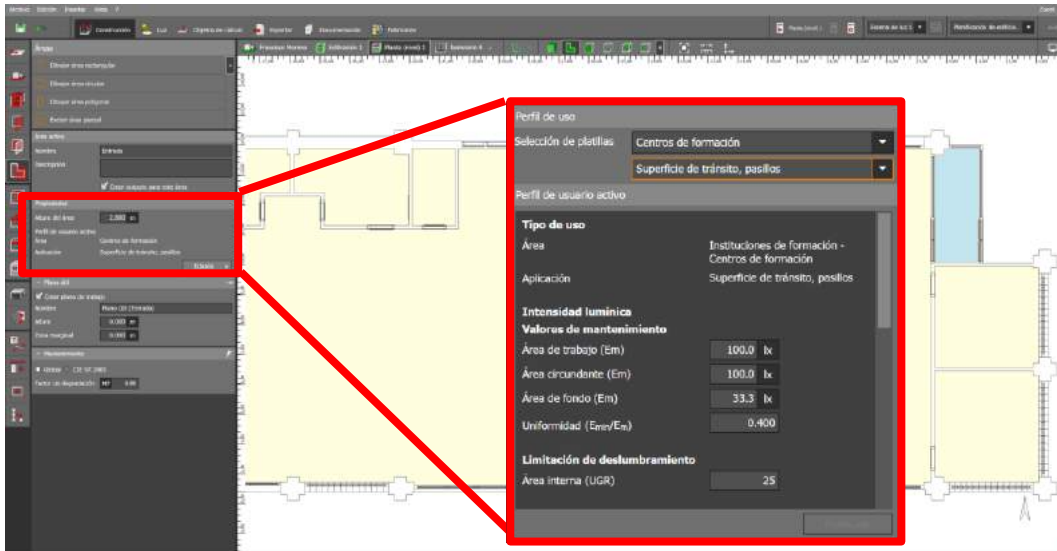


Figura 3-39 Submenú "Áreas" DIALux

La configuración de los habitáculos se hace de acuerdo con lo establecido en el apartado 3.2.3 sobre las zonas de trabajo. Entre los parámetros que se introducen en este apartado aparecen algunos como la iluminancia media mantenida exigida, el índice de reproducción cromática o la altura del plano de trabajo que serán de gran importancia en el apartado de cálculos.

Por último, cabe mencionar que en este apartado se nombran los habitáculos de la biblioteca de acuerdo con los nombres utilizados en el estudio luminotécnico (apartado 3.2).

3.4.2.6 Submenú "Elementos del ambiente"

El submenú "Elementos del ambiente" permite al usuario introducir bloques como columnas, escalones o rampas. Como se puede ver en la Figura 3-40, en la maqueta se utilizan estos bloques para simular todas las vicisitudes de la biblioteca, lo que hace que se asemeje más a la realidad.

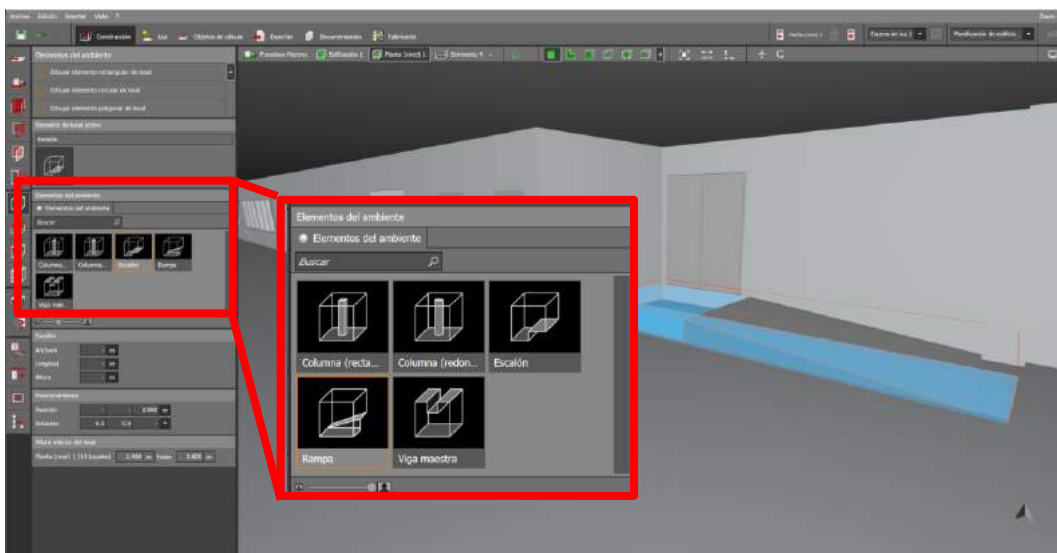


Figura 3-40 Submenú "Elementos de ambiente" DIALux

3.4.2.7 Submenús "Tejados", "Techos" y "Recorte"

La biblioteca académica no forma un edificio por sí sola, sino que se trata de una parte. Además, todos los locales dentro de ella tienen la misma altura. Es por esto, que las herramientas de los submenús "Tejados" y "Techos" no se utilizan en el desarrollo de este trabajo, al igual que "Recorte".

3.4.2.8 Submenú "Muebles y objetos"

El submenú "Muebles y Objetos" (Figura 3-41) es, junto con el submenú "Materiales", el más importante a la hora de impregnar realismo en la maqueta. En él se introducen los objetos que decoran los locales y en los que, posteriormente, se establecerán las áreas de cálculo. La fidelidad en la forma y distribución del mobiliario no solo es importante para el realismo de la maqueta, sino que también permite una simulación más exacta de los reflejos de la luz en los diferentes materiales.

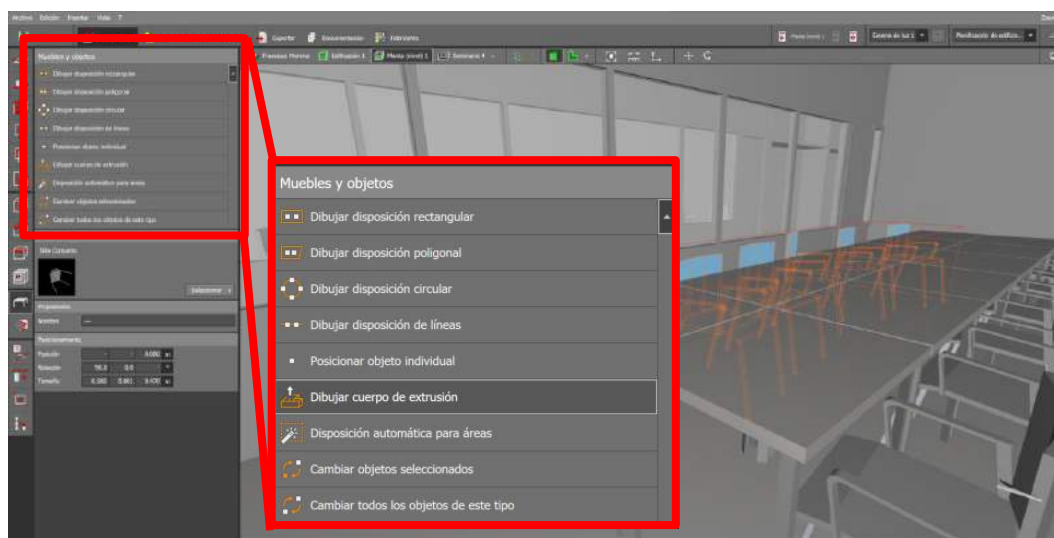


Figura 3-41 Submenú "Muebles y objetos" DIALux

Existen tres modos de incluir objetos a DIALux Evo:

- Crear un cuerpo de extrusión: esta herramienta es la más básica y permite, como su propio nombre indica, crear formas simples a través de un dibujo 2D y su posterior extrusión. Esta función se utiliza en la maqueta para crear objetos como espejos (Figura 3-42), marcos de cuadros o barras de percheros.

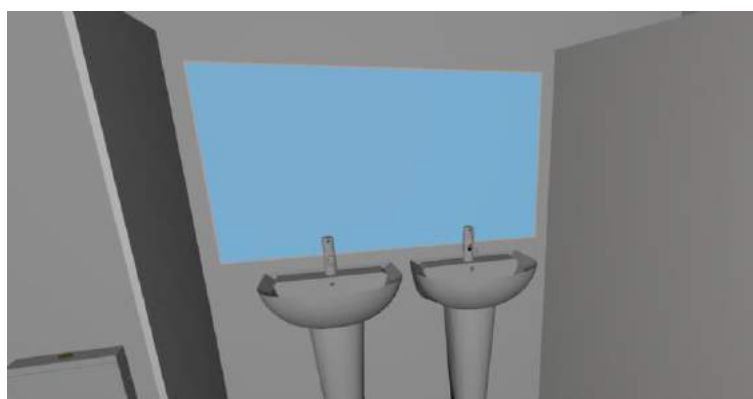


Figura 3-42 Cuerpo creado por extrusión (espejo) y objeto importado de librería libre (lavabo)

- Utilizar un objeto de la librería propia de DIALux evo (Figura 3-43): aunque no tan extensa como la de DIALux, el software DIALux evo cuenta con un repositorio de objetos catalogados por su función (muebles del hogar, muebles de oficina, sanitarios, diseño de tienda...). Éstos son de fácil introducción en los locales y, aunque son objetos genéricos, su gran variedad hace fácil encontrar el objeto que más se parezca a la realidad. Además, el software permite escalar y modificar algunos objetos como puede ser la altura de una mesa o el ancho de una estantería. Entre los objetos importados de este catálogo se encuentran las estanterías, las mesas de los seminarios y despacho o los ordenadores.

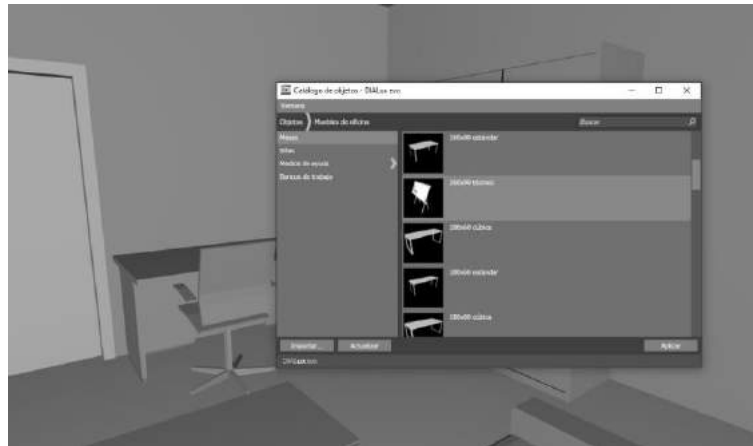


Figura 3-43 Catálogo de objetos DIALux Evo

- Importar un objeto a DIALux Evo: esta herramienta es utilizada en última instancia, en el caso en el que se quiera introducir un objeto que no pueda ser creado por extrusión y no se encuentre en el catálogo integrado del software. En este momento se puede recurrir a un catálogo gratuito online y descargar modelos en formato compatible con DIALux evo como son *.3DS* o *.SAT* (ejemplo de estos son los lavabos de la Figura 3-42). En el caso de ser un objeto muy concreto y no encontrarse nada similar, se puede recurrir al modelado de la pieza en AutoCAD (apartado 3.3.3) y su posterior importación. Esto se hizo para las mesas del estudio (Figura 3-44) o las mesas de la biblioteca central, entre otros.

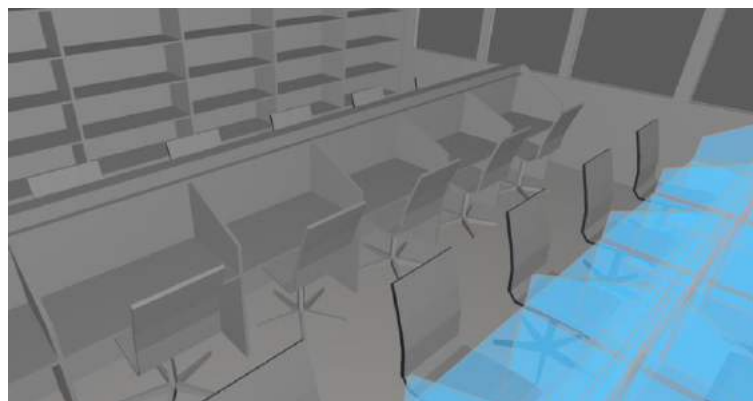


Figura 3-44 Mesas del estudio modeladas en AutoCAD e importadas a DIALux evo

Una vez importados los objetos se pueden colocar en una disposición rectangular, poligonal, circular o lineal; sin embargo, lo más cómodo y lo que se utilizó en el desarrollo de este proyecto fue la herramienta “Posicionar objeto individual”. Esta función permite colocar un único objeto en pantalla y, utilizando las herramientas de manipulación de la Figura 3-45, se ubican en su lugar.

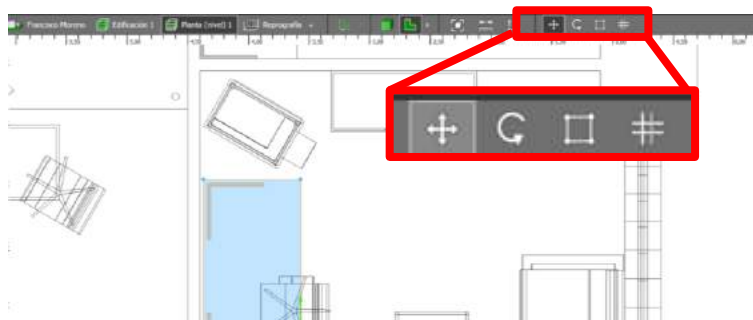


Figura 3-45 Herramientas de manipulación de objetos DIALux evo

3.4.2.9 Submenú “Materiales”

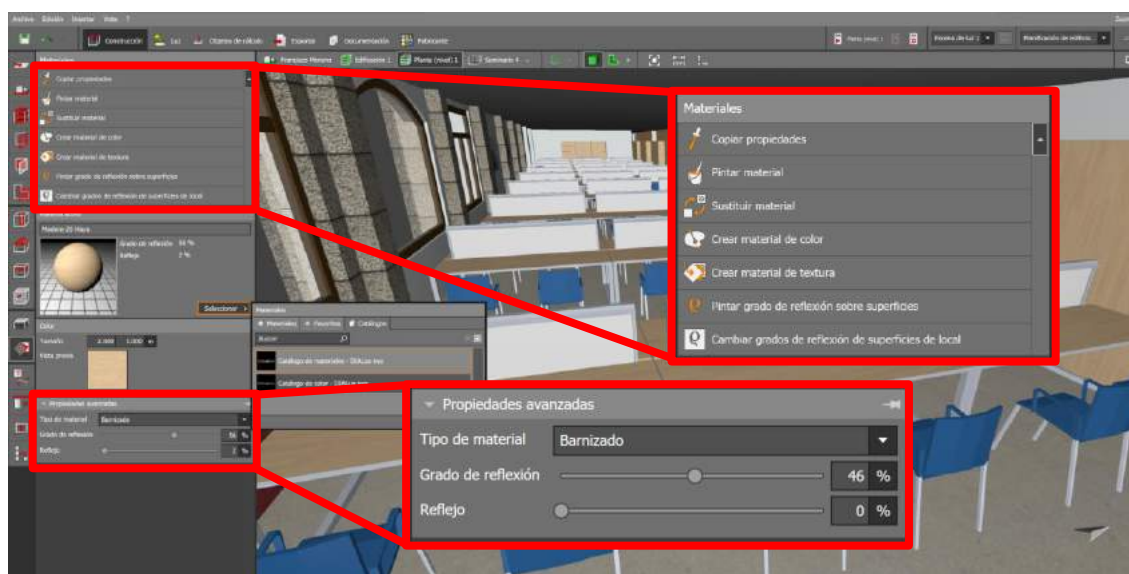


Figura 3-46 Submenú "Materiales" DIALux evo

En este momento, ya se cuenta con una maqueta bastante fiel a la realidad. Esta incluye todos los locales que la forman con sus respectivas ventanas, puertas y muebles.

Sin embargo, el software en cuestión tiene un submenú (Figura 3-46) en el que se pueden asignar materiales a las superficies con un doble objetivo: por un lado, se consigue aportar un punto más de realismo a la maqueta, pero más importante es, si cabe, la introducción de valores de grado de reflexión y reflejo para precisar aún más los resultados de la simulación.

El presente submenú se divide en cuatro partes:

- La primera, muestra las herramientas de trabajo con los materiales en cuestión, como son copiar las propiedades de un material ya colocado en la maqueta, pintar una superficie con la textura seleccionada, sustituir en todas las superficies un material por otro y otras como crear una textura en base a una imagen o determinar el grado de reflexión de un material ya colocado.
- La segunda ventana permite visualizar de forma gráfica el material seleccionado con el grado de reflexión y reflejo; además, incluye el selector de texturas con el que se podrá navegar entre los catálogos de materiales y colores de DIALux evo o los importados. El software incluye dos catálogos de texturas de serie: materiales y colores (Figura 3-47). En el caso de no encontrar el material adecuado, siempre se puede importar una imagen o patrón al programa. Por otra parte, si se arrastra la previsualización de la textura o color seleccionados sobre un objeto, el software automáticamente aplicará dicha textura a la totalidad del objeto. Esta función es mucho más eficiente que la función “Pintar material” que solo afectaría a una cara del objeto.
- La tercera ventana proporciona una herramienta para modificar el tamaño del patrón utilizado, esta se cobra utilidad si se importan texturas ya que, por defecto, aplica los valores de 2 metros de alto por 1 de ancho.
- La cuarta y última ventana ofrece otra posibilidad de modificar los parámetros de grado de reflexión además del reflejo y el tipo de material de la textura seleccionada.

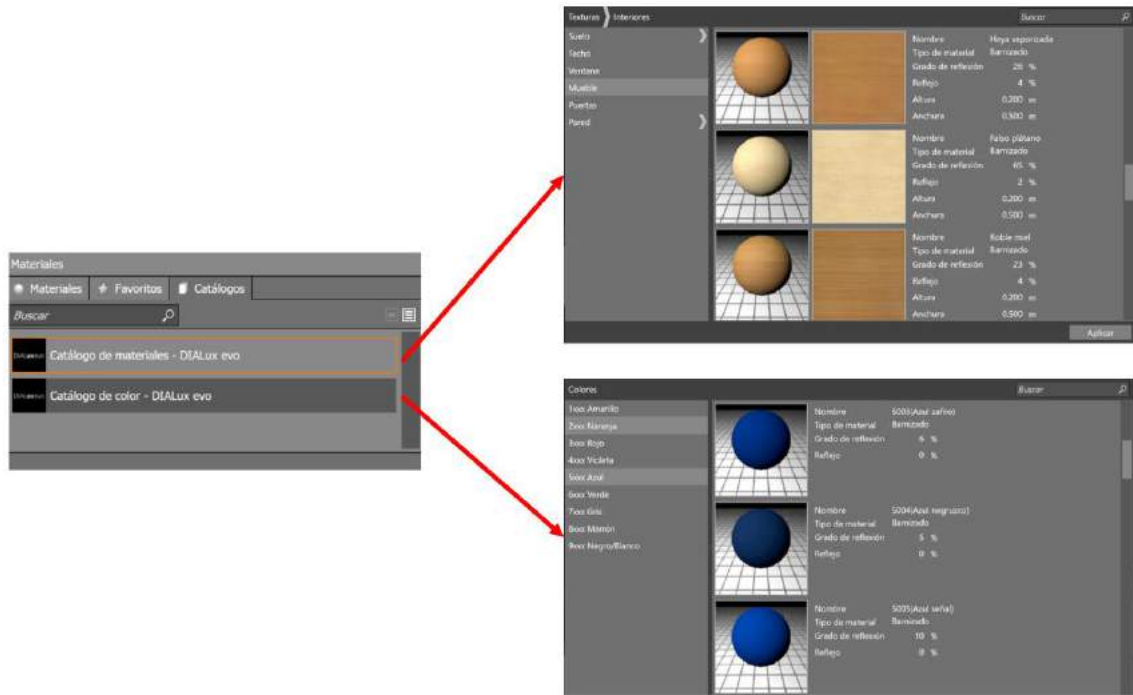


Figura 3-47 Catálogos de texturas DIALux evo

Utilizando las herramientas y funciones arriba explicadas, se procede a aplicar las diferentes texturas y colores a los objetos repartidos por la maqueta. Se recurre, en gran medida, a las texturas propias del catálogo integrado de DIALux evo ya que incluyen valores certeros de grado de reflexión y reflejo. No obstante, en determinadas texturas como pueden ser las columnas de piedra o los cuadros (Figura 3-48), se importan imágenes previamente editadas con el software GIMP.

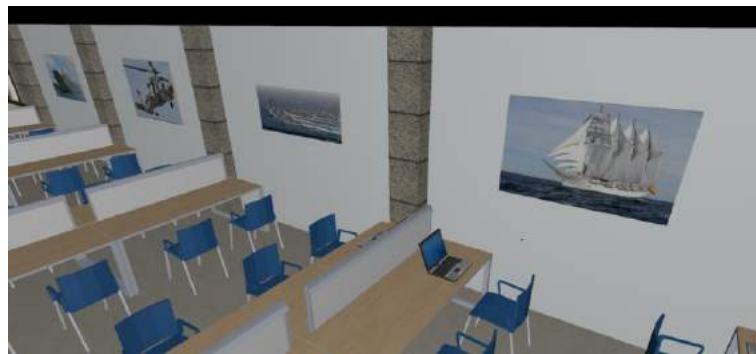


Figura 3-48 Textura de columnas y cuadros importadas a DIALux evo

Los resultados del proceso constructivo utilizando el modelado BIM de la biblioteca académica “Gabriel Císcar y Císcar” vienen recogidos en el punto 4 de la presente memoria.

3.4.3 Modelado BEM iluminación

Este apartado desarrolla los aspectos relacionados con el modelado BEM (*Building Energy Modeling*) de la iluminación de la biblioteca académica “Gabriel Císcar y Císcar”. La estructura de este será la misma seguida en el diseño del modelo: primero se explicará el menú “Fabricantes” con los distintos métodos de trabajar con los catálogos, posteriormente se pasará a la selección de la luminaria óptima para la biblioteca académica y, por último, a través del menú “Luz” se procederá a la distribución de estas luminarias en los habitáculos correspondientes.

Como el resto de menús en DIALux evo, a los menús “Luz” y “Fabricantes” se accede a través de sus iconos encontrados en la barra superior de la pantalla (Figura 3-49). Dentro del menú “Luz”, se

trabaja con los submenús que lo conforman, como son: “Luminarias”, “Lámparas”, “Articulaciones”, “Filtros” y “Escenas de luz”.

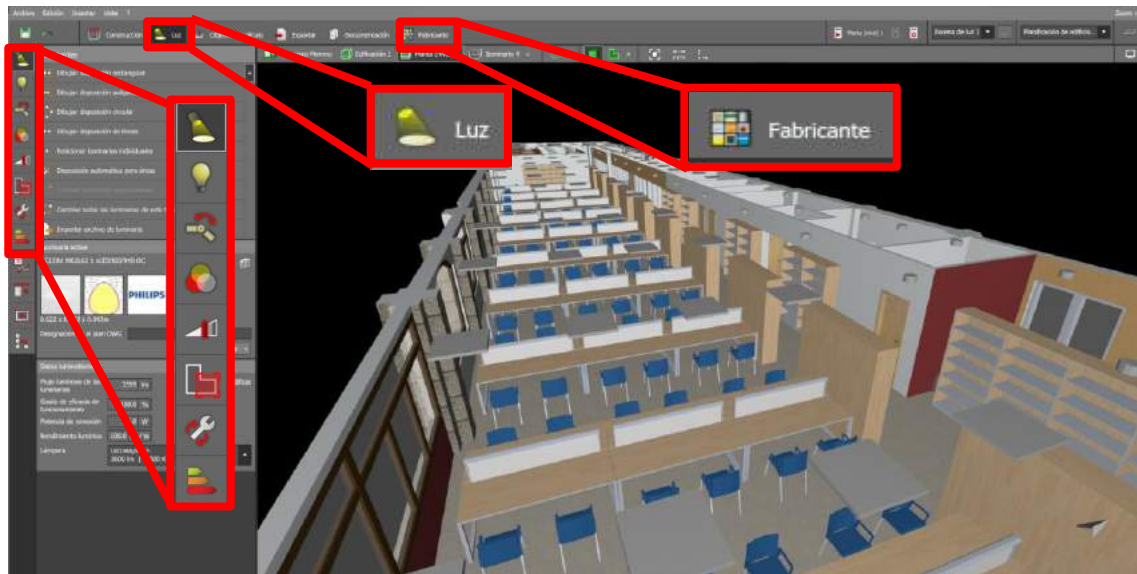


Figura 3-49 Menús "Luz" y "Fabricantes" DIALux evo

Se pasa ahora a describir los menús y submenús mencionados.

3.4.3.1 Menú “Fabricantes”

Al menú “Fabricantes” se accede a través del icono homónimo situado en la barra superior. La interfaz del mismo (Figura 3-50) presenta, en la zona inferior, una lista de todos los proveedores compatibles con DIALux evo y se permite filtrar por nombre o siguiendo tres simples criterios: luminarias, lámparas o sistemas de luz diurna. Al seleccionar un fabricante, aparece en la zona central una imagen representativa o, como es el caso de la Figura 3-50, un navegador de su página web. En la zona izquierda aparece más información sobre el fabricante como puede ser el link a su página web, una breve descripción de los productos y servicios que ofrece o un acceso directo a la web donde descargar su plugin.

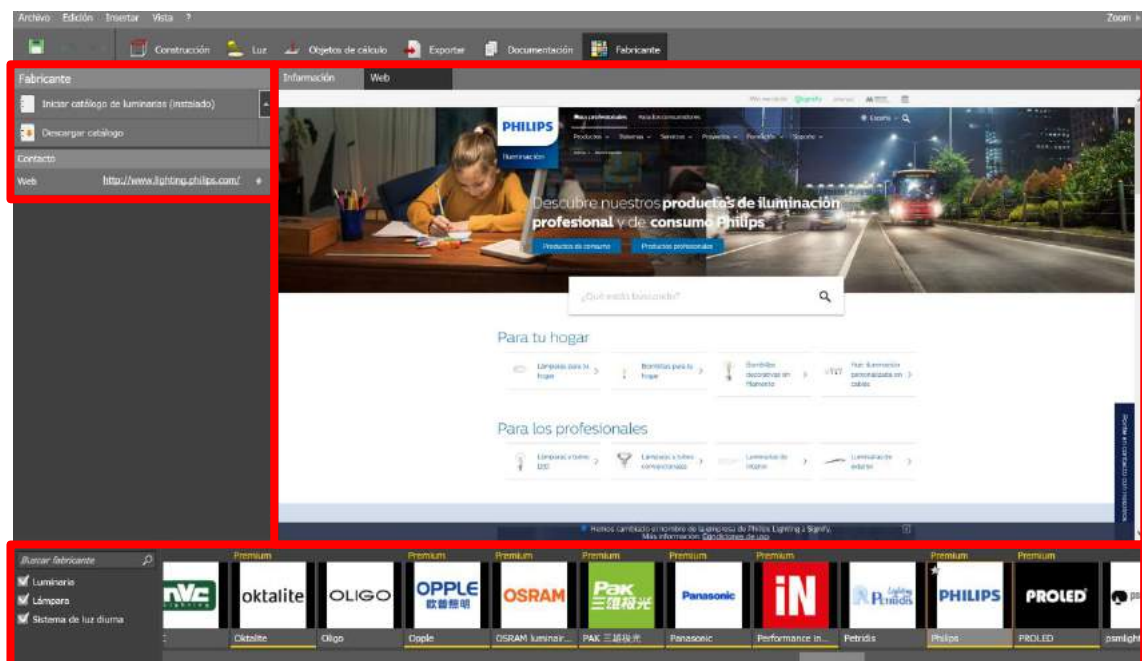


Figura 3-50 Menú "Fabricantes" DIALux evo

Desde este menú se puede acceder a dos de los tres métodos de importación de luminarias. Éstos son:

- **Catálogo del fabricante:** A través del menú “Fabricantes”, se accede a la descarga del plugin del fabricante. Este plugin no es más que un pequeño programa de interfaz propia (Figura 3-51) que permite navegar por el catálogo del proveedor y establecer criterios de búsqueda personalizados. Una vez seleccionada la luminaria deseada, se puede importar directamente a DIALux evo.

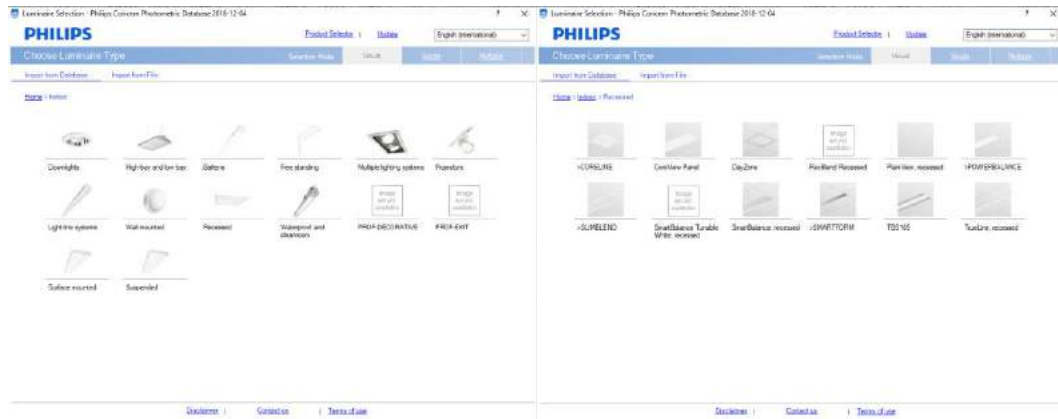


Figura 3-51 Plugin del catálogo de PHILIPS

- **Página web del fabricante:** Desde el propio menú “Fabricantes” o desde el navegador, se puede acceder al catálogo web del proveedor (Figura 3-52). Al igual que con el plugin, el catálogo web permite establecer filtros personalizados para ajustar la búsqueda de la luminaria. Una vez elegida la luminaria deseada, se descarga el archivo *.uld* de la misma, que puede ser importado a DIALux evo.

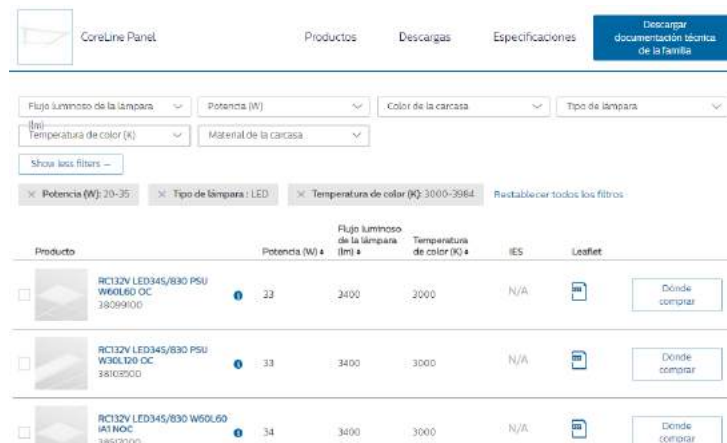


Figura 3-52 Catálogo web PHILIPS

- **LUMsearch:** Para acceder al catálogo LUMsearch se debe hacer a través del navegador. Este catálogo es genérico e incluye un gran número de fabricantes (Figura 3-53). La búsqueda de luminarias a través de LUMsearch permite elegir la luminaria óptima sin tener en cuenta el fabricante, algo que no se consigue a través de los catálogos individuales. Una vez seleccionada la luminaria, se puede descargar en el mismo formato anteriormente nombrado, *.ies*.



Figura 3-53 Catálogo genérico LUMsearch

3.4.3.2 Selección de proveedor

El mercado de luminarias está lleno de proveedores, por lo que comparar la totalidad de luminarias que ofrecen las numerosas marcas resultaría un trabajo impracticable. Ante esta situación, se decide escoger tres proveedores de confianza y se analizan sus propuestas. Para comparar se decide entre Zumbotel, una empresa familiar basada en Austria con gran experiencia en el ámbito de la iluminación interior y con productos de gran relación calidad-precio [49], Philips, un gigante comercial de prestigio en el ámbito de la iluminación [50] presente en la actual instalación de la biblioteca, y, por último, la empresa LAMP, la única española de las tres elegida por el valor añadido de ser industria nacional [51].

De estos tres proveedores se buscan luminarias que cumplan con la normativa vigente aplicable al edificio en cuestión, como puede ser IRC, riesgo de Luz Azul o riesgo de parpadeo. Efectos adversos debido a la cantidad y distribución de las luminarias serán analizados en una simulación de prueba.

Una vez seleccionadas luminarias que cumplan con los requisitos establecidos, se crean tres habitáculos con las dimensiones del local principal, la biblioteca central. En éstos, se coloca el mismo número de luminarias de los diferentes proveedores: Zumbotel arriba, Philips en el centro y LAMP abajo (Figura 3-54).

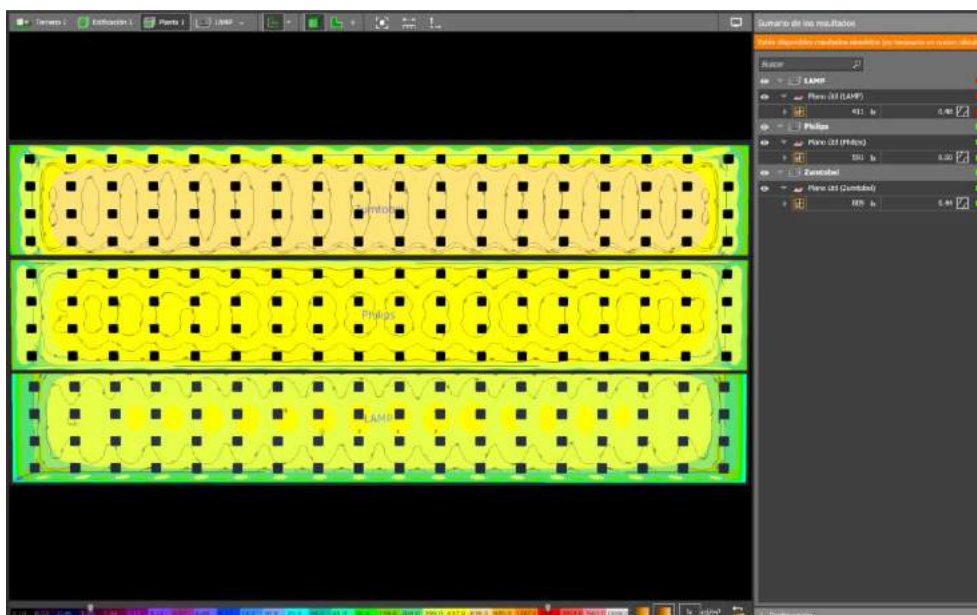


Figura 3-54 Comparación de fabricantes de luminarias

Al simular la iluminación se observa que tanto Philips como Zumbotel cumplen con la normativa; no se puede decir lo mismo de LAMP que, con solo 411 luxes, no llega a los 500 luxes exigidos por la norma. Esto se podría mejorar utilizando más luminarias, pero afectaría negativamente tanto al precio como a la potencia instalada.

Quedando solo el dilema entre Zumbotel y Philips, se aprecia que la primera cumple sobradamente la normativa (809 luxes, lo que supone un sobredimensionamiento del 81,8 %) mientras que la segunda lo cumple con menos margen (591 luxes, lo que supone un sobredimensionamiento del 18,2%). Esto supone un punto positivo para las luminarias de la casa Philips ya que cumplen la normativa de manera eficiente si caer en el sobredimensionamiento excesivo. Al igual que lo ocurrido con LAMP, se podría recurrir a modificar el número de luminarias de Zumbotel reduciendo su número, pero esto afectaría negativamente a la uniformidad media (0,44 en la presente simulación comparada con el 0,5 de la distribución de Philips).

A la luz de lo anterior, se concluye que la luminaria de Philips es la óptima entre las analizadas para el local en cuestión. Las luminarias utilizadas en el resto de locales serán del mismo fabricante ya que se trabajará con un único proveedor, que es como se trabaja habitualmente.

3.4.3.3 Submenú "Luminarias"

Una vez seleccionadas las luminarias a utilizar, se procede a su colocación en la maqueta elaborada en el apartado 3.4.2 del presente documento. Para esto se accede al submenú "Luminarias" dentro del menú "Luz" (Figura 3-55). Esta pantalla cuenta con numerosas herramientas útiles para la colocación y manejo de luminarias. Al igual que cuando se trabajaba con objetos en el apartado 3.4.2.8, el submenú "Luminarias" cuenta con las herramientas de colocación en una disposición rectangular, poligonal, circular o lineal. Es este caso, se recurre a la herramienta "Disposición automática por áreas" que recomienda el número apropiado de luminarias para cumplir el requisito de intensidad lumínica o uniformidad.

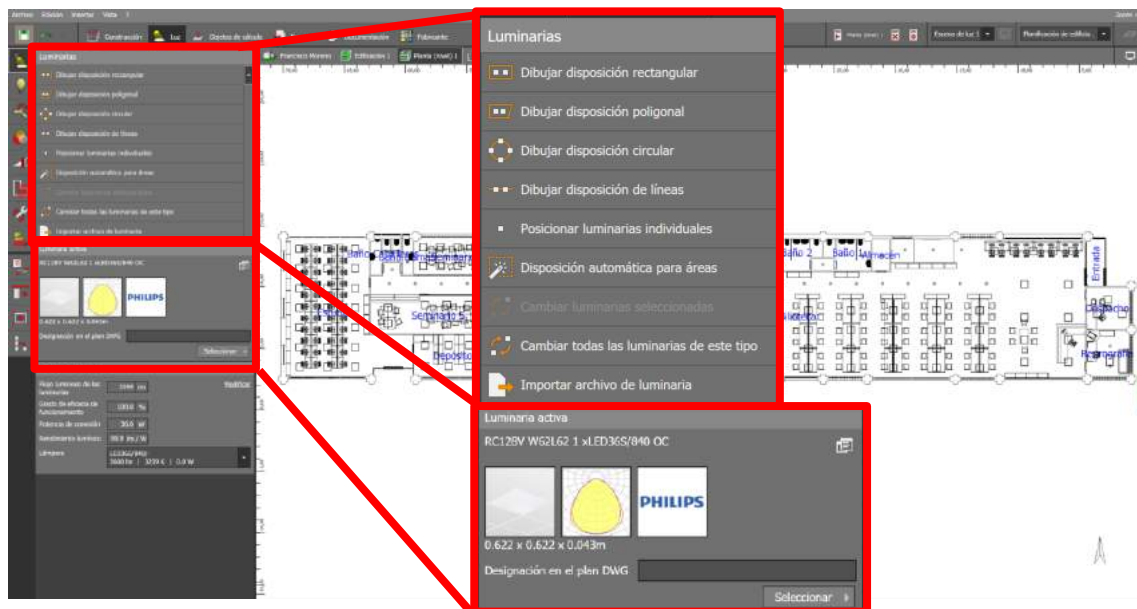


Figura 3-55 Submenú "Luminarias" DIALux evo

Las luminarias utilizadas en este proyecto se descargan del catálogo de Philips y se importa el archivo .ies a través de la opción "Importar archivo de luminaria". Una vez seleccionada, la luminaria se coloca en la maqueta utilizando la herramienta "Disposición automática para áreas".

Esto da una primera distribución de luminarias; sin embargo, con el fin de cumplir los requisitos UGR y optimizar la uniformidad, se realiza un proceso iterativo definido en la Figura 3-56. Para esto se recurre a las simulaciones que se explicarán en el apartado 3.4.6.

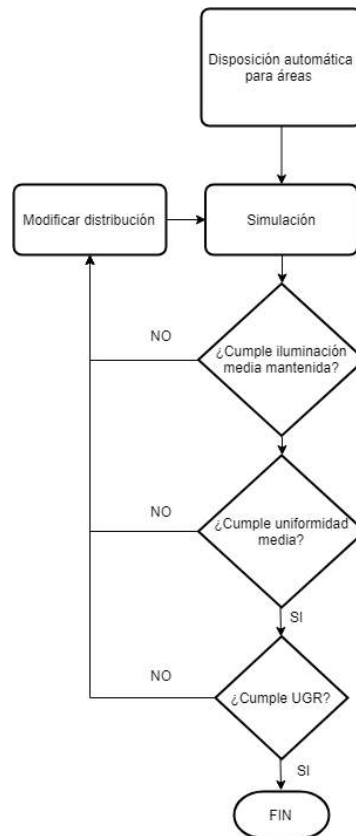


Figura 3-56 Proceso de iteración para encontrar la distribución óptima

3.4.3.4 Submenú “Lámparas”

Con la disposición óptima resultado de la iteración en el apartado anterior, se pasa a modificar las características de las lámparas que conforman la luminaria. Con este fin, se accede al submenú “Lámparas”. El nuevo interfaz permite modificar los valores de IRC o los diagramas espectrales para adaptarlos lo más posible al de la realidad.

3.4.3.5 Submenús “Articulaciones”, “Filtro” y “Escenas de luz”

Los tres menús del enunciado se reúnen en un único apartado debido a la poca importancia que adoptan en el desarrollo de la maqueta.

En primer lugar, el submenú “Articulaciones” (Figura 3-57) permitiría modificar el punto de proyección de las luminarias que así lo permitan. Empero, las luminarias elegidas en este proyecto son empotradas en el techo, siendo imposible direccionarlas y por lo tanto haciendo inútil este menú.



Figura 3-57 Submenú "Articulaciones" DIALux evo

El segundo, el submenú “Filtros”, ofrece la posibilidad de modificar el diagrama de radiación de las luminarias añadiendo filtros de corrección de colores o temperaturas entre otros. Para esto, el software cuenta con su propio catálogo de filtros como se muestra en la Figura 3-57.

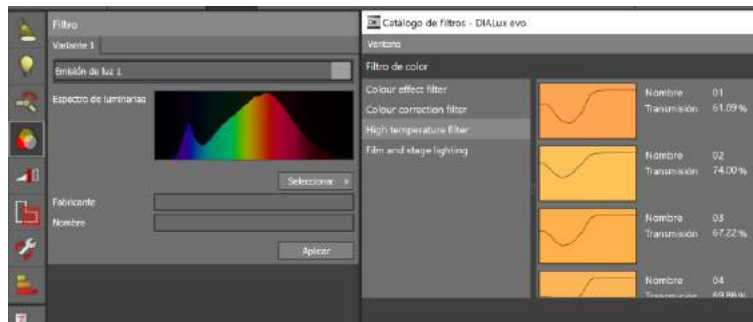


Figura 3-58 Submenú "Filtros" y catálogo de filtros DIALux evo

Por último, el submenú “Escenas de luz” proporciona las herramientas necesarias para crear diferentes ambientes con atenuaciones de iluminación en los locales de la maqueta. Esto es de gran utilidad cuando se trabaja con luz natural que favorecería el ahorro energético atenuando la luz artificial en presencia de luz solar. El estudio de la luz natural sobrepasa el alcance del presente trabajo, por lo que se decide crear una única escena de luz con todas las luminarias al 100% de iluminación.

3.4.3.6 Submenú “Consumo de energía”

Este submenú es el último de los que forman el menú “Luz”. Aunque no trata la iluminación directamente, sí que lo hace indirectamente al trabajar con la energía consumida por las luminarias colocadas en los submenús citados anteriormente.

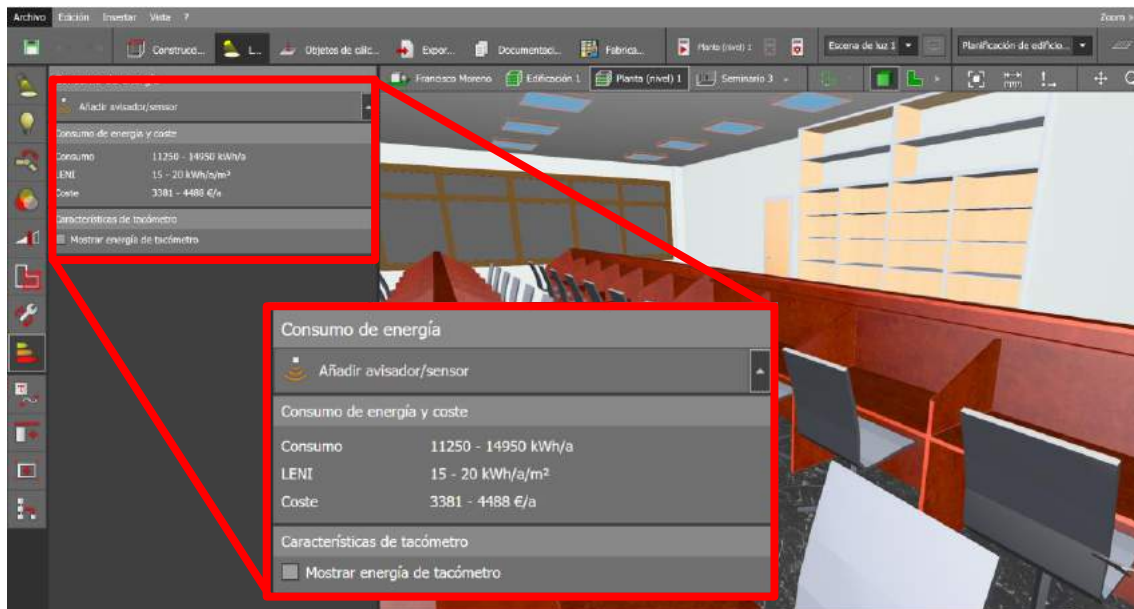


Figura 3-59 Submenú "Consumo de energía" DIALux evo

Una vez llevada a cabo la simulación, este submenú proporciona como resultado el valor LENI (acrónimo inglés de *Lighting Energetic Numeric Indicator* o Indicador Numérico de Energía Lumínica). Este indicador tiene como unidades kWh/m²/año y se utiliza para caracterizar el consumo energético de la instalación a lo largo de un año [52].

3.4.4 Menú “Objetos de cálculo”

El menú “Objetos de cálculo” (Figura 3-60) alberga aquellas herramientas útiles para definir las superficies de control donde se quiere realizar análisis detallados de datos luminotécnicos

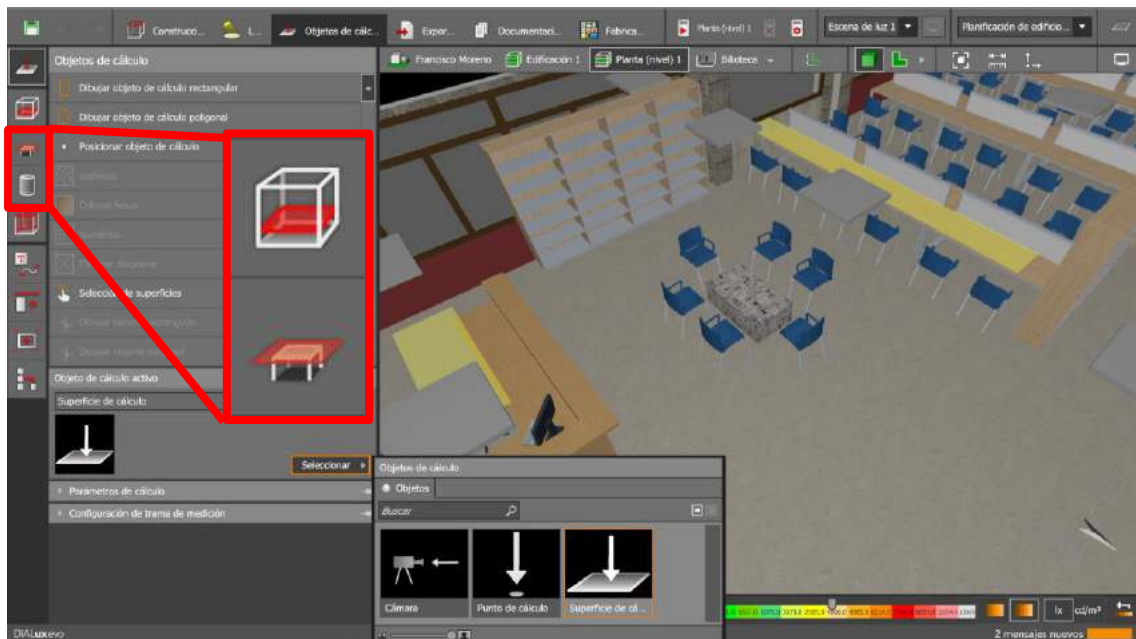


Figura 3-60 Menú "Objetos de cálculo" DIALux evo

A lo largo de este apartado se navegará por los diferentes submenús que forman este menú, detallándose las superficies de cálculo utilizadas en la biblioteca académica “Gabriel Ciscar y Císcar”. Los submenús a desarrollar en este apartado son “Planos útiles” y “Áreas de trabajo”.

3.4.4.1 Submenú “Objetos de cálculo”

Incluido dentro del menú homónimo, el submenú “Objetos de cálculo” permite establecer superficies específicas con el objetivo de realizar en ellas un estudio más profundo de lo que se haría en el plano útil del local (apartado 3.4.4.2). En concreto, DIALux admite planos y puntos de cálculo.

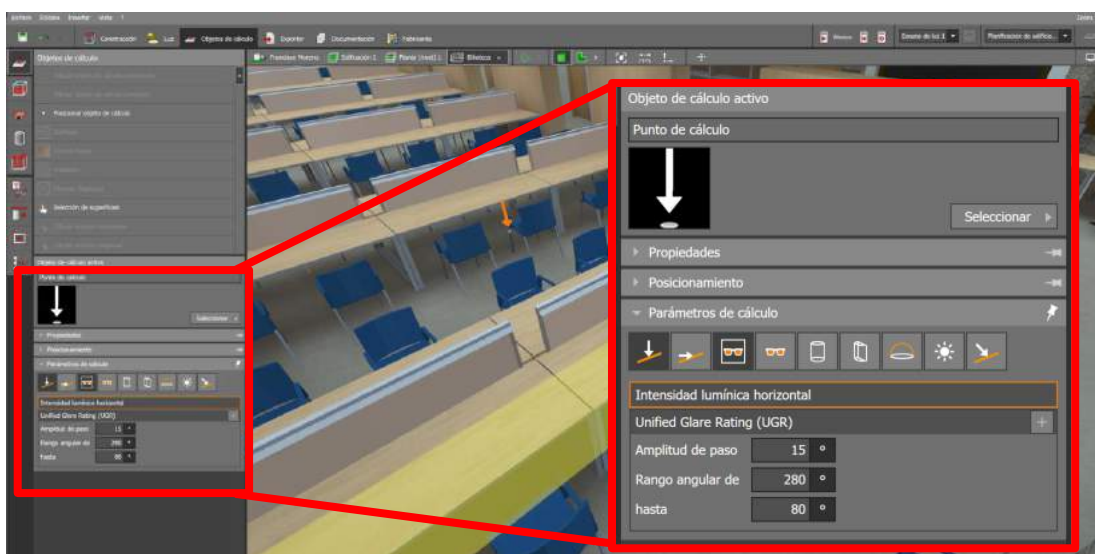


Figura 3-61 Submenú "Objetos de cálculo" DIALux evo

Los planos de cálculo se utilizan para comprobar la uniformidad media de las mesas de trabajo ya que, aunque el local cumpla los requisitos de uniformidad de la norma, la uniformidad en la

iluminación de los puestos de trabajo es de vital importancia. Los planos de cálculo pueden ser utilizados también como referencia de una malla de puntos donde medir el UGR.

Los puntos de cálculo se usan en aquellos puestos considerados de mayor riesgo de deslumbramiento. En estos lugares se establecen puntos de cálculo configurados para medir el UGR utilizando como ángulo de visión del ojo humano, 160° , y como altura del ojo sobre el suelo de un humano sentado, 1,2 metros [9].

3.4.4.2 Submenú "Planos útiles"

El presente submenú permite al usuario establecer el plano útil del local. Este no es más que el plano característico ubicado a la altura de trabajo sobre el que se medirán diferentes parámetros.

De serie, el programa establece el plano a una altura cero y abarcando la totalidad de la superficie. Para la realización del presente trabajo se establecen diferentes alturas del plano siguiendo el uso que se da de los mimos, así como la normativa vigente [8].

Por otro lado, para descartar valores anómalos, se crea una zona marginal cuyos valores de iluminancia no serán tomados en cuenta a la hora de realizar los cálculos. Esta zona marginal es paralela a los límites del local y se establece en función del habitáculo de trabajo. En el ejemplo de la Figura 3-62 se ve que se establece la altura de 0,8 metros y una zona marginal de 0,1 metros.

Una vez realizada la simulación y con los planos de trabajo útiles establecidos, a través de este submenú se puede modificar la presentación de este plano. El software permite superponer tres elementos: isólinas, colores falsos y representación numérica. En la Figura 3-62 se puede ver como en la se utilizan isólinas junto con colores falsos (arriba) y representación numérica (abajo).



Figura 3-62 Submenú "Planos útiles" DIALux evo

Otro aspecto a tener en cuenta es la posibilidad de simular únicamente los objetos de cálculo y superficies definidos en este apartado. Esto disminuiría francamente el tiempo de cálculo.

3.4.5 Luminarias seleccionadas para la simulación

Como ya se adelantó en el apartado 3.4.3.2, el proveedor seleccionado para la nueva instalación es Philips. Dentro del extenso catálogo que ofrece esta marca, se buscan dos tipos de luminarias que sirvan de sustitutas de las actuales; concretamente un panel y un *downlight*. Con el objetivo de buscar el máximo ahorro energético se recurre a la tecnología LED.

Atendiendo a estos requisitos y a los propios de los locales, se opta por las siguientes luminarias.

3.4.5.1 Philips CoreLine Panel RC128V LED36S/840 PSU W62L62

El panel con tecnología LED de CoreLine de Philips proporciona una luz uniforme de excelente calidad tanto en edificios nuevos como en locales rehabilitados. El panel CoreLine se caracteriza por combinar una luz de calidad con un sustancial ahorro energético y en mantenimiento. La gama de productos LED en la que se incluye la luminaria en cuestión puede emplearse para sustituir luminarias funcionales en aplicaciones de iluminación generales.

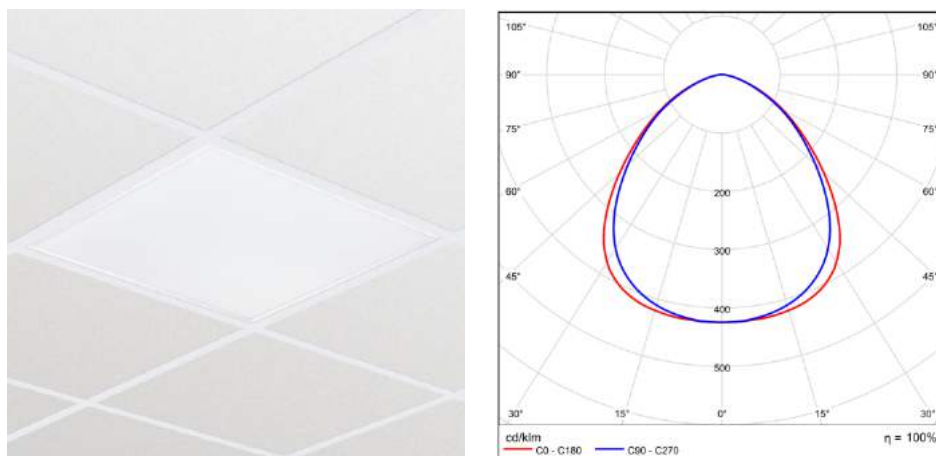


Figura 3-63 Panel Philips CoreLine (izquierda) y diagrama polar (derecha)

La versión seleccionada cumple con la normativa para oficinas [53] además de ser de sencillo mantenimiento e instalación [54]. Los parámetros más característicos de esta luminaria se pueden consultar en la Tabla 3-10.

Philips CoreLine Panel RC128V LED36S/840 PSU W62L62

Eficacia de funcionamiento	99,96 %
Flujo luminoso del panel	3600 lm
Potencia total	36 W
Rendimiento lumínico	100 lm/W
Temperatura de color	4000 K
Vida	50.000 hrs.
Índice de reproducción cromática	≥ 80
Dimensiones	622x622x42 mm

Tabla 3-10 Características panel Philips CoreLine

3.4.5.2 Philips CoreLine DN131B D217 LED20S/80

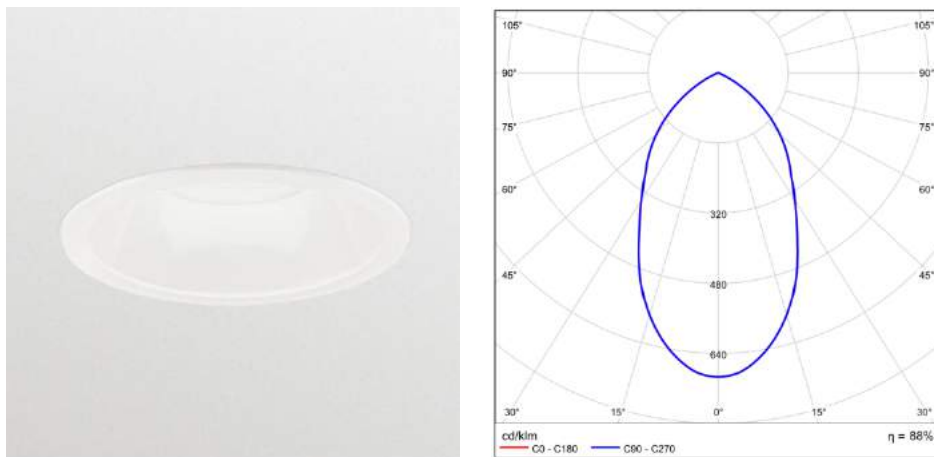


Figura 3-64 Downlight Philips CoreLine (izquierda) y diagrama polar (derecha)

Los *downlights* de CoreLine suponen la solución económica para la iluminación de interiores cuando se pretende sustituir los *downlights* convencionales de fluorescencia compacta. Su gran relación calidad precio incita a los clientes de Philips a querer adoptar la iluminación LED. La presente luminaria está diseñada para ser utilizada en locales de iluminación general. Las luminarias de la familia CoreLine no solo ofrecen un considerable ahorro energético, sino que también disfrutan de una prolongada vida útil [55]. Las características de la luminaria pueden consultarse en la Tabla 3-11 .

Philips CoreLine DN131B D217 LED20S/80

Eficacia de funcionamiento	87.87 %
Flujo luminoso del panel	2400 lm
Potencia total	22 W
Rendimiento lumínico	95.9 lm/W
Temperatura de color	4000 K
Vida	50.000 hrs.
Índice de reproducción cromática	≥ 80
Dimensiones	Ø216x113 mm

Tabla 3-11 Características del downlight CoreLine

3.4.6 Simulación

Una vez se tiene la maqueta completa, con la distribución correcta de muebles, las texturas adecuadas incluidas y las luminarias colocadas siguiendo una distribución parte de la iteración o definitiva; se pasa a la simulación y cálculo de la iluminación de la biblioteca académica “Gabriel Císcar y Císcar”



Figura 3-65 Herramientas de simulación DIALux evo

Las herramientas de simulación son tres: comenzar simulación, detener simulación y configurar simulación. El software también cuenta con un desplegable para seleccionar la escena de luz, aunque ya se explicó en el apartado 3.4.3.5 que solo se iba a utilizar una única escena, y otro desplegable para alternar entre iluminación de interiores e iluminación de exteriores y carreteras.

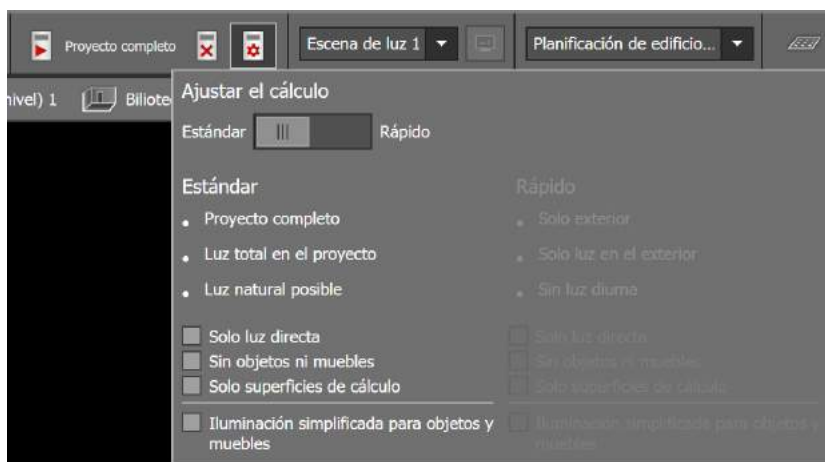


Figura 3-66 Ajustes del cálculo de la iluminación DIALux evo

Para comenzar la simulación, primero se debe configurar la misma. Para esto, de entre las herramientas de simulación se selecciona la rueda dentada que simboliza los ajustes (Figura 3-66). En esta pantalla aparecen dos modos principales de cálculo, estándar y rápido.

El cálculo rápido se utiliza, principalmente, para simular los locales independientemente en el proceso de iteración explicado en el apartado 3.4.3.3 y reflejado en la Figura 3-56. Este cálculo aporta una simulación menos fiel que no permite acceder al renderizado “Raytrace”, pero, gracias a su reducido tiempo de cálculo, es de gran utilidad para obtener una aproximación en el proceso de iteración.

El cálculo estándar se hace sobre todo el edificio sin la posibilidad de aplicarlo a un único local. Esto se traduce en un mayor tiempo de renderizado que, a cambio, ofrece una simulación certera con la posibilidad de incluir luz diurna (no utilizada en este proyecto) y acceso al renderizado “Raytrace”.

3.4.6.1 Renderizado 3D

El programa ofrece la posibilidad de ir previsualizando el renderizado 3D de la maqueta en construcción conforme se va construyendo. No obstante, no es hasta que se colocan las luminarias y se realiza el cálculo de la simulación, cuando se obtiene un renderizado fiel que incluye la iluminación. Así, la primera visualización permite visualizar el inmueble con la disposición de objetos y texturas, pero es la segunda la que guarda información de los rayos lumínicos (Figura 3-67).



Figura 3-67 Diferencia visualización sin cálculo (izquierda) y con cálculo (derecha)

3.4.6.2 Raytracer

Por último, DIALux evo esconde otra herramienta de visualización: “Raytracer”. Esta función no es más que un algoritmo de síntesis de imágenes tridimensionales mediante el que se determinan las superficies visibles a través del trazado de rayos desde el observador hasta el objeto, obteniéndose las intersecciones de este rayo con el mobiliario presente. Con esto se consigue más realismo en el modelo además de una efectiva simulación de los efectos de refracción y reflexión.



Figura 3-68 Diferencia visualización sin Raytrace (izquierda) y con Raytrace (derecha)

El resultado de este proceso es lo más próximo a la realidad que puede alcanzar el software. El aspecto negativo de esta visualización es que DIALux evo no es capaz de crear esta vista a tiempo real por lo que solo se puede aplicar a escenas estáticas.

3.5 Propuesta Low Cost

Ante la gran inversión inicial que supondría la instalación propuesta con luminarias de Philips, se decide aprovechar las ventajas de testeo que ofrece la maqueta BIM de la biblioteca académica “Gabriel Císcar y Císcar” para probar una instalación diferente utilizando luminarias de bajo coste. Ya que la maqueta BIM está diseñada, es relativamente sencillo llevar a cabo esta prueba u otras muchas.

3.5.1 Luminarias Low Cost seleccionadas

A diferencia del criterio seguido en el apartado 3.4.5, en este apartado primarán otros criterios de selección. Se procura recurrir a proveedores locales que ofrezcan luminarias de características similares a las de Philips. Además, se espera que las posibles alternativas cumplan, como no, con la normativa vigente. La búsqueda se realiza con la principal idea de encontrar una luminaria que suponga un ahorro económico importante en la inversión inicial como objetivo principal.

Para esto se contacta con diferentes proveedores de luminarias LED de la provincia de Pontevedra, tres en concreto, para barajar diferentes posibilidades de adquisición. En la Tabla 3-12 y en la Tabla 3-13 se encuentran los tres proveedores seleccionados.

Panel 60x60	i-LED illumination	i-LED pro	Beldeus
Flujo luminoso	3200 lm	4230 lm	3600 lm
Potencia	40 W	40 W	40 W
Temperatura Color	4000 K	4000 K	4000 K
CRI	> 80	> 80	> 80
Precio	32,97 €	45,00 €	24,90 €

Tabla 3-12 Comparación de paneles LED 60x60 de diferentes proveedores locales

Los tres proveedores ofrecen un panel de 60x60 con características luminotécnicas semejantes a las de Philips (Tabla 3-12). En concreto, todos igualan o superan los 3400 lm que ofrece Philips. Además, todos cumplen con la normativa de colorimetría y presentan la misma temperatura de color. Existe una pequeña desigualdad en la potencia ya que la luminaria de i-LED illumination es la que más potencia requiera siendo la que menos flujo luminoso proporciona. En cuanto a los precios, la alternativa más asequible es, sin lugar a duda, la de Beldeus.

Downlight	i-LED illumination	i-LED pro	Beldeus
Flujo luminoso	2160 lm	2200 lm	2040 lm
Potencia	24 W	22 W	24 W
Temperatura Color	4000 K	4000 K	4000 K
CRI	> 80	> 80	> 80
Precio	15,60 €	20,50 €	12,95 €

Tabla 3-13 Comparación de *downlights* LED de diferentes proveedores locales

Tratando ahora los *downlights* de la Tabla 3-13, las propuestas ofrecen flujos luminosos ligeramente inferiores que la luminaria de Philips. La oferta de i-LED pro es la más eficiente, lo que explica su elevado precio en comparación al resto. Como sucede con los paneles 60x60, todas las propuestas de bajo coste cumplen con los requisitos mínimos que dicta la normativa.

Ante los datos obtenidos de los diferentes proveedores locales, se decide por Beldeus como proveedor ya que sus luminarias cumplen con los requisitos buscados ofreciendo el precio más competitivo.

Una vez hecha la selección, se contacta con el proveedor en busca de los archivos *.ies* de las luminarias para poder así trabajar con ellas en el software BIM2BEM. Las características de las luminarias *Low Cost* propuestas se recogen a continuación

3.5.1.1 LDV Lighting 606040BNW

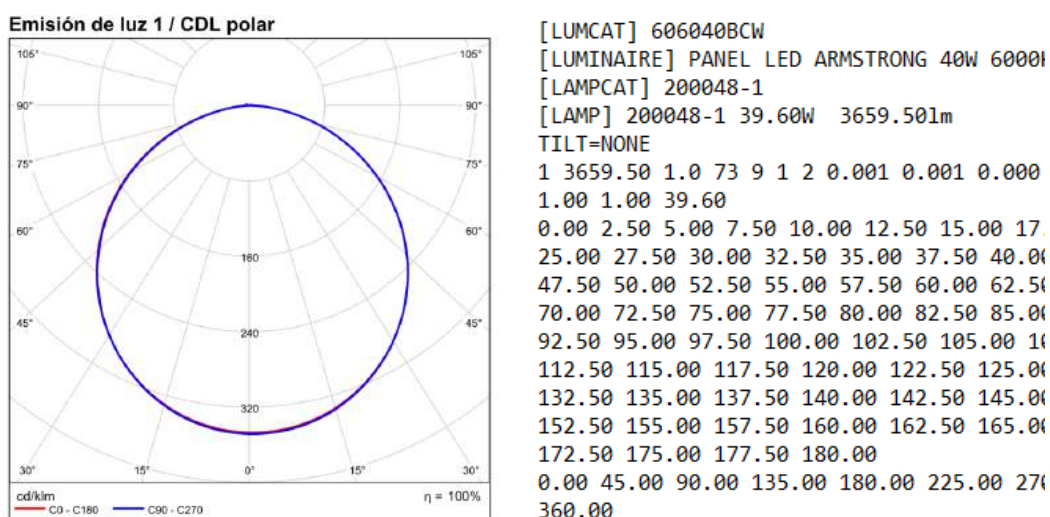


Figura 3-69 Diagrama polar de la emisión de luz del panel de Beldeus [56] y archivo correspondiente

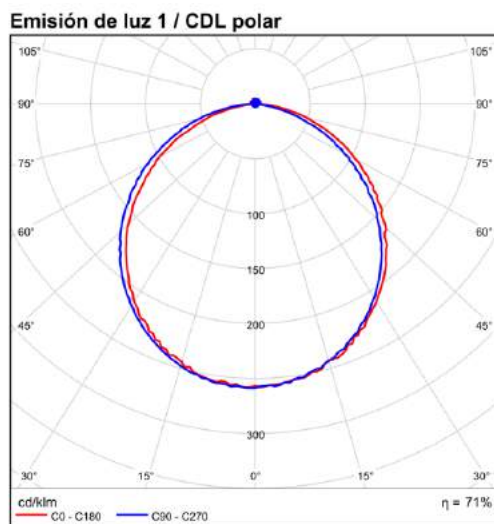
El panel LED de 60x60 está pensado para sustituir a los tradicionales plafones de 4 tubos fluorescentes de 18 W instalados en los falsos techos, llegando a conseguir importantes ahorros en el consumo eléctrico y un largo ciclo de vida que reduce en gran medida los costos de mantenimiento [56]. En la Tabla 3-14 se pueden comprobar sus características luminotécnicas.

LDV Lighting 606040BNW

Eficacia de funcionamiento	95,0 %
Flujo luminoso del panel	3800 lm
Potencia total	40 W
Rendimiento lumínico	95 lm/W
Temperatura de color	4000 K
Índice de reproducción cromática	≥ 80
Dimensiones	60x60 mm

Tabla 3-14 Características del panel de Beldeus [56]

3.5.1.2 LDV Lighting 202400NW



1270.32	1270.08	1267.05	1261.43
1210.60	1191.61	1170.19	1145.02
1024.60	989.57	950.67	911.80
870.687.98	639.42	590.00	536.82
485.269.95	214.99	163.86	115.92
71.84.05	4.14	4.24	4.36
4.48	4.57	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00
1270.92	1271.04	1268.17	1262.67
1211.72	1192.73	1171.01	1145.93
1024.75	989.42	950.18	911.19
869.685.46	636.22	586.15	532.52
479.261.54	205.97	155.09	107.18
63.7			

Figura 3-70 Diagrama polar de la emisión de luz del Downlight de Beldeus [57] y archivo correspondiente

El downlight LED de 24 W redondo ofrece un diseño elegante y moderno. Dispone de un difusor opal con luz semidifusa ideal para uso comercial. Cuenta con un ángulo de apertura de 180° ofreciendo una iluminación uniforme y amplia [57]. Sus características se pueden consultar en la Tabla 3-15.

LDV Lighting 202400NW

Eficacia de funcionamiento	97,10 %
Flujo luminoso del panel	2100 lm
Potencia total	24 W
Rendimiento lumínico	87,5 lm/W
Temperatura de color	4000 K
Índice de reproducción cromática	≥ 80
Dimensiones	Ø295x154 mm

Tabla 3-15 Características del downlight de Beldeus [57]

3.5.2 Estudio básico, espectro, Luz Azul Dañina, parpadeo y UGR

Para la realización del estudio fotométrico de la instalación *Low Cost* no se recurre al método seguido para realizar el estudio de la instalación actual. Sin embargo, tampoco se seguirá el desarrollo seguido en el estudio de la propuesta Philips. El estudio completo de las características de la posible instalación de bajo coste desarrollará técnicas utilizadas en ambos casos.

En primer lugar, al disponer de la maqueta BIM de la biblioteca, se modifican las luminarias Philips instaladas por los archivos *.ies* de la nueva propuesta de bajo coste. En un principio, se usa la herramienta “cambiar todas las luminarias de este tipo”, esta función cambia todos los paneles y *downlights* LED de Philips por los de Beldeus. Hecho esto, se ejecuta la simulación y se comprueba que los valores generados con las nuevas luminarias cumplen la normativa y los requisitos buscados de iluminación media mantenida y uniformidad. Aun así, se recurre al proceso iterativo definido en la Figura 3-56 hasta encontrar en cada estación valores de uniformidad media considerados óptimos.

A través del software, y utilizando las superficies y puntos de cálculo definidos en el apartado 3.4.4, se calculan los valores de iluminancia media mantenida, uniformidad media y UGR en aquellos puntos considerados de especial interés.

Para medir el espectro, riesgo de Luz Azul Dañina y el parpadeo, se adquiere una luminaria de cada tipo para llevar a cabo mediciones reales en la propia luminaria, ya que estos parámetros no pueden ser obtenidos a través de software. Para realizar estas medidas se recurre al espectrómetro MK350S PREMIUM y se sigue el proceso detallado en los apartados 3.2.5, 3.2.6 y 3.2.7.

3.5.3 Validación

Los datos luminotécnicos de las luminarias de bajo coste ofrecidos por el proveedor contienen información de gran utilidad para el estudio de viabilidad de este tipo de instalaciones. Estos datos se han obtenido a través de un goniómetro. Sin embargo, la rigurosidad de los datos ofrecidos por un proveedor local no son comparables con las de un líder en el mercado de la iluminación como puede ser Philips. Es por esto, que se muestra cierto escepticismo a la hora de trabajar con este tipo de información.

Con el objetivo de validar que los datos obtenidos en el archivo *.ies*, se decide llevar a cabo una rudimentaria validación de los datos obtenidos comparando la luminaria real con la virtual integrada en el software DIALux evo. Para esto se recurre a la comprobación de los datos de iluminancia inducidos sobre una superficie de control con una malla de puntos, así como a la comparación de la fotometría del archivo con la luz emitida por las luminarias. Los resultados de esta validación se pueden comprobar en el apartado 4.3.7.

3.5.3.1 Creación de un cuarto oscuro



Figura 3-71 Aula 41 del Isaac Peral

Para la realización de las pruebas es necesario la creación de un cuarto oscuro donde solo entren en juego aquellas fuentes de luz producto de estudio. Al no disponer de ningún laboratorio de este tipo ni en el Centro Universitario de la Defensa ni en la Escuela Naval Militar, se decide crear uno propio.

Como no cumple con las características necesarias, el local del estudio creado en el aula 41 no se puede considerar un cuarto oscuro. Sin embargo, al contar con el software de iluminación DIALux evo, se puede simular el habitáculo para comprobar las mediciones. En la maqueta (Figura 3-72) se incluyen la mesa y el ordenador que no se pudieron quitar por motivos logísticos.



Figura 3-72 Aula 41 simulada

3.5.3.2 Malla de puntos

Con el fin de establecer un punto de unión entre la maqueta y el local real, se establece una malla de puntos en ambos entornos. Estos puntos serán sobre los que se tomen los valores de iluminancia para posterior comparación.

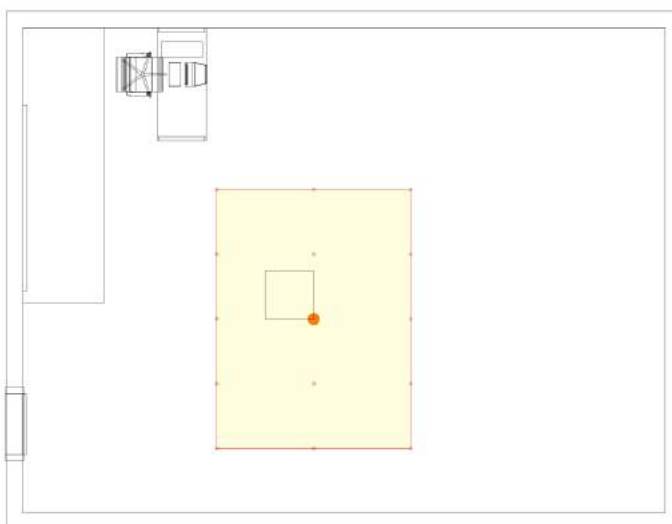


Figura 3-73 Malla de puntos en DIALux evo y en el local de estudio

En el local real se pintan en el suelo con un rotulador de pizarra 15 marcas separadas 1,2 metros entre ellas creando una malla de 5 puntos por 3. En la maqueta de DIALux evo se hace lo propio utilizando una superficie de cálculo localizada en las mismas coordenadas (Figura 3-73).

3.5.3.3 Instalación de luminarias

Con la ayuda del personal del taller de electricidad de la Escuela Naval Militar, se instalan las dos luminarias a estudiar en el aula 41.

Para su instalación, se colocaron en el falso techo del aula retirando los plafones como se muestra en la Figura 3-74. En lugar de desperdiciar uno de los paneles recortando la silueta del *downlight* se decide improvisar un soporte para el mismo como se puede ver en la misma figura.

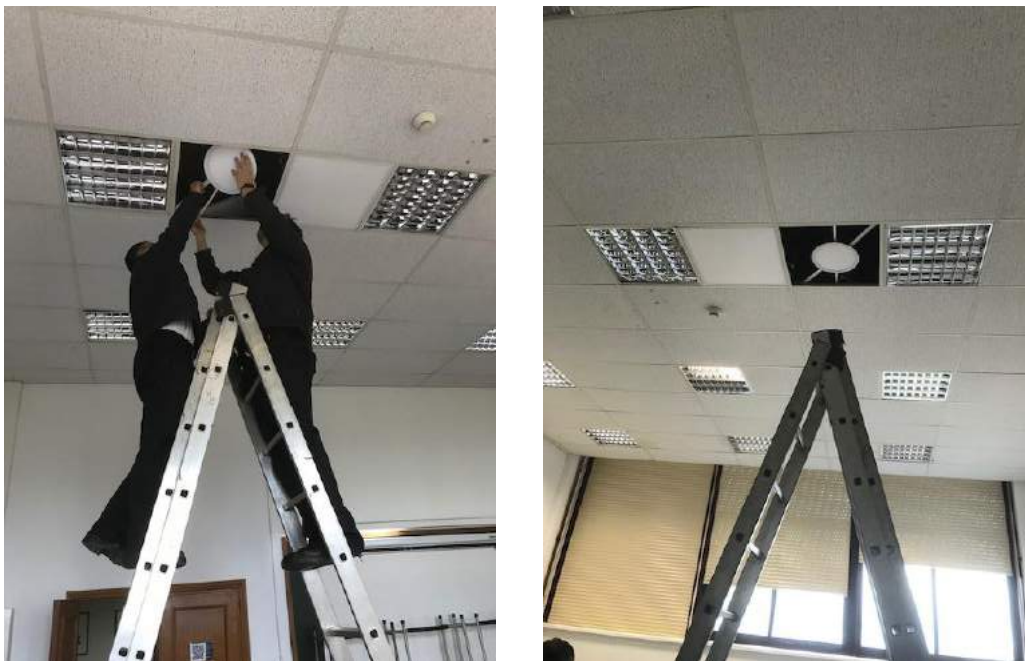


Figura 3-74 Instalación de las luminarias en el aula 41

La derivación eléctrica consistió en desplegar un cable desde las luminarias a través del falso techo haciéndolo bajar por una pared hasta llegar a un enchufe. Para poder trabajar con ambas independientemente, su alimentación se separó en dos cables. Al llegar al enchufe, se instaló un interruptor a cada línea y se conectaron a través del mismo enchufe a la corriente del edificio de 220 voltios. El resultado puede observarse en la Figura 3-75.



Figura 3-75 Derivación eléctrica de la instalación provisional

3.5.3.4 Toma de medidas

Con la instalación funcionando, se pasa ahora a la toma de medidas utilizando la malla de puntos. Para ello se recurre al luxómetro utilizado anteriormente. Para la obtención de las mediciones se decide tomar 10 medidas en cada punto para evitar cualquier tipo de error accidental. En este proceso es importante respetar al máximo la estanqueidad de la habitación, impidiendo la entrada o salida de luz.



Figura 3-76 Proceso de toma de medidas en el aula 41

Tomadas las medidas pertinentes se crea una tabla de Excel en la que se comparan los resultados de la luminaria real con los que aporta el archivo .ies que se importa a DIALux evo.

3.5.3.5 Comprobación de la fotometría

Habiendo validado los datos de iluminancia que ofrece el archivo, se procede ahora a comprobar que la fotometría recogida en dicho archivo se asemeja a la real de la luminaria. Para ello se desplaza la instalación hasta pegarla lo más posible a la pared forzando la silueta del haz de luz.

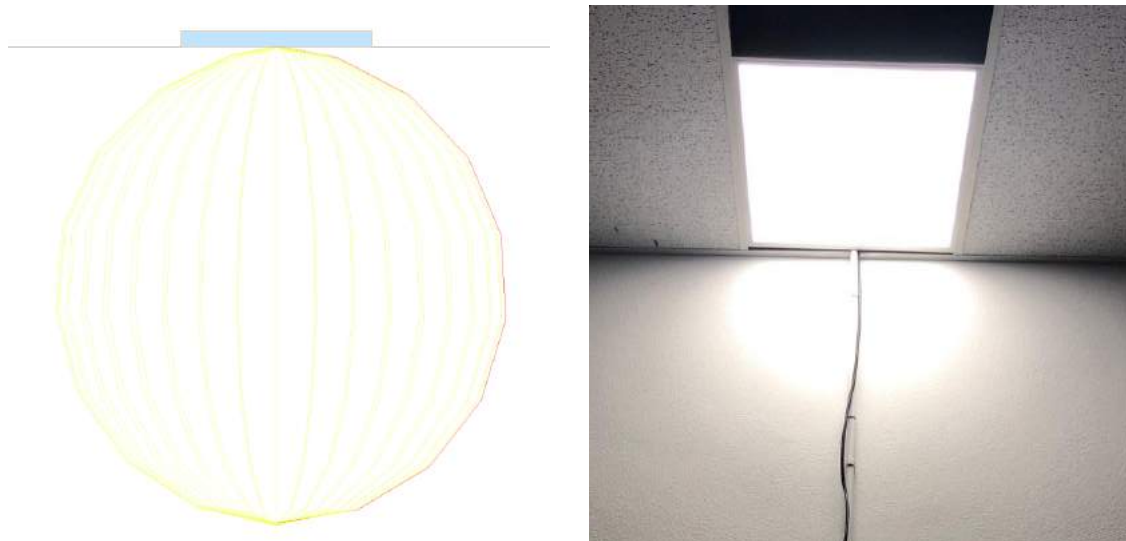


Figura 3-77 Comparación de la fotometría del panel LED

El panel LED muestra una fotometría esférica bastante similar al de su archivo .uld. La forma cuadrada del propio panel indica que su haz tendrá un gran ángulo de expansión, llegando a los 180°. La comparación entre el panel LED de 60x60 de Beldeus y su archivo equivalente se pueden apreciar en la Figura 3-77.

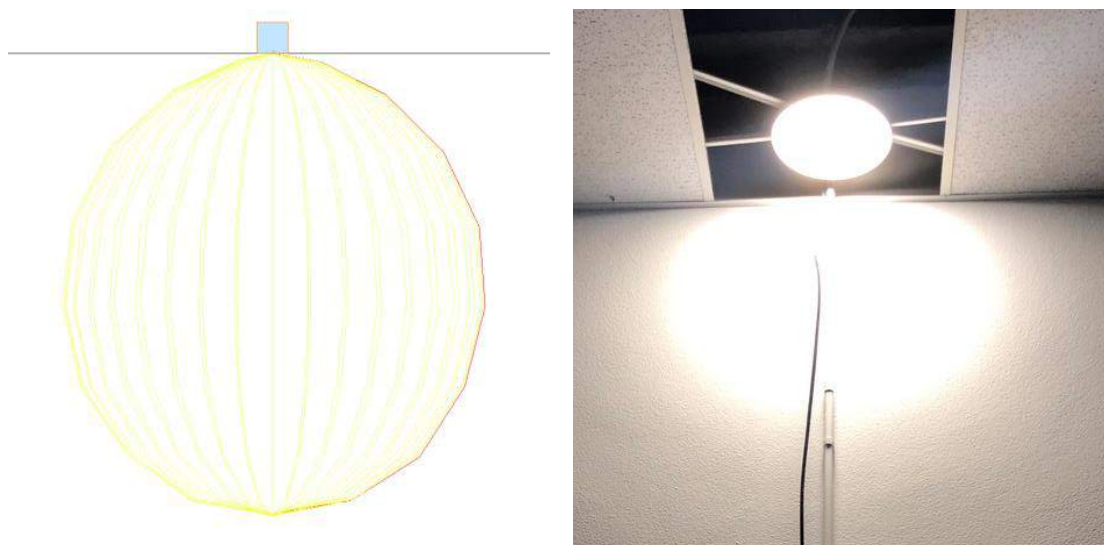


Figura 3-78 Comparación de la fotometría del *downlight* LED

Analizándose ahora el *downlight*, se observa desde un primer momento que el archivo *.ies* no incluye las dimensiones reales de la luminaria. Sin embargo, cuando se compara la fotometría con el haz generado, se aprecia una gran similitud, validando esta.

3.6 Estudio de amortización

Con el fin de estudiar la viabilidad de ambas instalaciones propuestas se realiza un estudio de amortización en el que se compararán la instalación actual y las dos propuestas.

Es un hecho que la tecnología LED es más eficiente, energéticamente hablando, que la tecnología fluorescente instalada actualmente en la biblioteca académica “Gabriel Císcar y Císcar”. No obstante, modificar la distribución actual por una instalación LED supone una importante inversión inicial debido al alto precio de esta moderna tecnología. El objetivo de este estudio de amortización es esclarecer la situación.

3.6.1 Desarrollo

Diversos factores deben ser tenidos en cuenta a la hora de realizar este estudio ya que, cuanto más condicionantes sean tenidos en cuenta, más precisa será la estimación y, por ende, más realista. Los factores tenidos en cuenta son:

- **Horas de funcionamiento:** Nos todos los locales encienden sus luminarias y las mantienen encendidas siguiendo un único patrón, sino que cada local o zona de trabajo tiene unos horarios propios de iluminación que, aunque puedan variar, mantienen cierta consistencia. Es por esto por lo que se decide trabajar con horas de uso aproximadas en función de las zonas de trabajo:
 - Zona de trabajo 1: Esta zona incluye los locales más utilizados llegando a estar encendidas durante 11 horas los días laborales y 4 horas los fines de semana.
 - Zona de trabajo 2: El horario de uso de los seminarios que forman esta zona de trabajo es altamente variable. No obstante, se estima un uso medio de 1 hora en días laborales y sin uso los fines de semana
 - Zona de trabajo 3: Esta zona de trabajo es muy poco frecuentada y se estima su uso en 1 hora al mes.
 - Zona de trabajo 4: Este grupo aúna los locales de uso intermitente cuyo horario se estima en 2 horas diarias en días laborales.

- **Precio de kWh:** Para el precio del kWh se utiliza la media para el año 2018 que se establece en 0,13 €/kWh [58]. Este precio variará en función un incremento anual que también se tendrá en cuenta.
- **Incremento anual del coste energético:** Es la variación del precio del kWh a lo largo de un año. Este valor se ha fijado en un 3%.
- **Tiempo de ciclo:** Se considera que una luminaria llega al fin de su vida útil cuando el flujo proporcionado se reduce al 70% del original. Por esto, se define el tiempo de ciclo al que transcurre desde su instalación hasta que sea necesaria su sustitución.
- **Coste de reposición total:** Coste asociado a la sustitución total de las luminarias durante el tiempo de ciclo
- **Coste de reposición anual:** Es el coste de reposición total dividido entre los años del tiempo de ciclo.

4 RESULTADOS

4.1 Estudio luminotécnico

En este punto se comparará la situación actual de la instalación lumínica de la biblioteca académica Gabriel Císcar y Císcar con la normativa vigente. Los resultados serán presentados, en la medida de lo posible, en tablas con el fin mostrarlos de forma clara y concisa. Cada tabla corresponderá a cada una de las zonas de trabajo definidas en el apartado 3.2.3 incluyendo cada uno de los habitáculos que lo forman.

4.1.1 Estudio básico

En el presente apartado se desarrolla la situación actual y cómo se compara con la normativa en vigor, en concreto con el Documento Básico de ahorro energético [45] y en la norma UNE-12464-1 de la iluminación en interiores [8].

El primer paso es calcular el factor K de cada habitáculo y, de ahí, obtener el número de mediciones necesarias para continuar obteniendo los parámetros de iluminancia media mantenida, uniformidad media y, por último, el valor de eficiencia energética de la instalación.

4.1.1.1 Cálculo del factor K

El cálculo del factor K se basa en lo explicado en el apartado 3.2.4.1. De este factor se obtendrá el número mínimo de mediciones necesarias.

En la Tabla 4-1 se recogen los habitáculos pertenecientes a la zona de trabajo 1. Esta zona incluye los dos habitáculos más grandes, la biblioteca y el estudio, por lo que es lógico que sean los habitáculos que más mediciones requieran: 25 y 16 respectivamente.

Zona de trabajo 1:		Lectura/Estudio						
Núm.	Nombre	Dimensión 1 (m)	Dimensión 2 (m)	Altura (m)	Plano útil (m)	Altura útil (m)	Índice K	Mediciones
1	Biblioteca	47,28	8,50	2,8	0,8	2,0	3,60	25
2	Estudio	11,30	6,80	2,8	0,8	2,0	2,12	16
3	Despacho Bibliotecario	3,40	3,50	2,8	0,8	2,0	0,86	4

Tabla 4-1 Cálculo del factor K de la ZT-1

En la tabla Tabla 4-2 se hace lo propio para los locales de la zona de trabajo 2. Esta zona está formada por los seminarios que son de pequeñas proporciones, es por esto por lo que no se requieren numerosas mediciones como si se dio en la zona anterior.

Zona de trabajo 2:		Reuniones / Trabajo con Carta Náutica						
Núm.	Nombre	Dimensión 1 (m)	Dimensión 2 (m)	Altura (m)	Plano útil (m)	Altura útil (m)	Índice K	Mediciones
4	Seminario 1	4,00	2,60	2,8	0,8	2,0	0,79	4
5	Seminario 2	3,76	2,60	2,8	0,8	2,0	0,77	4
6	Seminario 3	6,90	2,60	2,8	0,8	2,0	0,94	4
7	Seminario 4	3,00	7,10	2,8	0,8	2,0	1,05	9
8	Seminario 5	10,70	3,10	2,8	0,8	2,0	1,20	9

Tabla 4-2 Cálculo del factor K de la ZT-2

En la Tabla 4-3 se recogen los resultados del factor K de los habitáculos de la zona de trabajo 3, que contiene aquellos en los que se consultan libros. En esta tabla se toma como plano útil 0 m, al ser esta la altura más desfavorable correspondiente a las baldas más bajas de las estanterías.

Zona de trabajo 3:		Consulta Libros						
Núm.	Nombre	Dimensión 1 (m)	Dimensión 2 (m)	Altura (m)	Plano útil (m)	Altura útil (m)	Índice K	Mediciones
9	Depósito 1	7,10	3,40	2,8	0,0	2,8	0,82	4
10	Depósito 2	3,50	2,60	2,8	0,0	2,8	0,53	4

Tabla 4-3 Cálculo del factor K de la ZT-3

En la última tabla, la Tabla 4-4, se recogen el resto de los locales de estudio enmarcados en la zona de trabajo 4, reservada para habitáculos multipropósito. Al tratarse éstos de espacios reducidos, todos requieren el número mínimo de mediciones: 4.

Zona de trabajo 4:		Multipropósito						
Núm.	Nombre	Dimensión 1 (m)	Dimensión 2 (m)	Altura (m)	Plano útil (m)	Altura Útil (m)	Índice K	Mediciones
11	Reprografía	3,75	3,50	2,8	0,8	2,0	0,91	4
12	Almacén	1,50	2,60	2,8	0,0	2,8	0,34	4
13	Baño 1	3,86	2,60	2,8	0,8	2,0	0,78	4
14	Baño 2	3,86	2,60	2,8	0,8	2,0	0,78	4
15	Limpieza	1,50	2,60	2,8	0,0	2,8	0,34	4
16	Mantenimiento	1,80	2,60	2,8	0,0	2,8	0,38	4
17	Baño Damas	0,90	2,90	2,8	0,8	2,0	0,34	4
18	Baño Caballeros	2,50	2,90	2,8	0,8	2,0	0,67	4
19	Entrada	3,85	1,50	2,8	0,0	2,8	0,39	4

Tabla 4-4 Cálculo del factor K de la ZT-4

4.1.1.2 Mediciones de la instalación actual

En el presente punto se analizarán los diferentes habitáculos enmarcados en las 4 zonas de trabajo con el fin de obtener sus valores de iluminancia media mantenida (E_m) y uniformidad media U_m .

En la Tabla 4-5 se recogen las medidas realizadas en la zona de trabajo 1. La sala central de la biblioteca, encuadrada en este grupo de habitáculos, cuenta con iluminación auxiliar en cada una de las

mesas, así que se decide tener en cuenta las dos escenas de iluminación: con iluminación auxiliar y sin ella. Es por esto por lo que en la tabla aparecen dos entradas para el mismo habitáculo.

La sala de estudio cuenta también con iluminación auxiliar en cada uno de los puestos. Sin embargo, debido a que gran parte de estas lámparas no están operativas, se decide no tener en cuenta esta condición de iluminación.

Zona de trabajo 1: Lectura/Estudio		Mediciones (lux)												
Núm.	Nombre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1-1	Biblioteca	460	164	38	85	75	670	648	401	488	412	512	256	632
1-2	Biblioteca (auxiliar)	1564	1264	1360	1204	1522	1406	1047	1338	1353	1154	1420	1268	1088
2	Estudio	445	499	381	447	402	372	270	166	408	374	329	313	201
3	Despacho Bibliotecario	553	294	320	233									

Mediciones (lux)												Resultados		
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	E_m (lux)	$E_{mín.}$ (lux)	U_m
357	428	150	211	148	196	295	353	194	255	188	269	315,40	38	0,12
1548	1110	1044	898	633	1101	913	824	93	89	245	515	1040,04	89	0,09
555	382	535										379,94	166	0,44
												350,00	233	0,67

Tabla 4-5 Estudio de iluminación media mantenida y uniformidad media ZT-1

Se aprecia una clara diferencia entre las dos escenas de iluminación de la sala central de la biblioteca. No solo aumenta considerablemente la iluminancia media, sino que también lo hace la mínima. Por otro lado, los puntos de luz individuales reducen la, ya baja, uniformidad media.

El estudio de la zona de trabajo 2 está representado en la Tabla 4-6, donde se observa que la iluminancia media mantenida alcanza valores más altos que en la ZT-1. Asimismo, cabe resaltar los altos valores de uniformidad media que se encuentra en estos habitáculos, más fácil de conseguir en locales de menor tamaño.

Zona de trabajo 2: Reuniones / Trabajo Carta Náutica		Mediciones (lux)										Resultados		
Núm.	Nombre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E_m (lux)	$E_{mín.}$ (lux)	U_m	
4	Seminario 1	528	708	702	726						666	528	0,79	
5	Seminario 2	523	467	555	484						507	467	0,92	
6	Seminario 3	353	682	434	733						551	353	0,64	
7	Seminario 4	276	317	335	294	332	333	267	309	274	304	267	0,88	
8	Seminario 5	127	127	282	300	269	342	329	355	358	277	127	0,46	

Tabla 4-6 Estudio de iluminación media mantenida y uniformidad media ZT-2

En tercer lugar, se recogen en la Tabla 4-7 las mediciones realizadas en los habitáculos de la zona de trabajo 3. En los lugares de consulta se notan a primera vista valores considerablemente bajos de iluminancia media mantenida que en uno de los locales no llega a los 100 luxes, lo que puede dificultar la consulta de libros.

Zona de trabajo 3: Consulta Libros		Mediciones (lux)				Resultados		
Núm.	Nombre	1	2	3	4	E _m (lux)	E _{mín.} (lux)	U _m
9	Depósito 1	105	143	172	187	152	105	0,69
10	Depósito 2	156	21	162	48	97	21	0,22

Tabla 4-7 Estudio de iluminación media mantenida y uniformidad media ZT-3

Por último, la zona de trabajo que incluye los habitáculos multipropósito se representa en la Tabla 4-8. Analizando sin detalle, se advierte los bajos valores de iluminancia medidos en los baños de alumnos (números 17 y 18) y la oscuridad total que se da en el pequeño habitáculo que hace de entrada en la biblioteca. El primer fenómeno se debe a la pobre distribución y luminancia de las luminarias y el segundo, a que las luminarias del local se encuentran fundidas.

Zona de trabajo 4: Multipropósito		Mediciones (lux)				Resultados		
Núm.	Nombre	1	2	3	4	E _m (lux)	E _{mín.} (lux)	U _m
11	Reprografía	433	258	221	266	295	221	0,75
12	Almacén	215	218	220	264	229	215	0,94
13	Baño 1	326	228	189	192	234	189	0,81
14	Baño 2	164	234	192	181	193	164	0,85
15	Limpieza	341	325	306	364	334	306	0,92
16	Mantenimiento	185	226	229	180	205	180	0,88
17	Baño Damas	5	14	7	6	8	5	0,61
18	Baño Caballeros	32	10	22	11	19	10	0,52
19	Entrada	0	0	0	0	0	0	0,00

Tabla 4-8 Estudio de iluminación media mantenida y uniformidad media ZT-4

4.1.1.3 Valoración del estado de la instalación actual

Con los datos recolectados y los parámetros calculados, en el presente apartado se procede a comparar la situación actual de la biblioteca académica Gabriel Císcar y Císcar con la normativa vigente. Como ya se comentó en el apartado 3.2.4.4, el cumplimiento del valor mínimo del VEEI es solo exigible en obras de nueva construcción y renovaciones en instalaciones en las que se modifique más del 25% del área iluminada; por lo que no es aplicable a la biblioteca. Sin embargo, se añadirá a modo de comparación con el modelo fotométrico.

La comprobación del índice de rendimiento cromático se deja para el apartado siguiente, debido a la importancia que se le ha dado.

Al igual que en el apartado anterior, se recurrirá a tablas para mostrar los resultados obtenidos en la comparación. En estas, aparecerán los valores calculados, los valores límite y el veredicto, además de un intuitivo código de colores que ayudará a su comprensión.

En la Tabla 4-9 se aprecia como ninguno de los tres habitáculos de la zona de trabajo 1 cumple los requisitos mínimos. Sin embargo, en la escena de iluminación alternativa para la biblioteca (con las

luminarias auxiliares encendidas) si se cumple, pero supera en gran medida el valor recomendado: 500 luxes. Además, como ya se vio en la Tabla 4-5, esta configuración reduce la uniformidad media a menos 0,1, dato nada aconsejable. Además, se observa como el despacho del bibliotecario, aún con un VEEI tan alto, no cumple con la iluminancia media mínima, significando esto un despilfarro de energía.

Zona de trabajo 1:						
Núm.	Nombre	E_m (lux)	$E_{m\text{ lím.}}$ (lux)	VEEI	$VEEI_{\text{máx.}}$	Veredicto
1-1	Biblioteca	315,40	500	3,24	5	NO CUMPLE
1-2	Biblioteca encendida	1040,04	500	1,08	5	CUMPLE
2	Estudio	379,94	500	2,96	5	NO CUMPLE
3	Despacho Bibliotecario	350,00	500	6,05	5	NO CUMPLE

Tabla 4-9 Valoración de parámetros luminotécnicos en la ZT-1

Pasando a la zona de trabajo 2 recogida en la Tabla 4-10, vemos que ninguno de los 5 locales cumple con los valores mínimos de iluminancia media mantenida. Los seminarios del 1 al 3 llegan a los 500 luxes que requiere la norma para leer/estudiar. Sin embargo, se ha definido esta zona de trabajo como “aula de dibujo técnico” por el uso que le dan los alumnos para trabajar en cartas náuticas. En lo que a eficiencia energética respecta, los 5 locales cumplen con los valores tabulados en la norma.

Zona de trabajo 2:						
Núm.	Nombre	E_m (lux)	$E_{m\text{ lím.}}$ (lux)	VEEI	$VEEI_{\text{máx.}}$	Veredicto
4	Seminario 1	666	750	2,08	5	NO CUMPLE
5	Seminario 2	507	750	2,90	5	NO CUMPLE
6	Seminario 3	551	750	2,92	5	NO CUMPLE
7	Seminario 4	304	750	3,33	5	NO CUMPLE
8	Seminario 5	277	750	2,35	5	NO CUMPLE

Tabla 4-10 Valoración de parámetros luminotécnicos en la ZT-2

En la zona de trabajo 3 tampoco se cumplen los valores requeridos por la norma, como se puede ver en la Tabla 4-11. El bajo valor de iluminancia media mantenida en el depósito 1 puede estar relacionado con la luminaria MASTER, de baja calidad. Por otro lado, el bajo valor de la iluminancia media en el depósito 2 se debe a la mala distribución de estanterías en el local, que hacen que la luz radiada por la luminaria acabe reflejándose, en gran medida, en la parte superior de estas estanterías sin llegar a iluminar las baldas bajas. El mencionado reflejo en la parte superior de las estanterías provoca, por otro lado, un derroche de energía, lo que afecta negativamente al valor de eficiencia energética de la instalación.

Zona de trabajo 3:						
Núm.	Nombre	E_m (lux)	$E_{m\text{ lím.}}$ (lux)	VEEI	$VEEI_{\text{máx.}}$	Veredicto
9	Depósito 1	152	200	7,86	5	NO CUMPLE
10	Depósito 2	97	200	8,18	5	NO CUMPLE

Tabla 4-11 Valoración de parámetros luminotécnicos en la ZT-3

Por último, la valoración de la zona de trabajo 4 se recoge en la Tabla 4-12. La mayoría de los locales de esta zona de trabajo cumplen con lo marcado en la norma. Cabe destacar que 3 de estos locales (el almacén, el cuarto de limpieza y el de mantenimiento) no cumplirían los valores requeridos

de eficiencia energética en caso de exigirse; aunque, como ya se explicó, estos requisitos no son de aplicación en esta instalación.

Zona de trabajo 4:						
Núm.	Nombre	E_m (lux)	$E_{m\text{ lím.}}$ (lux)	VEEI	$VEEI_{\text{máx.}}$	Veredicto
11	Reprografía	295	100	3,73	5	CUMPLE
12	Almacén	229,25	100	8,05	5	CUMPLE
13	Baño 1	233,75	100	3,32	5	CUMPLE
14	Baño 2	192,75	100	4,03	5	CUMPLE
15	Limpieza	334	100	5,53	5	CUMPLE
16	Mantenimiento	205	100	7,50	5	CUMPLE
17	Baño Damas	7,875	100	126,50	5	NO CUMPLE
18	Baño Caballeros	18,5	100	77,54	5	NO CUMPLE
19	Entrada	0	100	-	5	NO CUMPLE

Tabla 4-12 Valoración de parámetros luminotécnicos en la ZT-4

Por otro lado, se debe notar la preocupante falta de iluminación en los baños de alumnos, donde no se llega ni al 20% de lo requerido por la norma. Esto se debe a unas luminarias que visualmente parecen degradadas además de alguna fundida. Esto lleva a que se dispare el valor de eficiencia energética ya que, con la misma potencia con la que se llega a valores estándar en otros habitáculos, aquí se alcanzan valores mucho menores. Cabe destacar, además de todo esto, que el habitáculo “entrada” no cuenta con ninguna luminaria ya que estarían todas fundidas, no cumpliendo, por lo tanto, con lo requerido en la norma.

4.1.2 Espectro

Se pasa ahora a caracterizar las diferentes luminarias en función del análisis de su espectro lumínico y el índice de renderizado cromático. Este último, siguiendo la norma UNE 12464-1 [8].

4.1.2.1 Espectro LIFEMAX Super 80 JIS

Se aprecia que el espectro de radiación la luminaria LIFEMAX (Figura 4-1) coincide con el típico de una fluorescente. Esto se deduce de la presencia de dos picos muy claros alrededor de los 540 nm y los 620nm. Además, cuenta con un pequeño pico de radiación ultravioleta en la franja de los 380 a los 400 nm. Esto puede ser provocado por la presencia de vapor de mercurio en el interior de las lámparas.

Los dos estándares de colorimetría lo señalan como un color blanco tendiendo a la zona de los naranjas o amarillos. Esto lleva a pensar que es una luz cálida que ronda los 3000 K de temperatura de color, como ya indica el fabricante en la hoja de características del Anexo II.



Figura 4-1 Análisis del espectro de la luminaria LIFEMAX (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM)

En cuanto a su renderizado de color, la luminaria cuenta con un IRC de 81,6 (Figura 4-2) con IRC 82 como dato del fabricante. Este valor supera el mínimo exigido por la normativa, aunque se ve que tiene un pobre renderizado de los colores rojizos, R9.



Figura 4-2 Análisis del IRC de la luminaria LIFEMAX (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM)

Con todos los datos, se concluye que la luminaria LIFEMAX Super 80 JIS cumple con los requerimientos cromáticos para las áreas de trabajo estipuladas. Además, la irregularidad del renderizado del color rojo se puede pasar por alto ya que no afecta al desarrollo de las actividades previstas en los habitáculos en cuestión.

4.1.2.2 Espectro MASTER TL-D Super 80

La luminaria MASTER emite siguiendo un esquema ligeramente diferente al de la LIFEMAX. Su espectro visible (Figura 4-3) sigue siendo propio de una luminaria fluorescente. Sin embargo, este tipo de fluorescente reduce en gran medida la emisión de radiación de alto ancho de banda (620-740 nm). Esto afectará considerablemente su IRC que se verá a continuación. Este tipo de fluorescentes son difíciles de encontrar debido a que recurren al mercurio dentro del tubo, una tecnología que ya ha dado paso a otras más eficientes y menos contaminantes.



Figura 4-3 Análisis del espectro de la luminaria MASTER (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM)

Como ya se adelantaba, el resultado de realizar el análisis del IRC (Figura 4-4) arroja unos resultados paupérrimos. Como suele ser habitual en este tipo de luminarias, el valor R9 de renderizado de rojos es ínfimo. Este valor afecta negativamente al CRI dejándolo en un valor de 74,1, francamente por debajo del IRC 85 indicado por el fabricante.



Figura 4-4 Análisis del IRC de la luminaria MASTER (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM)

Ante los valores analizados, se concluye que la luminaria MASTER TL-D Super 80 cumple con los requisitos establecidos para los habitáculos en cuestión de IRC 60. Aun así, cabe destacar que la gran reducción de IRC (desde los 85 indicados por el fabricante a los 74,1 actuales) puede ser fruto del deterioro de la luminaria que parece haber llegado al fin de su vida útil.

4.1.2.3 Espectro OSRAM DULUX D 26/830

Al ser de la misma familia que la luminaria LIFEMAX, el espectro de la OSRAM muestra un esquema (Figura 4-5) casi idéntico, acorde con el de una luminaria de tecnología fluorescente. La diferencia más notable reside en la potencia de pico ($\lambda_p V$) que, en este caso, cae a los 160 mw/m^2 . Esto indica que la luminaria de OSRAM tiene menos potencia que las dos de PHILIPS. Dato que se cerciora al comprobar que la hoja técnica de la luminaria de OSRAM indica que trabaja a 26 W mientras que la LIFEMAX trabaja a 76 W. Además, se observa cierta relación entre la potencia correspondiente a la longitud de onda y la potencia de la luminaria en general, ya que al triplicar un factor se mantiene una relación similar con el otro.

Atendiendo a los valores de la colorimetría, se observa un color más adentrado en la zona de los amarillos y los naranjas que las luminarias anteriores. Se puede decir que esta lámpara tiene un color más cálido y, por lo tanto, una temperatura de color menor. Esto coincide con los valores de temperatura de color del fabricante consultables en el Anexo II.



Figura 4-5 Análisis del espectro de la luminaria OSRAM (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM)

Prestando atención ahora al renderizado del color (Figura 4-6), la OSRAM muestra un valor de IRC de 73,8. Este valor no llega al límite establecido por la normativa (IRC 80). Por otro lado, se

aprecia el mismo problema que anteriormente, y que es repetido en luminarias con tecnología fluorescente: la luminaria actual no renderiza de manera adecuada las tonalidades rojas (como se muestra en el indicador R₉).



Figura 4-6 Análisis del IRC de la luminaria OSRAM (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM)

En este caso, la luminaria OSRAM no cumple con la normativa. Además, teniendo en cuenta que el fabricante indica en la hoja de especificaciones un ICR entre 80 y 89, que los fabricantes suelen dejar un margen de seguridad y que la luminaria no ha sido reemplazada en casi 8 años (con una vida útil de 8.000h); se llega a la conclusión de que la luminaria OSRAM ha llegado al final de su vida útil viéndose afectados, por lo tanto, sus parámetros originales. Prueba de ello es que un gran número de este tipo de luminaria están fundidas como se puede ver en el plano “Estado Actual de Luminarias”.

4.1.3 Luz Azul Dañina

En este apartado se estudiará la Luz Azul emitida por las luminarias y, en especial, la Luz Azul Dañina siguiendo el estándar de la IEEE [15].

4.1.3.1 Luz Azul Dañina LIFEMAX Super 80 JIS

Como ya se adelantaba en el punto 4.1.2.1, la luminaria LIFEMAX emite cierta radiación de Luz Azul. A la vista de los valores de Luz Azul irradiada (E_b) y eficacia de la radiación azul dañina ($K_{B,v}$) vistos en Figura 4-7, se incluye la luminaria en cuestión dentro del grupo de riesgo 2 (RG2): riesgo moderado. Para personas sometidas a este grupo de luminarias, no se recomienda una exposición de más de un minuto y medio (100 s).

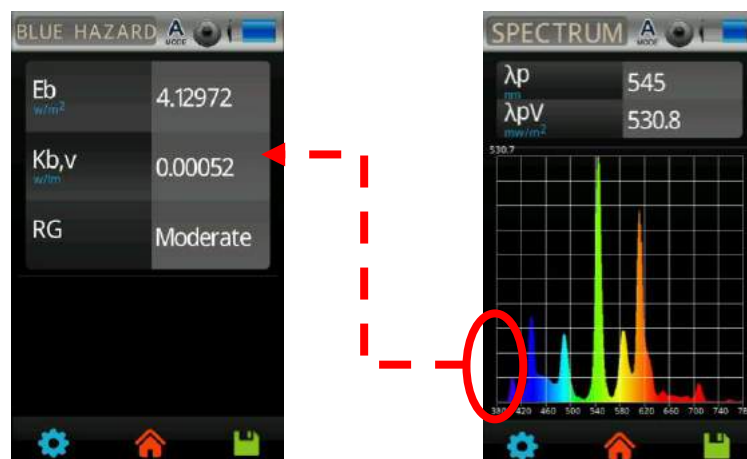


Figura 4-7 Análisis de Luz Azul Dañina de la LIFEMAX Super 80 JIS (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM)

Esta luminaria está situada en la zona central, entre otros lugares, donde el tiempo de exposición supera francamente el minuto y medio recomendado (el tiempo de exposición puede llegar a ser de 2 horas en el caso más desfavorable de la oficina del bibliotecario). Es por esto por lo que se concluye que el tipo de luminaria actual no cumple con los requerimientos que establece la CIE en cuanto a Luz Azul Dañina se refiere.

4.1.3.2 Luz Azul Dañina MASTER TL-D Super 80

En la Figura 4-3 ya se podían apreciar los picos de intensidad en el rango de la Luz Azul, pero no tan acentuados en la zona de la azul dañina.

Analizando esta pormenorizadamente se ve que, aunque la Luz Azul irradiada no es excesivamente alta, la eficacia de la Luz Azul Dañina sí que adopta un valor más alto que el visto con la luminaria LIFEMAX. Antes estos datos, y recurriendo de nuevo a la CIE, se clasifica la luminaria MASTER dentro del grupo de riesgo 2: riesgo moderado. Para personas sometidas a este grupo de luminarias, no se recomienda una exposición de más de un minuto y medio (100 s).

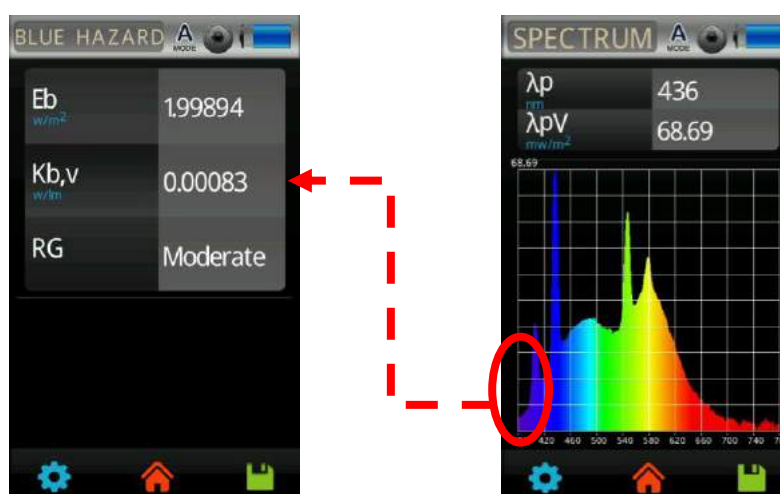


Figura 4-8 Análisis de Luz Azul Dañina de la MASTER TL-D Super 80 (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM)

La luminaria estudiada se encuentra situada únicamente en el depósito 1 de la biblioteca. Este habitáculo no es frecuentado por alumnos y en el caso de ser usado, lo es durante un pequeño periodo de tiempo para la búsqueda de un libro.

Si bien es cierto que las consultas no se prolongan mucho en el tiempo, este tiempo suele superar los 100 segundos recomendados pudiendo esto ser perjudicial para la salud. Por lo tanto, se concluye que la luminaria MASTER no cumple con las directrices de la CIE en cuanto a Luz Azul se refiere.

4.1.3.3 Luz Azul Dañina OSRAM DULUX D 26/830

Semejante a la LIFEMAX, la luminaria de la casa OSRAM tiene un alto nivel de Luz Azul irradiada. De hecho, es la luminaria es la que tiene el nivel más alto. El peligro de Luz Azul Dañina es similar al encontrado en el resto de las luminarias de la biblioteca. Los valores de Luz Azul irradiada y de eficacia de Luz Azul Dañina sitúan a la luminaria OSRAM en el grupo de riesgo 2: riesgo moderado. Al igual que con las otras dos, no se recomienda una exposición mayor a los 100 segundos.

Este hecho condiciona en gran medida la situación de la luminaria, ya que existen pocos locales a parte de aquellos de tránsito, en el que la exposición a la luminaria sea menor de los 100 segundos marcados.

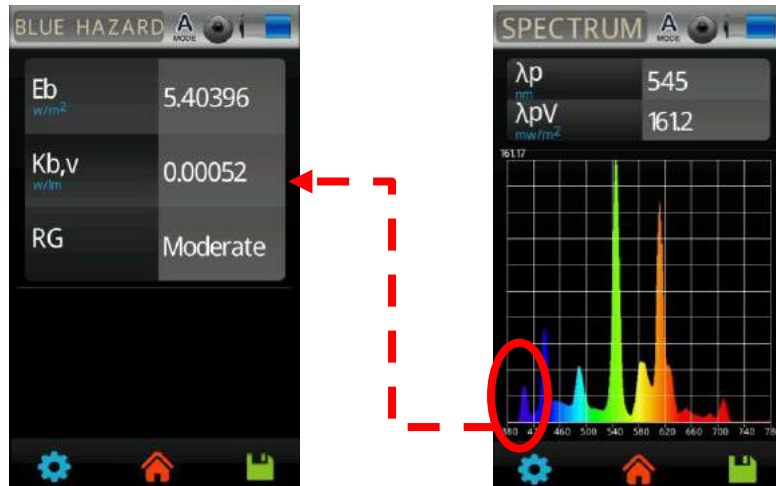


Figura 4-9 Análisis de Luz Azul Dañina de la OSRAM DULUX 26/830 (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM)

La última luminaria estudiada es utilizada en almacenes y baños de la biblioteca donde los usuarios permanecen más de los 100 segundos recomendados. Es por esto por lo que se concluye que la luminaria OSRAM no cumple los requisitos establecidos.

4.1.4 Parpadeo

A continuación, se procede a la caracterización de los tres tipos de luminarias situadas en la biblioteca “Gabriel Císcar y Císcar” en función de su efecto de parpadeo.

4.1.4.1 Parpadeo LIFEMAX Super 80 JIS

Las luminarias LIFEMAX ya han sido enmarcadas dentro del grupo de los fluorescentes. Esto adelanta que su frecuencia de parpadeo será 100 Hz, si el controlador funciona adecuadamente.

Cuando analizada por el espectrómetro MK350S PREMIUM (Figura 4-10), la LIFEMAX muestra, efectivamente, una frecuencia de parpadeo de 100 Hz que se corresponde con el doble de la frecuencia de la instalación eléctrica.



Figura 4-10 Análisis del parpadeo de LIFEMAX Super 80 JIS (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM)

Analizando los datos técnicos, se muestra que el índice de parpadeo o índice de modulación llega al 5 %, es decir, relación entre el valor de máxima y mínima iluminación es del 5 %. Para comprender este valor hay que tener en cuenta que el ojo humano responde de forma logarítmicamente a la luz, así

que, en determinadas situaciones este valor puede considerarse alto. En cuanto al índice de parpadeo, es un valor que refleja de forma más fiable el parpadeo de la luminaria, sin embargo, al no ser de uso extendido, no forma parte de las recomendaciones o normativa de parpadeo.

Si se entra con los valores de frecuencia y porcentaje de parpadeo en la gráfica elaborada por la IEEE, se identifica a la luminaria dentro de la franja de *Low Risk*. Esto significa que la exposición prolongada a esta luminaria puede llegar a afectar negativamente a la salud de los usuarios con leves dolores de cabezas o jaquecas [15].

Es por esto por lo que se concluye sentenciando que la luminaria instalada en gran parte de la biblioteca, debido a su alto porcentaje de parpadeo, puede ser nociva para la salud de sus usuarios y no se recomienda una exposición prolongada.

4.1.4.2 Parpadeo MASTER TL-D Super 80

Las luminarias MASTER, al igual que las LIFEMAX, ya han sido enmarcadas dentro del grupo de los fluorescentes. Como con la anterior, se espera un parpadeo a 100 Hz.

Analizando esta luminaria con el MK350S PREMIUM (Figura 4-11) se confirma que el controlador de la luminaria funciona correctamente ya que parpadea a 100 Hz.



Figura 4-11 Análisis del parpadeo de MASTER TL-D Super 80 (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM)

Es digno de mención el alto valor del porcentaje de parpadeo que llega al 62,65 %. Este dato muestra la gran diferencia de intensidad lumínica entre los puntos de mayor y menor iluminación en cada ciclo. Este dato llega a ser alarmante e introducido junto a la frecuencia de parpadeo en la gráfica de la IEEE sitúa a la luminaria MASTER en la *Danger Zone*. Como resulta obvio, la exposición por tiempo prolongado a esta luminaria puede provocar serios riesgos en la salud de la persona.

Las luminarias MASTER únicamente se encuentran en el depósito de libros número 1. Lugar poco frecuentado y con tiempos de permanencia reducidos. Sin embargo, el alto riesgo que puede provocar esta luminaria lleva a desaconsejar seriamente su uso.

4.1.4.3 Parpadeo OSRAM DULUX D 26/830

La luminaria de OSRAM suma uno más al número de luminarias basadas en tecnología fluorescente y, como el resto, muestra una frecuencia de parpadeo de 100 Hz como se puede comprobar al ser medida por el MK350S PREMIUM (Figura 4-12).



Figura 4-12 Análisis del parpadeo de OSRAM DULUX D 26/830 (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM)

Pasando ahora al estudio más profundo de los datos luminotécnicos en cuanto a parpadeo se refiere, se observa un porcentaje de parpadeo que ronda el 5% como la LIFEMAX y mucho menor que la MASTER-TL-D. En cuanto a lo que el índice de parpadeo respecta, se muestra un valor mayor que la LIFEMAX; pero como ya se dijo en su momento, este valor no entra dentro de la normativa por lo tanto no se tiene en cuenta.

Con los datos de frecuencia y porcentaje de parpadeo se entra en la gráfica confeccionada por la IEEE para clasificar a la luminaria OSRAM dentro del grupo de *Low Risk*, con los mismos efectos para la salud que la LIFEMAX.

Al contrario de lo que ocurre con la luminaria LIFEMAX, las luminarias OSRAM esta situadas en zonas de poca permanencia como pueden ser pasillos, baños o pequeños almacenes, por lo que la exposición a este efecto es reducida. No obstante, se ha de desaconsejar su uso ya que puede causar efectos nocivos en la salud de las personas.

4.1.5 Deslumbramiento

En el presente apartado se mostrará la interfaz gráfica diseñada con la implantación del *scrip* desarrollado (apartado 3.2.8.1), así como el resultado de la toma de medidas de iluminancia y posterior cálculo del índice de deslumbramiento unificado (UGR).

4.1.5.1 Interfaz Gráfica

La calculadora de UGR de la biblioteca académica nace fruto de la necesidad de un método que acelere el complejo desarrollo necesario para el cálculo del índice de deslumbramiento unificado en las estaciones de la biblioteca. La aplicación desarrollada automatiza el proceso del cálculo de este parámetro requiriendo únicamente los datos de posición del observador y los datos de iluminancia recibida de las 6 luminarias más próximas

La interfaz de la aplicación desarrollada está formada por 6 ventanas que organizan las entrada y salidas de la misma. Para mejor comprensión de la calculadora, se pasa a exponer la utilidad o función de cada una de estas.

La primera ventana en la esquina superior izquierda titulada “Posición” es en la que el usuario introduce su posición de una manera intuitiva y sencilla (Figura 4-13). Este cuadro requiere del número de la mesa en cuestión (dato que se puede encontrar en la propia mesa ya que viene indicado con un cartel), el número de la silla (el cual se puede obtener sencillamente contando las sillas que separan al usuario de la pared) y la orientación que indica en qué lado de la mesa se encuentra el usuario.

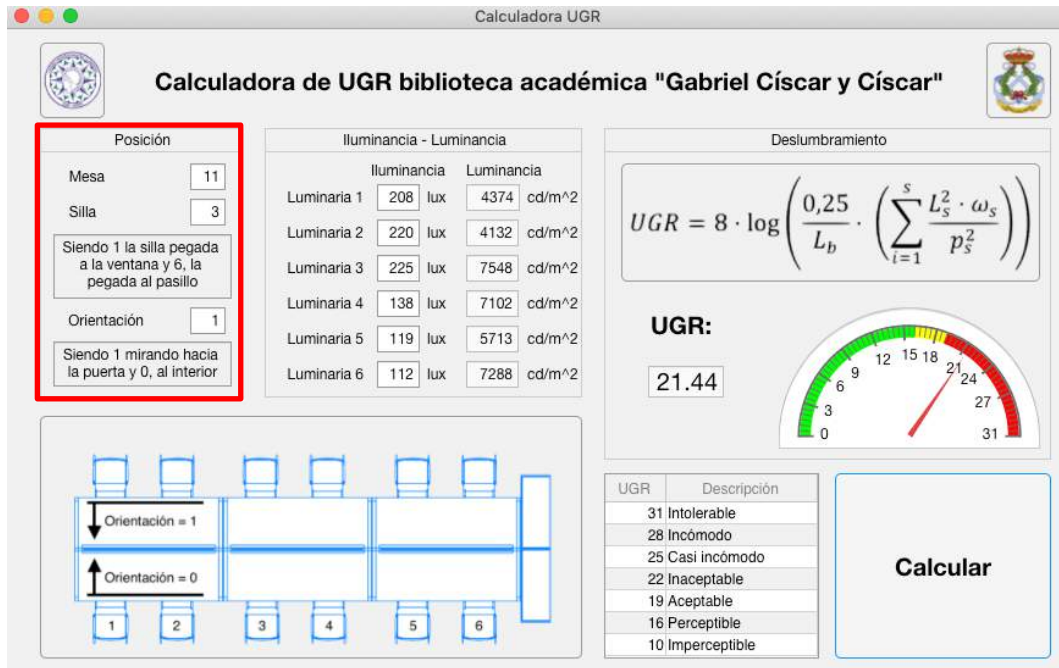


Figura 4-13 Ventana “Posición” de la calculadora de UGR

Para ofrecer mayor información al usuario, se incluye un pequeño esquema de la numeración que se sigue para la entrada de datos. Esto se hace a través de la ventana situada en la esquina inferior izquierda (Figura 4-14), en la que se puede consultar la numeración seguida para la distribución de sillas y la orientación.

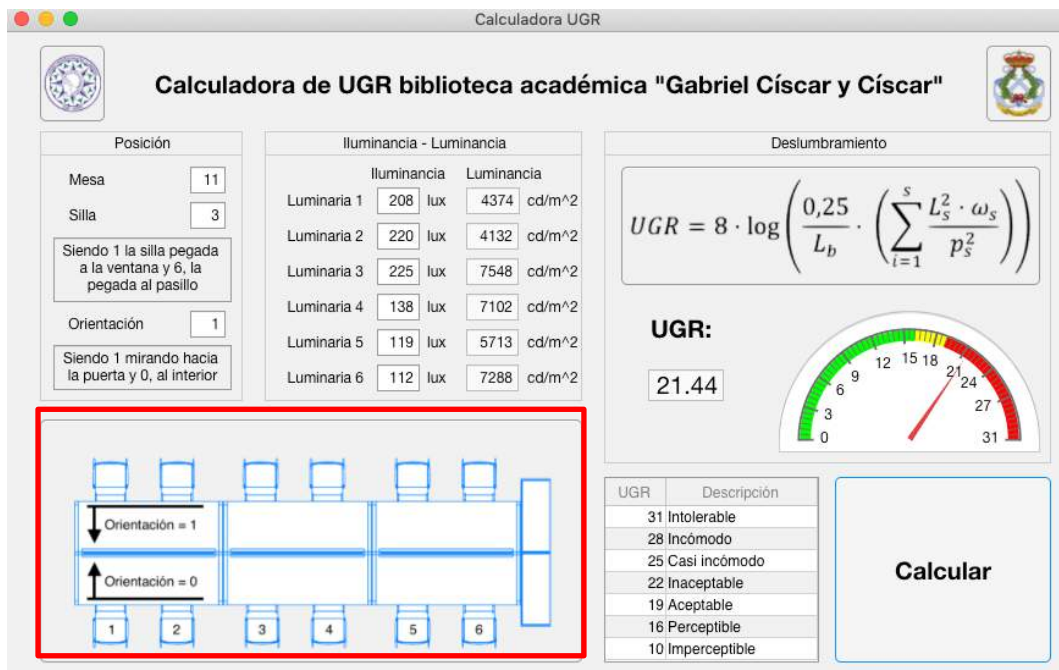


Figura 4-14 Ventana “Esquema” de la calculadora de UGR

Con los datos de posición introducidos, el usuario pasa a la ventana “Iluminancia – Luminancia” (Figura 4-14) en la que el software creado requiere de los datos de las 6 luminarias a estudiar. El orden que se debe seguir es el de izquierda a derecha en las 3 luminarias inmediatamente enfrente del usuario y, a continuación, lo propio con las 3 siguientes. En el extremo izquierdo de esta ventana el programa devolvería los valores de luminancia originados por la luminaria en cuestión en cd/m².

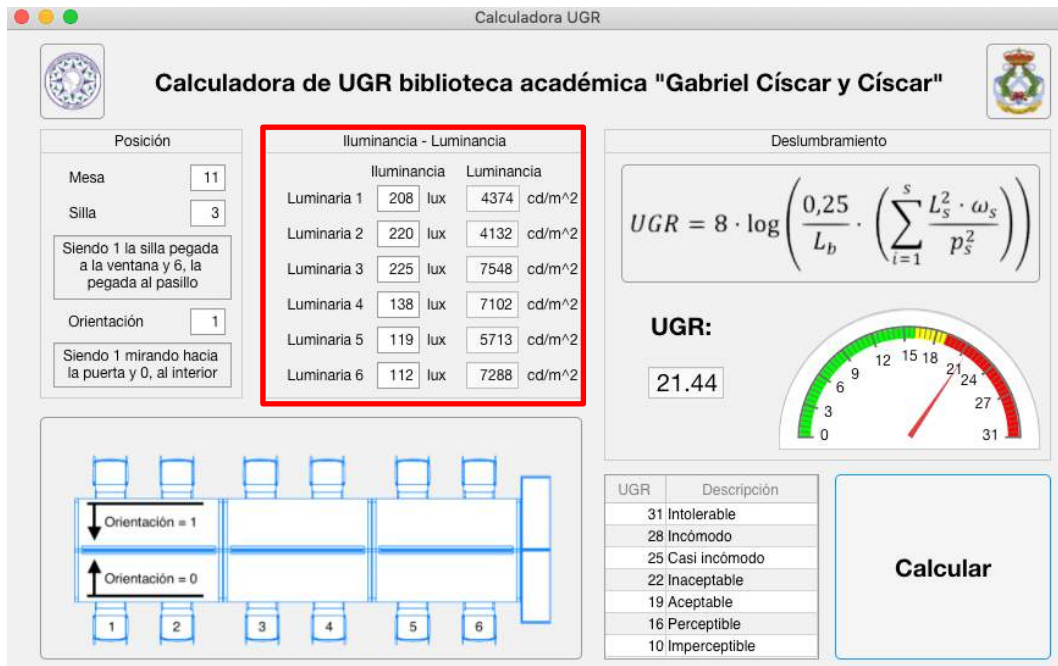


Figura 4-15 Ventana "Iluminancia - Luminancia" de la calculadora de UGR

En la esquina superior derecha (Figura 4-16) se encuentra la ventana "Deslumbramiento". Esta ventana es la que ofrece el dato final buscado por el usuario, el índice de deslumbramiento unificado (UGR). A modo didáctico, se muestra en esta pantalla la fórmula utilizada para la obtención de este parámetro, aunque no tiene por qué ser conocida por el usuario, ya que el programa ofrece el valor automáticamente. El resultado de esta ecuación se muestra claramente en esta ventana y viene acompañado de un indicador semicircular que sirve de referencia para conocer la idoneidad del resultado.

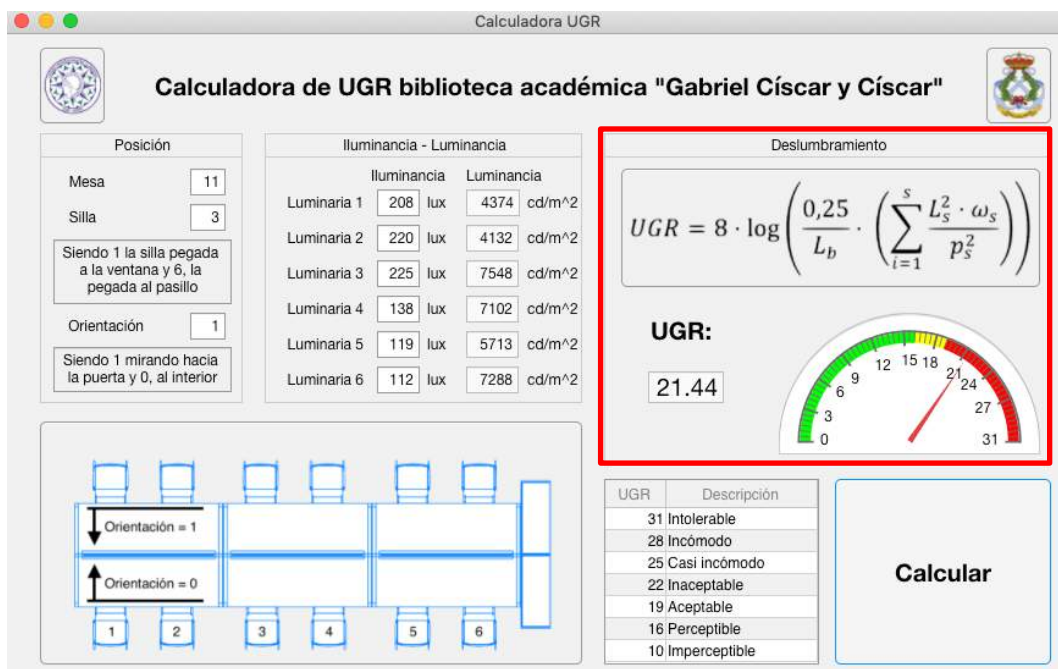


Figura 4-16 Ventana "Deslumbramiento" de la calculadora de UGR

Aunque el indicador es un buen método para la comprensión de este valor, la aplicación incluye una tabla en la parte inferior (Figura 4-17) en la que se puede contrastar el valor de UGR obtenido tras la

medición con unos valores estándares, así como la descripción del efecto que causarían a un observador.

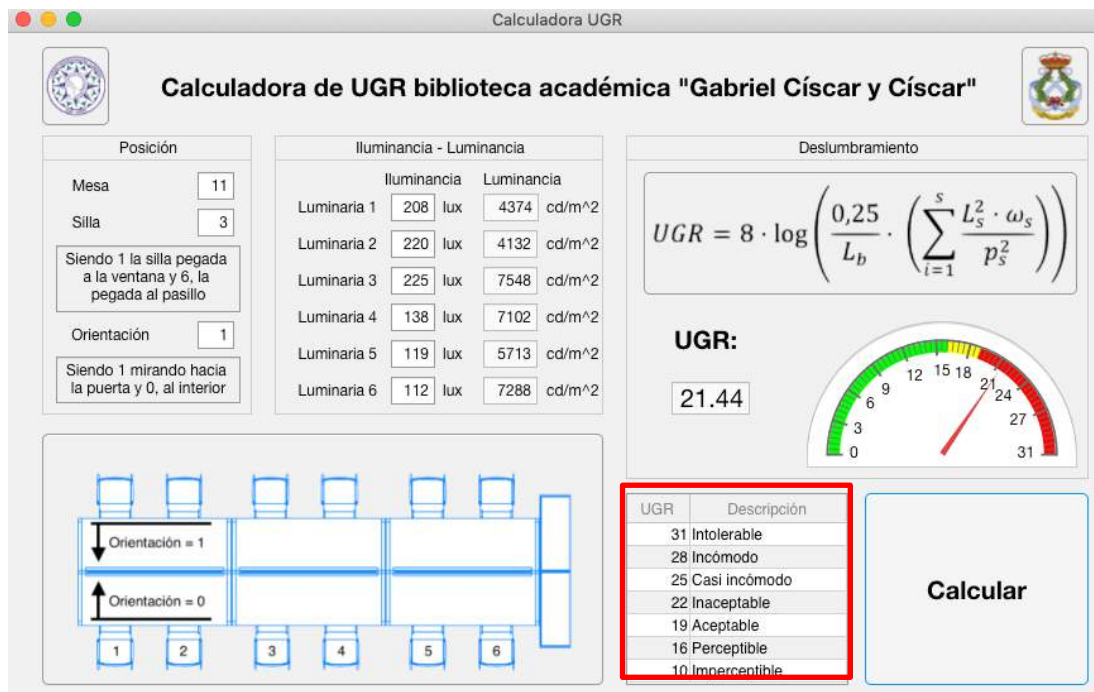


Figura 4-17 Tabla de descripciones de la calculadora de UGR

Por último, en la esquina inferior izquierda se encuentra un botón de calcular que activaría el código y generaría las salidas de luminancia y valor de UGR a partir de las entradas introducidas.

4.1.5.2 UGR

Los datos obtenidos de los puntos de medición situados en los lugares de menor riesgo de deslumbramiento (i.e. aquellos considerados con mayor luminancia de fondo) se introducen en el programa desarrollado en el apartado 3.2.8.1 a través de la interfaz gráfica del apartado 4.1.5.1. La situación de estos puntos puede consultarse en los Anexos II y III, ya que es común para la instalación actual y las dos propuestas. Los resultados se presentan en las tablas adjuntadas a continuación.

Estación	UGR Medido	UGR permitido	Cumple
1	27	19	NO
2	26	19	NO
3	22	19	NO
4	18	19	SI
5	16	19	SI
6	18	19	SI

Tabla 4-13 Resultados del cálculo de UGR en la mesa 1

La mesa 1 es la situada más cerca de la puerta de acceso a la biblioteca lo que provoca que en las estaciones de esta mesa se tenga gran cantidad de luz de fondo (la práctica totalidad de la biblioteca) por lo que deben de ser las estaciones con menor riesgo de iluminación. Sin embargo, en las estaciones 1, 2 y 3 se ve que existe un alto nivel de deslumbramiento que se va reduciendo conforme se separan

las estaciones de la pared. Esto lleva a razonar que las estaciones pegadas a la pared están mal iluminadas provocando efecto de deslumbramiento debida a la baja iluminación de fondo.

Estación	UGR Medido	UGR permitido	Cumple
1	28	19	NO
2	22	19	NO
3	20	19	NO
4	16	19	SI
5	18	19	SI
6	20	19	NO

Tabla 4-14 Resultados del cálculo de UGR en la mesa 11

La mesa 11 es la última de la biblioteca por lo que, al igual que la mesa 1, posee gran cantidad de luz de fondo que debería resultar en los menores valores de UGR. No obstante, al igual que pasa con la mesa 1, las estaciones pegadas a la pared (1, 2 y 3) sufren riesgo de deslumbramiento. En este caso se suma también la estación 6 que está pegada a la estantería. La cercanía a este mueble puede provocar zonas de sombra, lo que reduciría la iluminación de fondo y desembocaría en un efecto de deslumbramiento.

Estación	UGR Medido	UGR permitido	Cumple
1	25	19	NO
2	21	19	NO
3	26	19	NO
4	24	19	NO
5	26	19	NO
6	20	19	NO

Tabla 4-15 Resultados del cálculo de UGR en los 6 puntos aleatorios

Como era de esperar, si en los puntos donde existe menor riesgo de deslumbramiento sigue estando presente este, es normal que en estaciones situadas en el centro de la biblioteca sufran del mismo efecto.

4.1.6 Resultados

Tras el minucioso estudio luminotécnico llevado a cabo en la biblioteca académica “Gabriel Císcar y Císcar” se recogen y resumen los resultados en este apartado

En primer lugar, el estudio básico que mide la iluminancia media mantenida de los locales determina que 12 de los 19 locales estudiados no cumple con la norma UNE-EN 12464-1 para la iluminación en lugares de trabajo. Esto supone que más del 60% de los locales de la biblioteca está mal iluminados, incluyendo la biblioteca central y el estudio.

Analizando las luminarias, se observa que la luminaria OSRAM DULUX no cumple con la normativa en cuanto a renderizado del color se refiere. De nuevo, esto se traduce en una imprecisa renderización de los colores afectando sobre todo en las tonalidades de rojo. El efecto negativo que

produce el bajo IRC puede ser más notable en entornos de trabajo centrados en el color, como puede ser un estudio de diseño o determinadas zonas de un centro comercial. Es cierto que las actividades realizadas en biblioteca académica, y en concreto los locales iluminados con la OSRAM, no dependen en gran medida del color; no obstante, este valor sigue permaneciendo por debajo del mínimo exigido.

El riesgo de Luz Azul Dañina se repite en todas las luminarias de la biblioteca académica y, por ende, en todos los locales de la misma caracterizándose todas las luminarias dentro del grupo de riesgo moderado. Como ya se explicó en el apartado 3.2.6; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, este grupo de riesgo reúne aquellas luminarias a las que el ojo humano no puede estar expuesto más de 100s sin empezar a apreciar efectos nocivos. Esto provoca que los alumnos que utilicen la biblioteca académica de forma prolongada puedan ver afectados sus ritmos circadianos, acelerar el proceso de degeneración macular de la retina.

Al igual que el riesgo de Luz Azul Dañina, el riesgo de parpadeo está presente en todas las luminarias y locales de la biblioteca académica en mayor o menor medida. Este efecto puede provocar dolores de cabeza y jaquecas en los usuarios, por lo que no se recomienda la excesiva exposición a estas luminarias. Por otro lado, las luminarias MASTER situadas en el depósito 1 se engloban dentro de la zona de riesgo de parpadeo.

Los resultados globales pueden consultarse de manera intuitiva en la Tabla 4-16.

<i>Luminaria</i>	<i>IRC</i>		<i>Riesgo de Luz Azul Dañina</i>	<i>Riesgo de parpadeo</i>	<i>Cumple</i>
	<i>Medido</i>	<i>Mínimo</i>			
<i>LIFEMAX Super 80 JIS MASTER TL-D Super 80 OSRAM DULUX D 26/830</i>	81,6	80	Moderado	Bajo Riesgo	NO
	74,1	70	Moderado	Zona de Riesgo	NO
	73,8	80	Moderado	Bajo Riesgo	NO

Tabla 4-16 Resumen estudio instalación actual

Por último, cabe mencionar el riesgo de deslumbramiento que existe en la biblioteca que se ve acentuado en las estaciones próximas a la pared y en mesas situadas en el centro de la biblioteca.

4.2 Modelado fotométrico

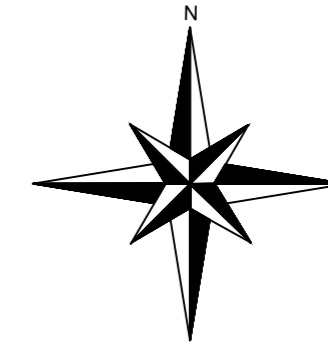
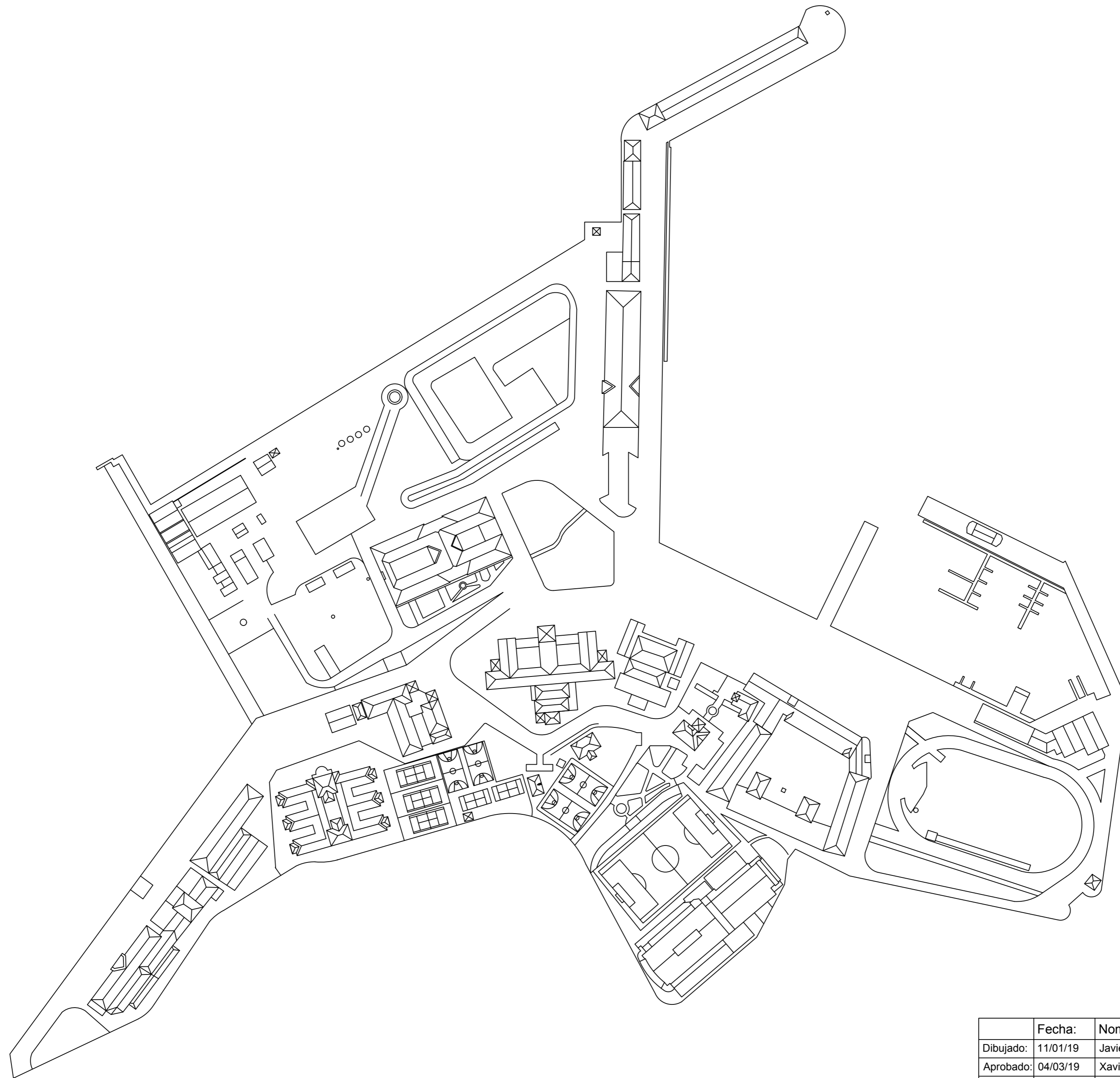
4.2.1 Diseño previo

4.2.1.1 Planos

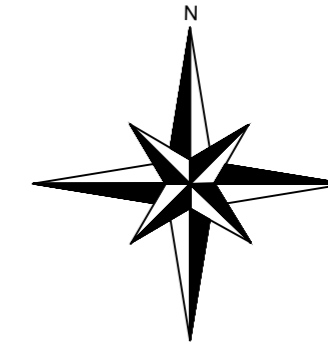
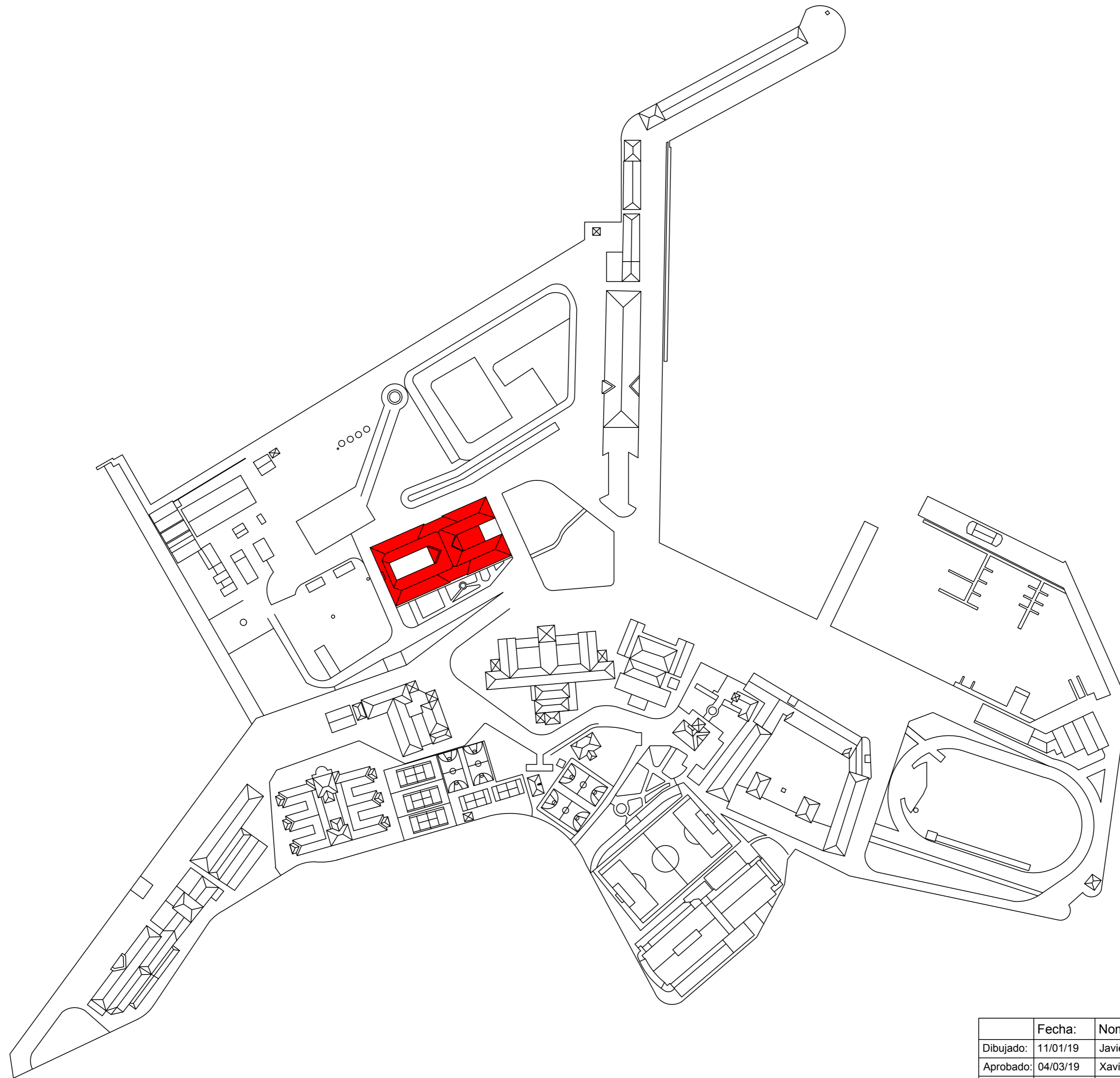
En este apartado se recogen los planos generados como resultado de la localización de la biblioteca y aquellos obtenidos de la maqueta BIM:

01. Aproximación Escuela Naval Militar
02. Situación Cuartel “Almirante Francisco Moreno
03. Planta Cuartel “Almirante Francisco Moreno”
04. Situación Biblioteca “Gabriel Císcar y Císcar”
05. Planta Biblioteca “Gabriel Císcar y Císcar”
06. Numeración de Habitáculos
07. Zonas de Trabajo
08. Planta Biblioteca “Gabriel Císcar y Císcar” Amueblada
09. Distribución Actual de Luminarias

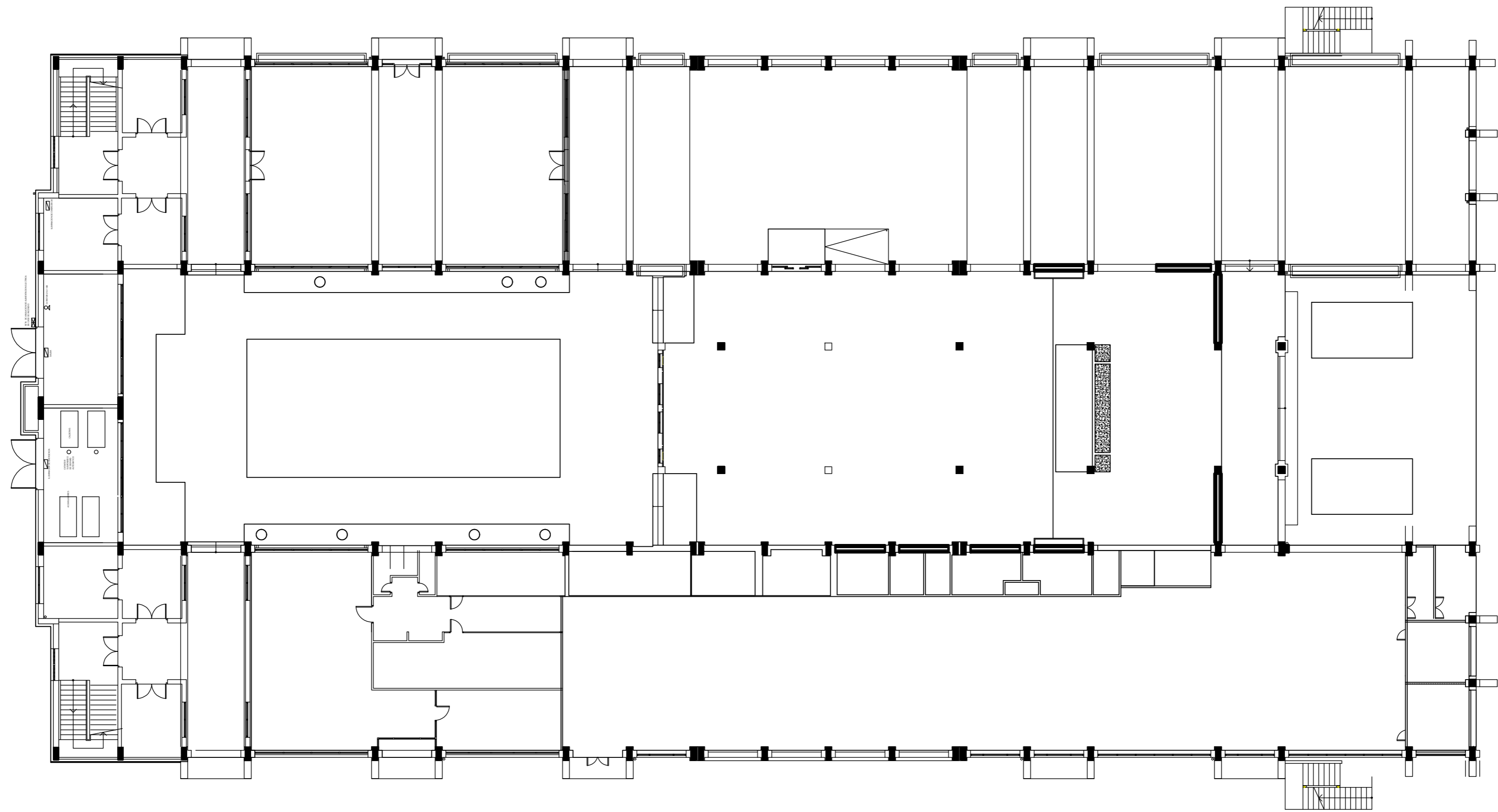
10. Estado Actual de Luminarias
11. Distribución Propuesta Instalación Philips
12. Distribución Propuesta Instalación Low Cost
13. Vista conjunto Biblioteca “Gabriel Císcar y Císcar”



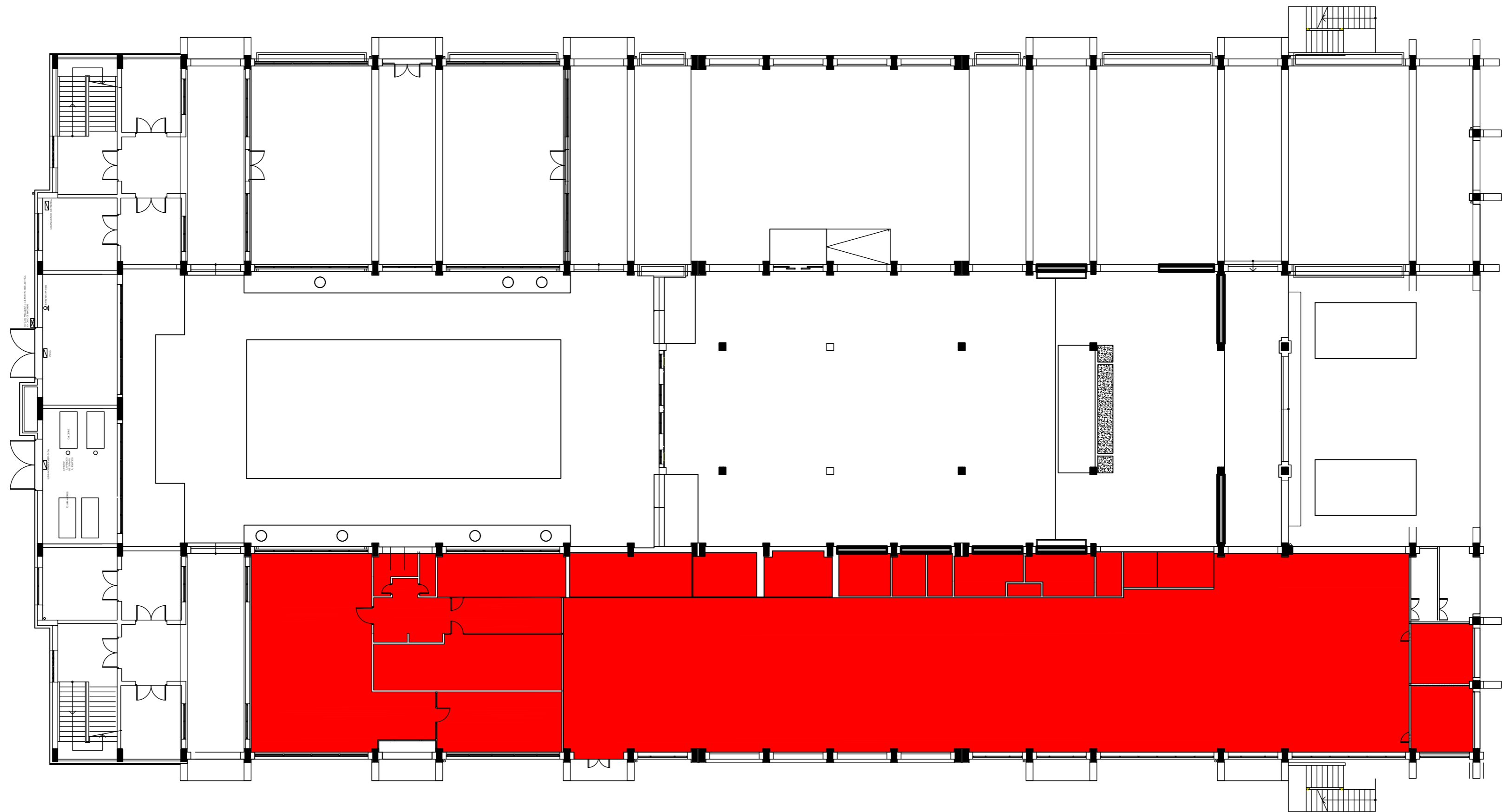
	Fecha:	Nombre:		Centro Universitario de la Defensa Escuela Naval Militar
Dibujado:	11/01/19	Javier Vereda Gorgé		
Aprobado:	04/03/19	Xavier Núñez Nieto		
Escala:	Nombre:			Plano n°:
1:2000	Aproximación Escuela Naval Militar			1



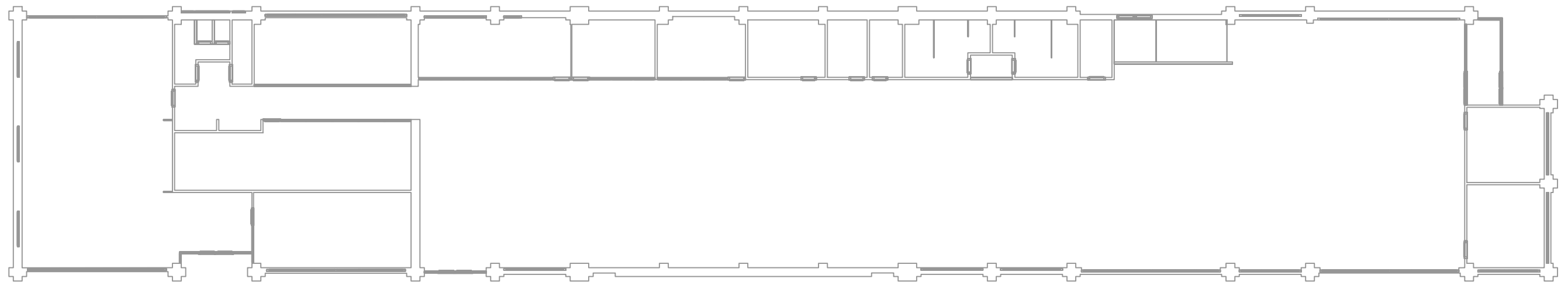
	Fecha:	Nombre:		Centro Universitario de la Defensa Escuela Naval Militar
Dibujado:	11/01/19	Javier Vereda Gorgé		
Aprobado:	04/03/19	Xavier Núñez Nieto		
Escala:	Nombre:			Plano n°:
1:2000	Situación Cuartel "Almirante Francisco Moreno"			2



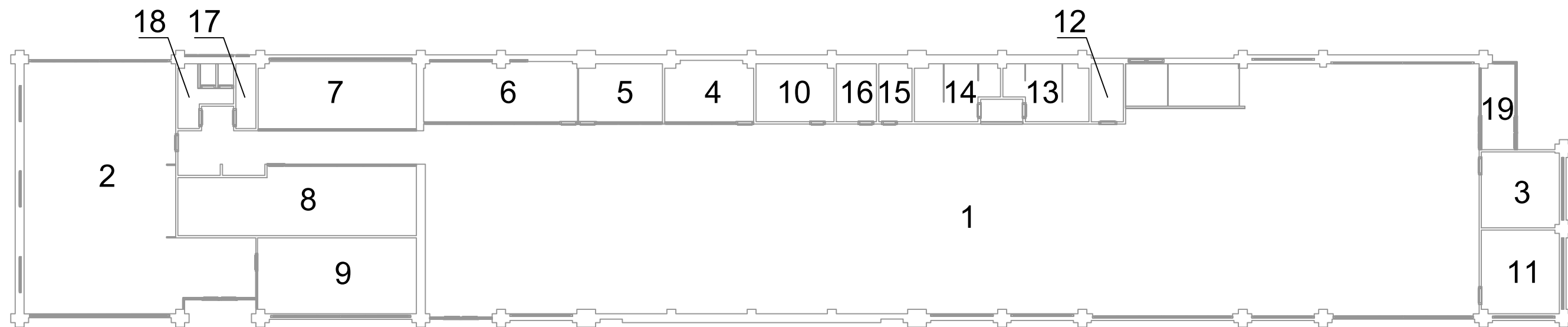
	Fecha:	Nombre:	 Centro Universitario de Defensa Escuela Naval Militar
Dibujado:	18/01/19	Javier Vereda Gorgé	
Aprobado:	04/03/19	Xavier Núñez Nieto	
Escala:	Nombre:	Plano r	
1:200	Planta Cuartel "Almirante Francisco Moreno"	3	



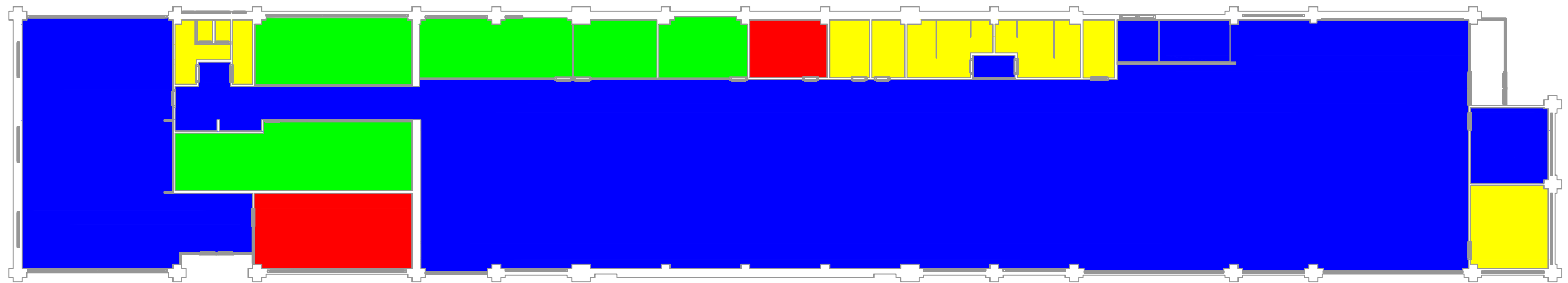
	Fecha:	Nombre:	 Centro Universitario de la Defensa Escuela Naval Militar
Dibujado:	18/01/19	Javier Vereda Gorgé	
Aprobado:	04/03/19	Xavier Núñez Nieto	
Escala:	Nombre:	Plano nº:	
1:200	Situación Biblioteca "Gabriel Císcar y Císcar"	4	







	Fecha:	Nombre:	 <p>Centro Universitario de la Defensa Escuela Naval Militar</p>
Dibujado:	18/01/19	Javier Vereda Gorgé	
Aprobado:	04/03/19	Xavier Núñez Nieto	
Escala:	Nombre:		Plano n°:
1:200	Planta Biblioteca "Gabriel Císcar y Císcar"		5

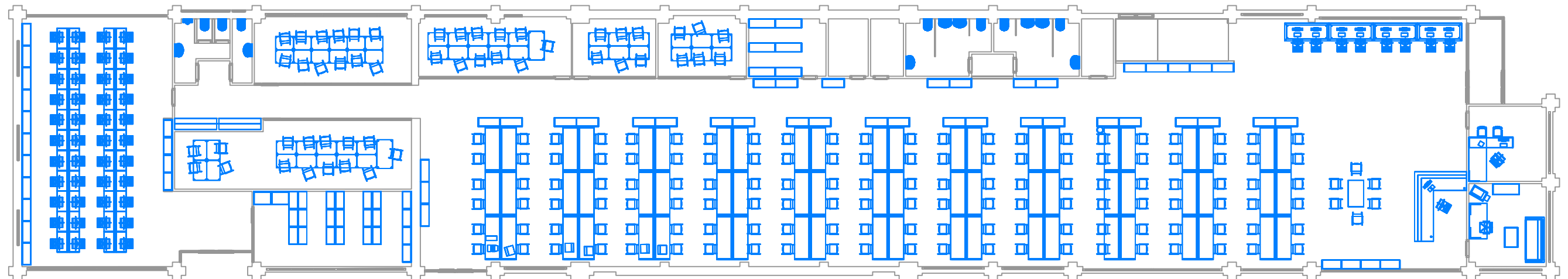


	Fecha:	Nombre:	 Centro Universitario de la Defensa Escuela Naval Militar
Dibujado:	18/01/19	Javier Vereda Gorgé	
Aprobado:	04/03/19	Xavier Núñez Nieto	
Escala:	Nombre:		Plano n°:
1:200	Numeración de Habitáculos		6

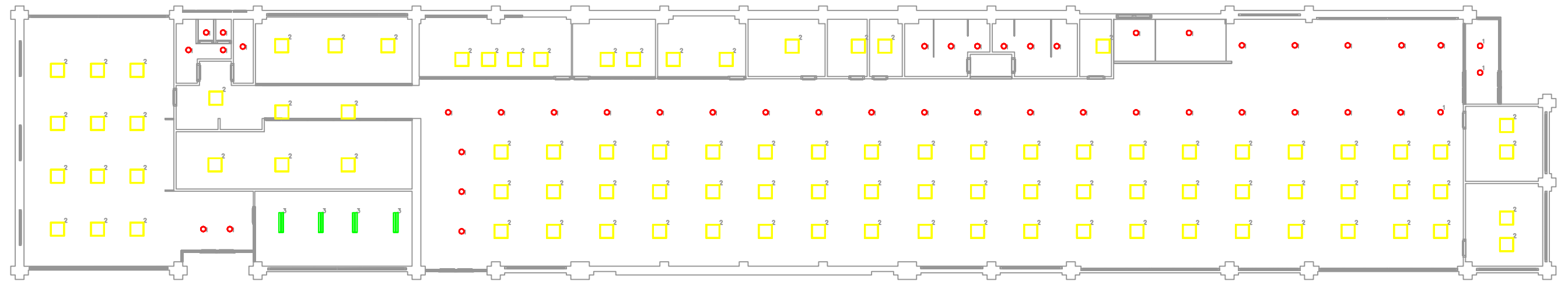


G. HABITÁCULOS	
	G. HABITÁCULOS 1
	G. HABITÁCULOS 2
	G. HABITÁCULOS 3
	G. HABITÁCULOS 4

	Fecha:	Nombre:	 Centro Universitario de la Defensa Escuela Naval Militar
Dibujado:	18/01/19	Javier Vereda Gorgé	
Aprobado:	04/03/19	Xavier Núñez Nieto	
Escala:	Nombre:		Plano n°:
1:200	Zonas de Trabajo		7

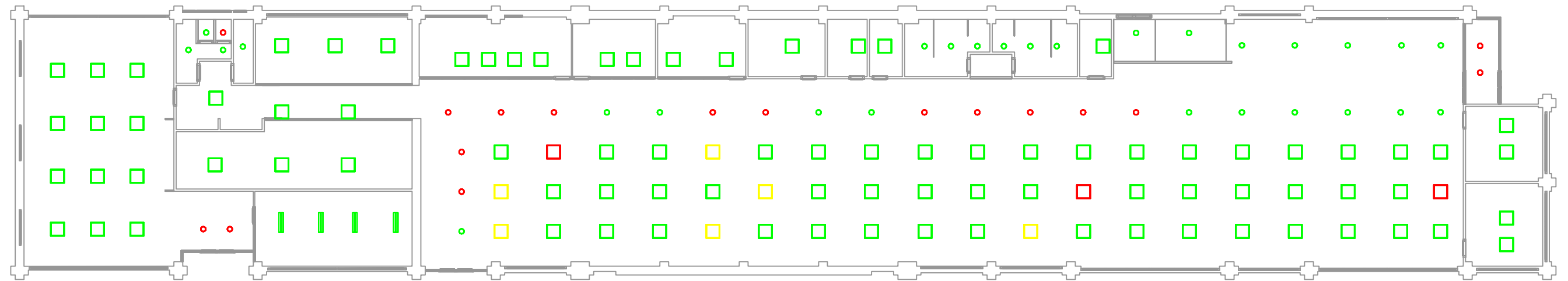


	Fecha:	Nombre:	 <p>Centro Universitario de la Defensa Escuela Naval Militar</p>
Dibujado:	18/01/19	Javier Vereda Gorgé	
Aprobado:	04/03/19	Xavier Núñez Nieto	
Escala:	Nombre:		Plano n°:
1:200	Planta Biblioteca "Gabriel Císcar y Císcar" Amueblada		8



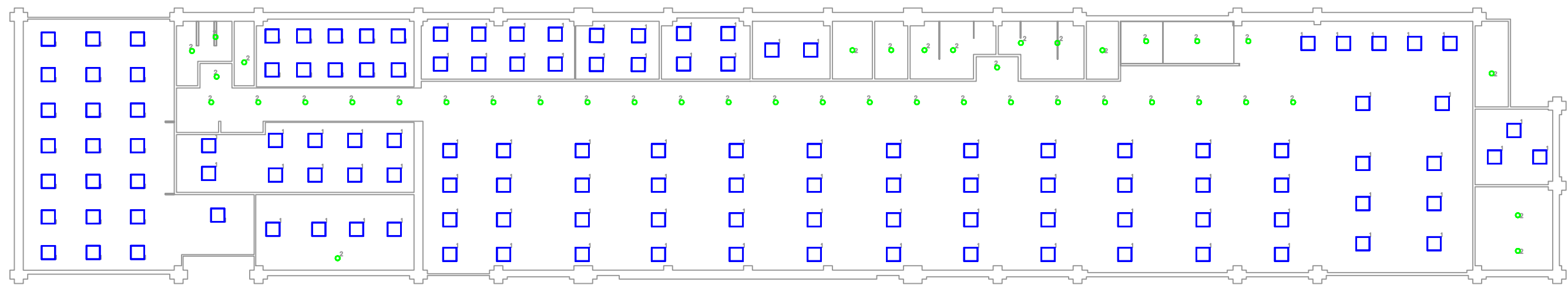
Lista de luminarias								
Índice	Fabricante	Nombre del artículo	Número de artículo	Lámpara	Flujo luminoso	Factor de degradación	Potencia de conexión	Cantidad
1	OSRAM	OSRAM DULUX D	FSQ-26/830-IG 244-3	1xDULUX D26 W/830	1800 Lm	0.8000	26 W	46
2	PHILIPS	PHILIPS TL-D LIFEMAX SUPER 80	1846341320	4xPHILIPS TL-D 18W/840	5800 Lm	0.80	72 W	94
3	PHILIPS	PHILIPS MASTER TL-D SUPER 80	1846559760	2xPHILIPS TL-D 36W/865	6500 Lm	0.80	72 W	4

	Fecha:	Nombre:	 Centro Universitario de la Defensa Escuela Naval Militar
Dibujado:	20/01/19	Javier Vereda Gorgé	
Aprobado:	04/03/19	Xavier Núñez Nieto	
Escala:	Nombre:		
1:200	Distribución Actual de Luminarias		Plano n°: 9



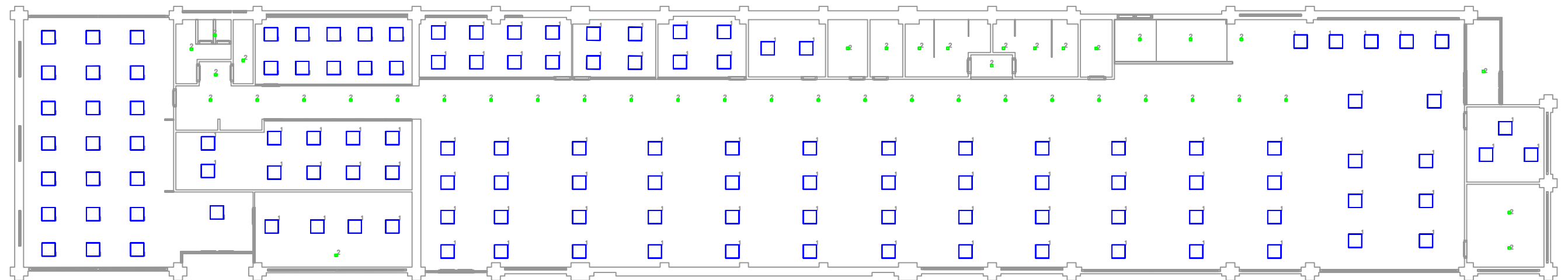
ESTADO LUMINARIAS	
	BUEN ESTADO
	PARCIALMENTE FUNDIDA
	FUNDIDA

	Fecha:	Nombre:	 <p>Centro Universitario de la Defensa Escuela Naval Militar</p>
Dibujado:	20/01/19	Javier Vereda Gorgé	
Aprobado:	04/03/19	Xavier Núñez Nieto	
Escala:	Nombre:		Plano n°:
1:200	Estado Actual de Luminarias		10



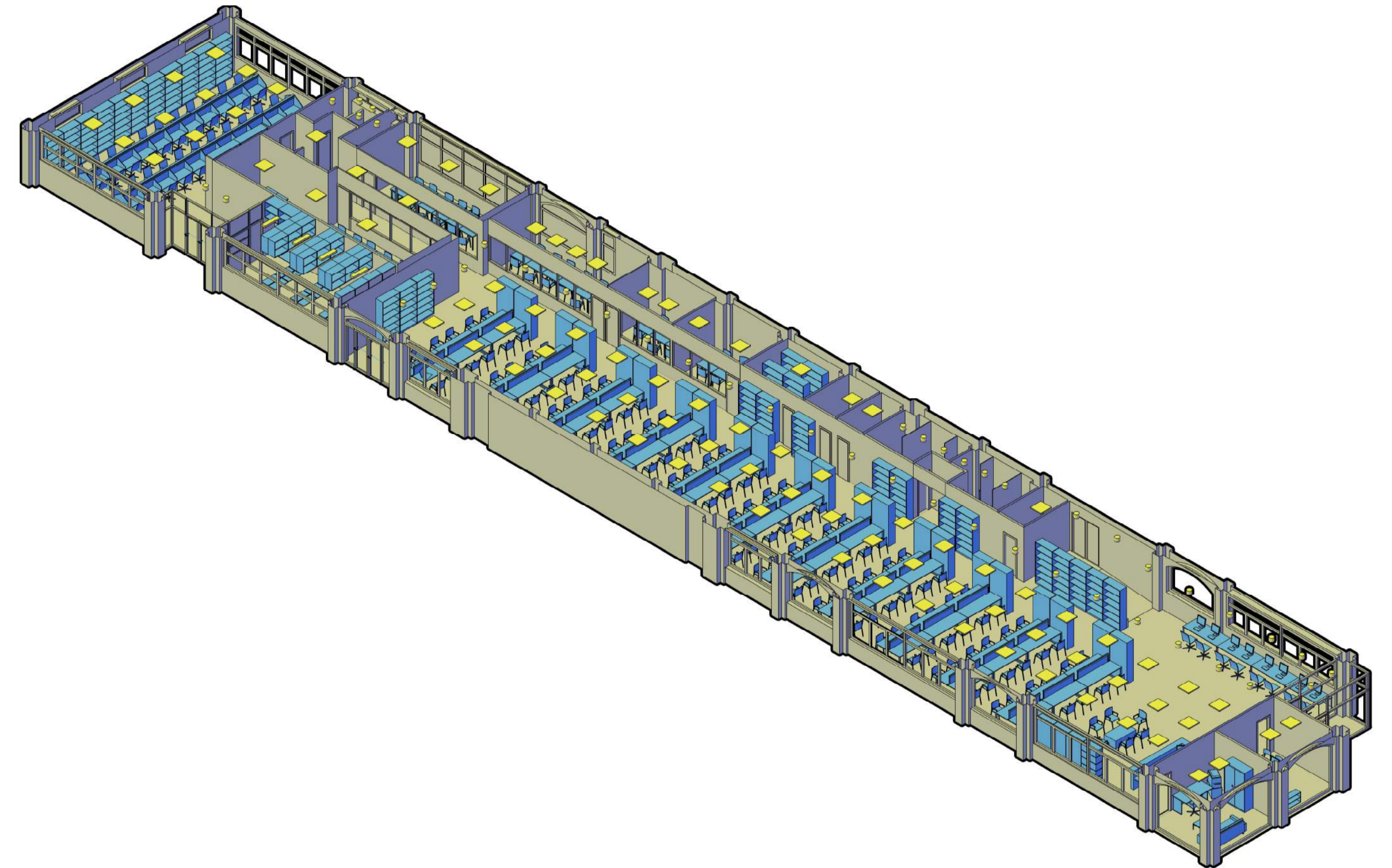
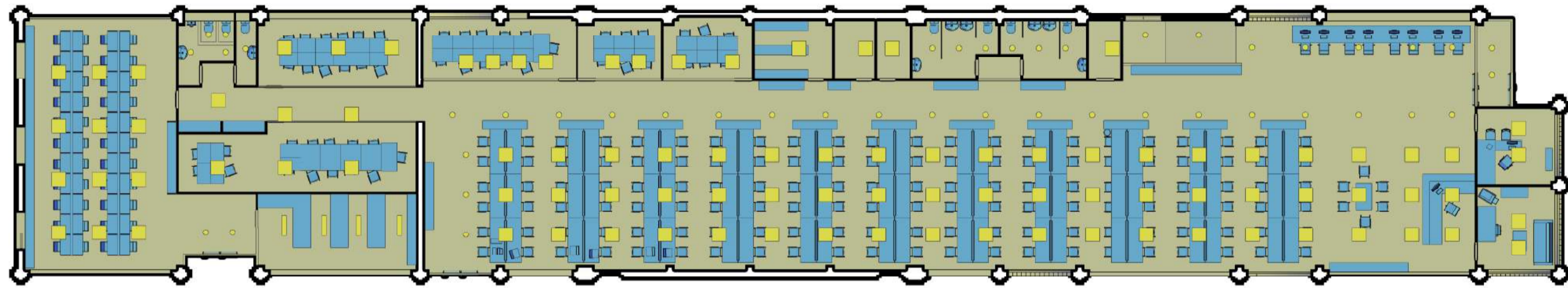
Lista de luminarios								
Índice	Fabricante	Nombre del artículo	Número de artículo	Lámpara	Flujo luminoso	Factor de degradación	Potencia de conexión	Cantidad
1	PHILIPS	RC128V W62L62 1 xLED34S/B30		1xLED34S/B30/ -	3400 Lm	0.8000	36 W	128
2	PHILIPS	DN140B IA1 D216 1 xLED20S/B40		1xLED20S/B40/ -	2200 Lm	0.80	22 W	43


	Fecha:	Nombre:	 Centro Universitario de la Defensa Escuela Naval Militar
Dibujado:	25/02/19	Javier Vereda Gorgé	
Aprobado:	04/03/19	Xavier Núñez Nieto	
Escala:	Nombre:		Plano n°:
1:200	Distribución Propuesta Instalación Philips		11



Lista de luminarias								
Indice	Fabricante	Nombre del articulo	Número de articulo	Lámpara	Flujo luminoso	Factor de degradación	Potencia de conexión	Cantidad
1	LDVlighting	PANEL LED ARMSTRONG 40W 4500K		1x200048-1 39.60W 3659.50lm	3660 Lm	0.8000	39.6 W	128
2	LDVlighting	LP24W 4500k		1x4500K	2480 Lm	0.80	24 W	44

	Fecha:	Nombre:	 Centro Universitario de la Defensa Escuela Naval Militar
Dibujado:	25/02/19	Javier Vereda Gorgé	
Aprobado:	04/03/19	Xavier Núñez Nieto	
Escala:	Nombre:		Plano n°:
1:200	Distribución Propuesta Instalación <i>Low Cost</i>		12



Fecha:	Nombre:	 Centro Universitario de la Defensa Escuela Naval Militar	Plano nº:
Dibujado: 25/02/19	Javier Vereda Gorgé		
Aprobado: 04/03/19	Xavier Núñez Nieto		
Escala:	Nombre:		
1:150	Modelo 3D Biblioteca "Gabriel Císcar y Císcar"		13

4.2.1.2 Modelado de muebles y texturas

Los resultados del modelado de muebles por AutoCAD y la creación de texturas personalizada se pueden ver integrados en la maqueta de la biblioteca académica “Gabriel Císcar y Císcar” en el apartado 4.2.2.

4.2.2 Modelado BIM2BEM

Este apartado recoge los resultados del proceso de cálculo y renderizado realizado sobre la maqueta virtual de la biblioteca académica “Gabriel Císcar y Císcar”. Entre las imágenes aparecen vistas del interior, así como del exterior, con vista real o utilizando colores falsos. Los resultados completos de la simulación se recogen en los Anexos III y IV.

4.2.2.1 Imágenes renderizadas

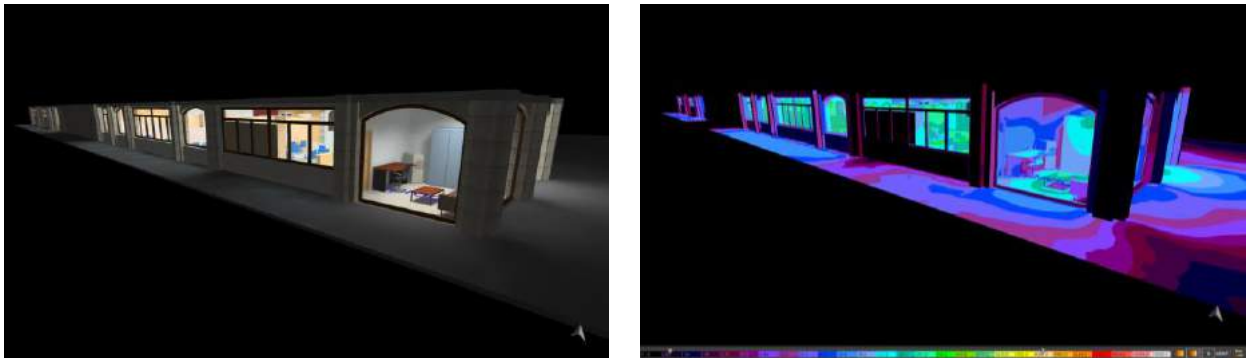


Figura 4-18 Vista exterior renderizada (izquierda) y vista en colores falsos (derecha)



Figura 4-19 Vista renderizada de la entrada de la biblioteca



Figura 4-20 Vista del estudio central desde el puesto del bibliotecario



Figura 4-21 Vista renderizada del local de reprografía

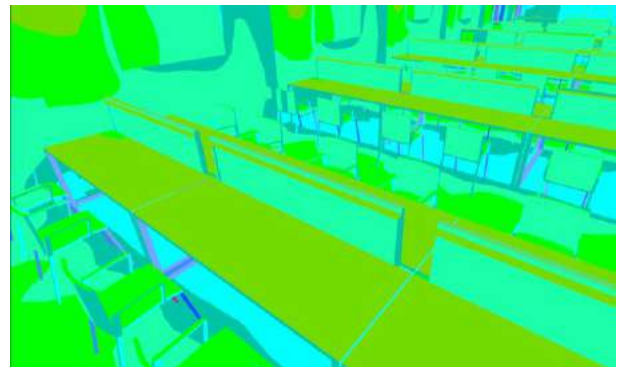
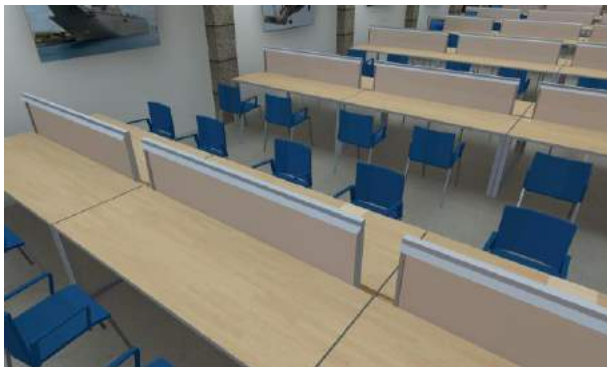


Figura 4-22 Vista renderizada de las mesas de la biblioteca (izquierda) y vista en colores falsos (derecha)

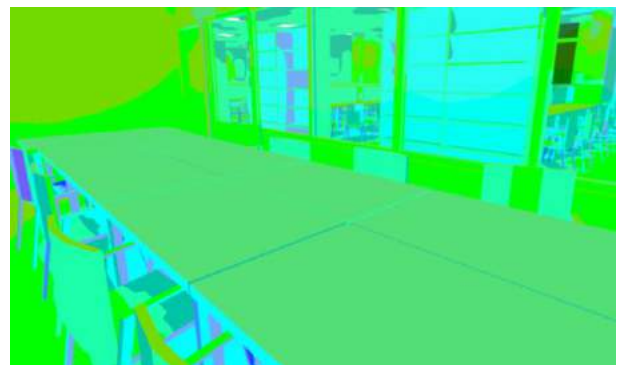
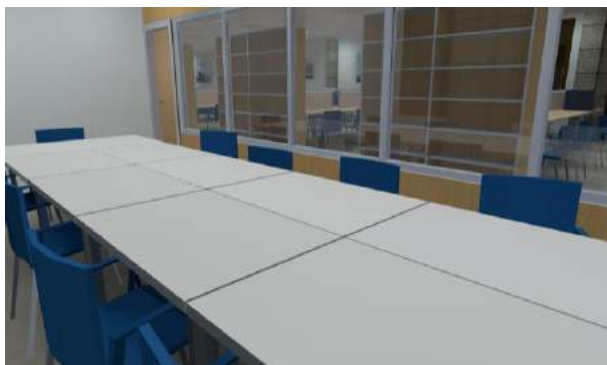


Figura 4-23 Vista renderizada de un seminario (izquierda) y vista en colores falsos (derecha)

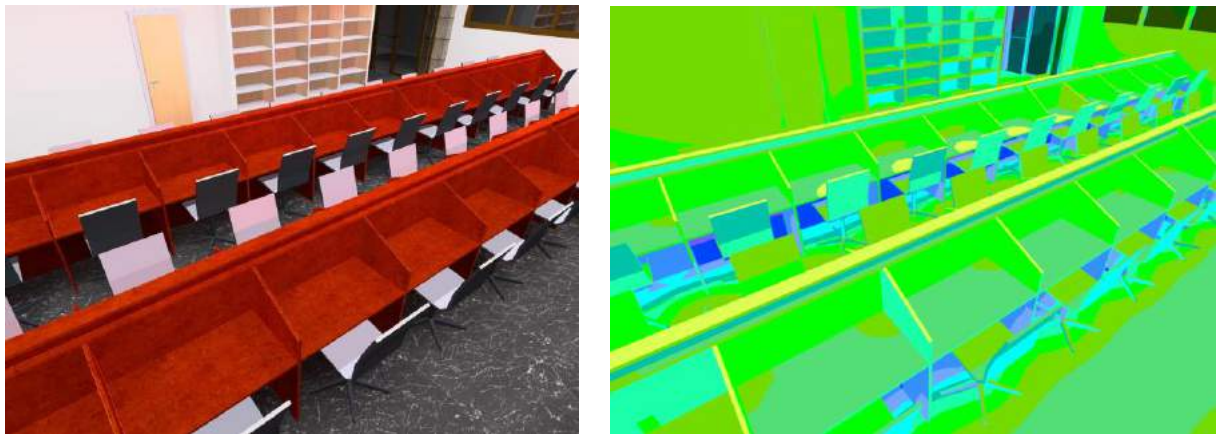


Figura 4-24 Vista renderizada del estudio (izquierda) y vista en colores falsos (derecha)

4.2.3 Estudio luminotécnico de la propuesta de Philips

4.2.3.1 Estudio básico del modelo

Al igual que se hizo con la instalación actual en el apartado 4.1.1, se procede ahora a realizar el estudio básico de la nueva instalación que, como ya se indicó, incluye los parámetros de iluminancia media mantenida y el VEEI recogidos en la norma UNE-EN 12464-1 y en el Código Básico del Ahorro Energético respectivamente. El cumplimiento de los requisitos de este último parámetro, el VEEI, en la instalación no era necesario al ser anterior la instalación a la norma. Sin embargo, al tratarse la nueva propuesta de una renovación de más del 25% de la instalación, los requisitos de VEEI recogidos en el Código Básico de Ahorro Energético son de obligado cumplimiento [41].

Zona de trabajo 1:			Simulación DIALux evo					
Núm.	Nombre	Área (m ²)	E _m (lux)	E _m lím. (lux)	Potencia (W)	VEEI	VEEI _{máx.}	Veredicto
1	Biblioteca	401,88	541,00	500	2756	1,27	5	CUMPLE
2	Estudio	76,84	633,00	500	792	1,63	5	CUMPLE
3	Despacho Bibliotecario	11,90	596,00	500	108	1,52	5	CUMPLE

Tabla 4-17 Valoración de parámetros luminotécnicos simulación de la ZT-1

Zona de trabajo 2:			Simulación DIALux evo					
Núm.	Nombre	Área (m ²)	E _m (lux)	E _m lím. (lux)	Potencia (W)	VEEI	VEEI _{máx.}	Veredicto
4	Seminario 1	10,40	946	750	144	1,46	5	CUMPLE
5	Seminario 2	9,78	1012	750	144	1,46	5	CUMPLE
6	Seminario 3	17,94	980	750	288	1,64	5	CUMPLE
7	Seminario 4	21,30	1015	750	360	1,67	5	CUMPLE
8	Seminario 5	33,17	897	750	360	1,21	5	CUMPLE

Tabla 4-18 Valoración de parámetros luminotécnicos simulación de la ZT-2

Zona de trabajo 3:			Simulación DIALux evo					
Núm.	Nombre	Área (m ²)	E _m (lux)	E _m lím. (lux)	Potencia (W)	VEEI	VEEI _{máx.}	Veredicto
9	Depósito 1	24,14	209	200	144	2,85	5	CUMPLE
10	Depósito 2	9,10	368	200	72	2,15	5	CUMPLE

Tabla 4-19 Valoración de parámetros luminotécnicos simulación de la ZT-3

Zona de trabajo 4:			Simulación DIALux evo					
Núm.	Nombre	Área (m ²)	E _m (lux)	E _m lím. (lux)	Potencia (W)	VEEI	VEEI _{máx.}	Veredicto
11	Reprografía	13,13	212	100	44	1,58	5	CUMPLE
12	Almacén	3,90	418	100	22	1,35	5	CUMPLE
13	Baño 1	10,04	266	100	44	1,65	5	CUMPLE
14	Baño 2	10,04	361	100	44	1,21	5	CUMPLE
15	Limpieza	3,90	418	100	22	1,35	5	CUMPLE
16	Mantenimiento	4,68	372	100	22	1,26	5	CUMPLE
17	Baño Damas	2,61	430	100	22	1,96	5	CUMPLE
18	Baño Caballeros	7,25	372	100	44	1,63	5	CUMPLE
19	Entrada	5,78	247	100	22	1,54	5	CUMPLE

Tabla 4-20 Valoración de parámetros luminotécnicos simulación de la ZT-4

Como se puede notar juzgando las tablas en este apartado, la nueva instalación propuesta cumpliría todos los requisitos básicos que se le exige a las nuevas instalaciones lumínicas. Cabe destacar que esta propuesta cumple sobradamente los requisitos de eficiencia energética debido, sobre todo, al gran rendimiento lm/W que ofrece la tecnología LED utilizada.

4.2.3.2 Estudio del espectro, Luz Azul Dañina y parpadeo

En la situación actual no se pueden analizar los parámetros que nombran este apartado ya que son valores que requieren una medición *in situ* y requeriría el acceso a luminaria física.

4.2.3.3 Deslumbramiento

El software DIALux evo proporciona automáticamente valores de UGR para los puntos seleccionados en el menú “Objetos de cálculo” (apartado 3.4.4) por lo que no se requiere el uso de la aplicación de MATLAB desarrollada en el apartado 3.2.8. El software representa dichos valores de una forma visual indicando si existe riesgo de deslumbramiento en los puntos especificados en la maqueta.

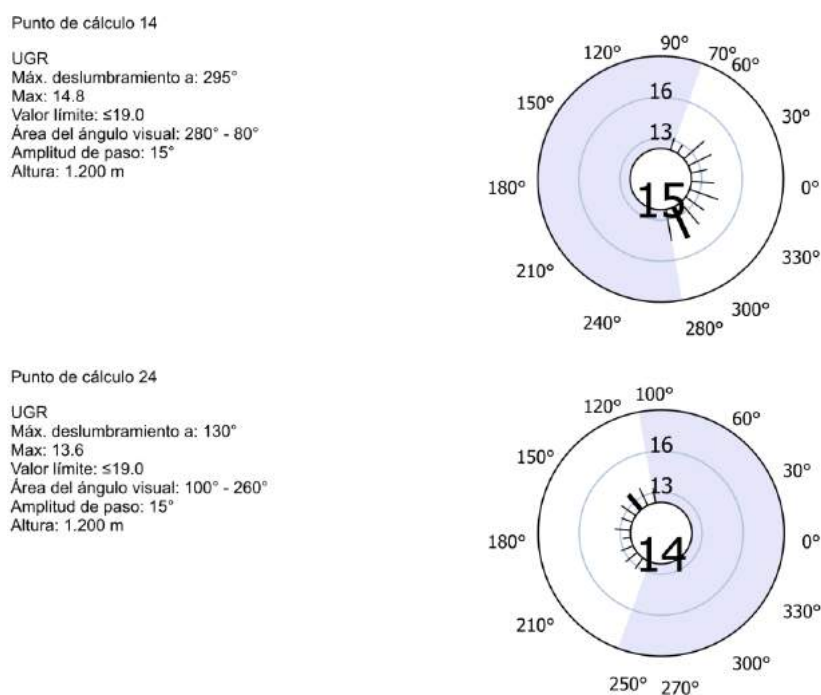


Figura 4-25 Formato de presentación de UGR de la propuesta Philips en DIALux evo

El formato de presentación (Figura 4-25) incluye, en la parte izquierda, la dirección en la que se produce el máximo deslumbramiento, el valor que adopta en esa dirección, el máximo permitido para el local (en el caso de la biblioteca, 19), el ángulo de campo visual del observador (que varía entre 280°-80° y 100°-260° en función de que parte de la mesa se esté estudiando), la amplitud de paso (que indica la separación entre las direcciones de visión en las que se realiza el cálculo) y por último, la altura a la que se calcula el UGR que, como ya se adelantó en el apartado 3.4.4.1, se establece en 1,2 metros de acuerdo con la media nacional [9].

En la parte derecha, se representa la estación estudiada como un anillo graduado con los valores más convenientes de UGR. En esta imagen se oscurece la zona ciega que no produce deslumbramiento y muestra, a través de barras, el valor del UGR en cada dirección resaltando con una barra más gruesa aquella dirección donde se produce el mayor deslumbramiento.

En la instalación con luminarias Philips propuesta no existe ningún punto en el que se dé riesgo de deslumbramiento. Los valores detallados de UGR calculados para esta simulación se pueden consultar en el informe adjuntado en el Anexo III.

4.2.3.4 Resultados

Sirva este apartado la mejor comprensión, así como a modo de resumen de los datos analizados en el estudio fotométrico llevado a cabo sobre la instalación propuesta en la biblioteca académica con luminarias Philips.

Los valores del estudio básico ofrecen unos resultados muy satisfactorios con una iluminancia media mantenida elevada y unos valores de VEEI muy bajos. Cabe destacar la eficiencia energética que conllevaría la instalación de esta propuesta si se compara con la actual.

En lo que refiere al deslumbramiento, los valores de UGR ofrecidos por la simulación del software DIALux evo suponen una mejora considerable respecto a la instalación actual además de pasar a cumplir la normativa vigente.

Por otro lado, al no tener acceso físico a las luminarias de la casa Philips, se hace imposible analizar los efectos de Luz Azul Dañina o *flickering*. Es por esto que se considera que el estudio luminotécnico de esta instalación queda incompleto hasta la realización de las pruebas pertinentes con las luminarias de Philips.

4.3 Estudio luminotécnico de la alternativa *Low Cost*

4.3.1 Estudio Básico

Como ya se ha explicó en apartados anteriores (3.2.4 y 4.2.3.1), se considera estudio básico aquel que incluye los parámetros de iluminancia media mantenida, uniformidad media y VEEI.

En este apartado se plasman los resultados del estudio definido en el apartado 3.5.2. Para su mejor comprensión, igual que anteriormente, se plasmarán estos resultados en tablas.

Zona de trabajo 1:			Simulación DIALux evo					
Núm.	Nombre	Área (m ²)	E _m (lux)	E _m lím. (lux)	Potencia (W)	VEEI	VEEI _{máx.}	Veredicto
1	Biblioteca	401,88	535,00	500	3136	1,46	5	CUMPLE
2	Estudio	76,84	603,00	500	792	1,71	5	CUMPLE
3	Despacho Bibliotecario	11,90	559,00	500	108	1,62	5	CUMPLE

Tabla 4-21 Valoración de los parámetros luminotécnicos simulación *Low Cost* ZT-1

Zona de trabajo 2:			Simulación DIALux evo					
Núm.	Nombre	Área (m ²)	E _m (lux)	E _m lím. (lux)	Potencia (W)	VEEI	VEEI _{máx.}	Veredicto
4	Seminario 1	10,40	865	750	144	1,60	5	CUMPLE
5	Seminario 2	9,78	937	750	144	1,57	5	CUMPLE
6	Seminario 3	17,94	909	750	288	1,77	5	CUMPLE
7	Seminario 4	21,30	933	750	360	1,81	5	CUMPLE
8	Seminario 5	33,17	849	750	360	1,28	5	CUMPLE

Tabla 4-22 Valoración de los parámetros luminotécnicos simulación *Low Cost* ZT-2

Zona de trabajo 3:			Simulación DIALux evo					
Núm.	Nombre	Área (m ²)	E _m (lux)	E _m lím. (lux)	Potencia (W)	VEEI	VEEI _{máx.}	Veredicto
9	Depósito 1	24,14	216	200	144	2,76	5	CUMPLE
10	Depósito 2	9,10	342	200	72	2,31	5	CUMPLE

Tabla 4-23 Valoración de los parámetros luminotécnicos simulación *Low Cost* ZT-3

Zona de trabajo 4:			Simulación DIALux evo					
Núm.	Nombre	Área (m ²)	E _m (lux)	E _m lím. (lux)		VEEI	VEEI _{máx.}	Veredicto
11	Reprografía	13,13	145	100	44	2,31	5	CUMPLE
12	Almacén	3,90	292	100	22	1,93	5	CUMPLE
13	Baño 1	10,04	254	100	66	2,59	5	CUMPLE
14	Baño 2	10,04	251	100	44	1,75	5	CUMPLE
15	Limpieza	3,90	280	100	22	2,01	5	CUMPLE
16	Mantenimiento	4,68	261	100	22	1,80	5	CUMPLE
17	Baño Damas	2,61	285	100	22	2,96	5	CUMPLE
18	Baño Caballeros	7,25	222	100	44	2,73	5	CUMPLE
19	Entrada	5,78	197	100	22	1,93	5	CUMPLE

Tabla 4-24 Valoración de los parámetros luminotécnicos simulación *Low Cost* ZT-4

Como se puede constatar en las tablas del presente apartado, la alternativa *Low Cost* cumpliría todos los requisitos establecidos en las normas mencionadas. Además, las diferencias que puede presentar con la propuesta de Philips son mínimas.

4.3.2 Espectro

A lo largo de este apartado se analizarán los aspectos de las luminarias *Low Cost* referentes a su espectro de radiación.

4.3.2.1 Espectro del panel LDV Lighting

Cuando se analiza bajo el MK350S PREMIUM, el panel LED de LDV Lighting muestra un espectro característico de luminarias LED con un pequeño pico en el intervalo de 420-460 nm, para seguir con un valle entre 460-500 nm y subir de nuevo en tonalidades verdes y amarillos entre 540-620 nm (Figura 4-26). La adición de los diferentes picos da un color blanco ligeramente desplazado hacia los amarillos o rojos como es propio de las luminarias con temperatura de color alrededor de los 4000-45000 K.

Es fácil predecir que esta luminaria tendrá un nivel de renderizado de los rojos menor, ya que para anchos de banda altos (más de 460 nm) se radia muy poca energía. Esto dificulta la fidelización de los colores rojo y desemboca en un bajo valor de R₉.

A diferencia de lo visto con la instalación actual, las luminarias LED poseen un espectro más continuo sin el exceso de picos observado en la tecnología fluorescente. Esto se debe, básicamente, a diferente tecnología utilizada para originar luz.



Figura 4-26 Análisis del espectro del panel LDV Lighting (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM)

El análisis de IRC (Figura 4-27) ofrece resultados bastante parecidos a los encontrados en las luminarias basadas en lámparas fluorescente: un IRC por encima de 80 y una pobre renderización de los rojos.



Figura 4-27 Análisis del IRC del panel LDV Lighting (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM)

En cuanto al espectro analizado, se concluye que la luminaria de LDV Lighting efectivamente emite el espectro de luz propio de una luminaria LED y, además, cumple con la normativa vigente respecto al renderizado de color para su uso en bibliotecas.

4.3.2.2 Espectro del *downlight* de LDV Lighting

El espectro del *downlight*, analizado con el MK350S PREMIUM (Figura 4-28), muestra gran similitud con el propio del panel visto en el anterior apartado. Esto es debido al uso de la misma tecnología en ambos casos.

Por otro lado, el hecho que ambas luminarias compartan un espectro tan similar proporciona un extra de continuidad lumínica a lo largo de locales en los que se usan ambas, como es el caso de la sala central de la biblioteca.



Figura 4-28 Análisis del espectro del *downlight* LDV Lighting (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM)

Pasando ahora al IRC, los valores vuelven a mostrar bastante similitud con el panel de LDV Lighting. El índice de reproducción cromática muestra el valor de 81,4, superando los 80 exigidos. Además, como viene siendo reiterado en este estudio, el valor referente al renderizado del color rojo vuelva a ser el más bajo.



Figura 4-29 Análisis del IRC del *downlight* LDV Lighting (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM)

Con los datos ofrecidos, se concluye que el *downlight* de LDV Lighting cumpliría la normativa vigente que exige un IRC mayor de 80.

4.3.3 Luz Azul Dañina

En el presente apartado se estudiarán los resultados ofrecidos del estudio de Luz Azul Dañina de la propuesta de bajo coste.

4.3.3.1 Luz Azul Dañina del panel LDV Lighting

A primera vista, puede parecer que el espectro del panel de LDV Lighting va a llevar asociado un alto riesgo de Luz Azul Dañina debido a su notable pico de radiación azul que se observa en la Figura 4-30. Todo lo contrario, si presta más atención, se puede apreciar (en la misma figura) que el pico de intensidad lo presenta en longitudes de onda próximas a los 450 nm, evitando las longitudes de onda menores y, por lo tanto, la Luz Azul Dañina.

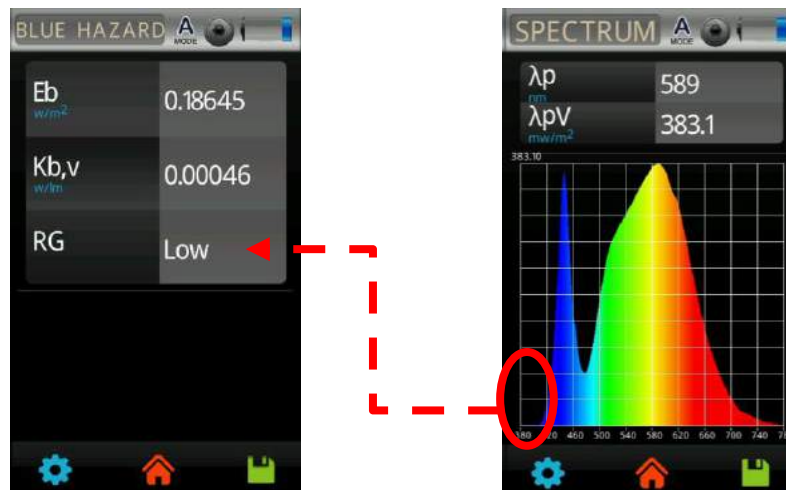


Figura 4-30 Análisis de Luz Azul Dañina del panel LDV Lighting (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM)

Bajo los criterios de la norma seguida en el estudio [14], se engloba al panel LED de LDV Lighting dentro del grupo de bajo riesgo de Luz Azul Dañina. Esto permitiría una exposición a la luz de hasta 2,6 horas, siendo esto aceptable en el entorno de trabajo estudiado.

4.3.3.2 Análisis de Luz Azul Dañina del downlight LDV Lighting

Los resultados ofrecidos por este análisis vuelven a guardar gran similitud con los realizados al panel LED. Como se puede ver claramente en la Figura 4-31, se repite el pico de Luz Azul. Sin embargo, este máximo no se encuentra dentro del intervalo definido como Luz Azul Dañina, por lo que no supone un excesivo riesgo.

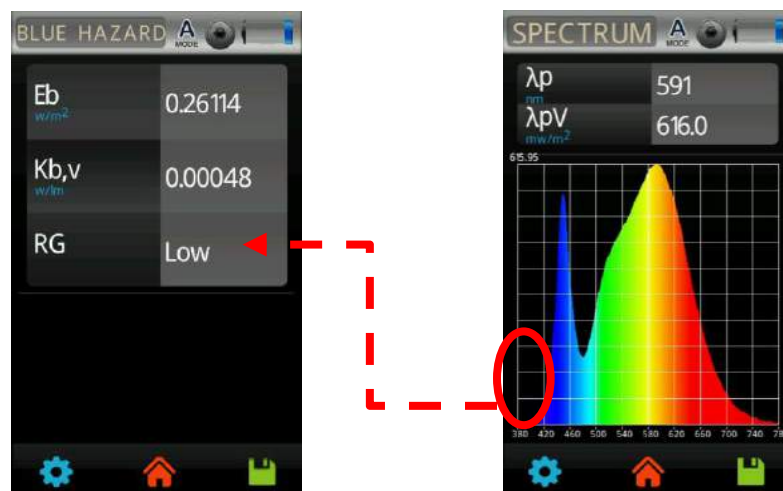


Figura 4-31 Análisis de Luz Azul Dañina del downlight LDV Lighting (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM)

Al igual que la anterior luminaria de LDV Lighting, el *downlight* se clasifica dentro del grupo de bajo riesgo por Luz Azul Dañina, permitiendo tiempos de exposición de hasta 2,6 horas. Se concluye pues que el *downlight* cumpliría con los requisitos de protección contra la Luz Azul Dañina recomendados por la IEC [14].

4.3.4 Parpadeo

En el presente apartado se desarrollarán los resultados obtenidos en el análisis del *flicker* de las luminarias *Low Cost* de LDV Lighting.

4.3.4.1 Parpadeo del panel de LDV Lighting

El panel de LDV Lighting muestra valores inusuales para tratarse de una luminaria que utiliza tecnología LED. Como puede verse en la Figura 4-32, la luminaria parpadea a 100 Hz, igual que los tubos fluorescentes de la instalación actual. Esto se debe a que el *driver* utilizado debe ser de baja calidad, algo que explicaría su bajo precio. Este valor junto con el elevado porcentaje de parpadeo (46,75 %) denotan una luminaria de baja calidad en cuanto al *flickering* se refiere.



Figura 4-32 Análisis del parpadeo del panel de LDV Lighting (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM)

Accediendo con estos valores en la gráfica facilitada por la IEEE se observa cómo la luminaria se sitúa dentro de la zona de peligro por parpadeo. Este problema no es difícil de solucionar, simplemente sería necesario cambiar el controlador del panel y utilizar uno de mayor calidad, aumentando con ello la frecuencia de parpadeo y, por tanto, situando a la luminaria en de la zona de no efecto del parpadeo.

Aun así, si se instala la luminaria sin modificar, originaría problemas de *flicker* con sus respectivos efectos negativos sobre la salud en aquellos expuestos a ella. Es por esto que se concluye que el panel LDV Lighting no es apto para su uso en la instalación de bajo coste de la biblioteca académica.

4.3.4.2 Parpadeo downlight de LDV Lighting



Figura 4-33 Análisis del parpadeo del *downlight* de LDV Lighting (realizado con el espectrómetro MK350S PREMIUM)

A diferencia de lo visto con el panel de LDV Lighting, como se puede ver en la Figura 4-33, el *downlight* de LDV Lighting cuenta con una elevada frecuencia y un reducido porcentaje de parpadeo.

Esto se debe a un *driver* de mejor calidad y tecnología más moderna que recurre a condensadores para reducir drásticamente el riesgo de parpadeo originado por la corriente alterna de la instalación.

Con estas ventajosas características, se puede catalogar el *downlight* de LDV Lighting como luminaria *flicker-free*, calificación que reciben aquellas luminarias que no generan ningún riesgo por efecto del parpadeo de sus lámparas. Es por esto por lo que se concluye que la luminaria es apta para su uso en los habitáculos que forman la biblioteca académica “Gabriel Císcar y Císcar”.

4.3.5 Deslumbramiento

Los resultados del riesgo de deslumbramiento se presentan de la misma forma que la explicada en el apartado 4.1.5 (Figura 4-34). Al comparar los resultados de ambas simulaciones, se observa que la propuesta *Low Cost* presenta valores de deslumbramiento mayores que la equivalente de Philips. No obstante, estos valores máximos permanecen dentro de los valores exigidos por la norma, por lo que son totalmente aceptables.

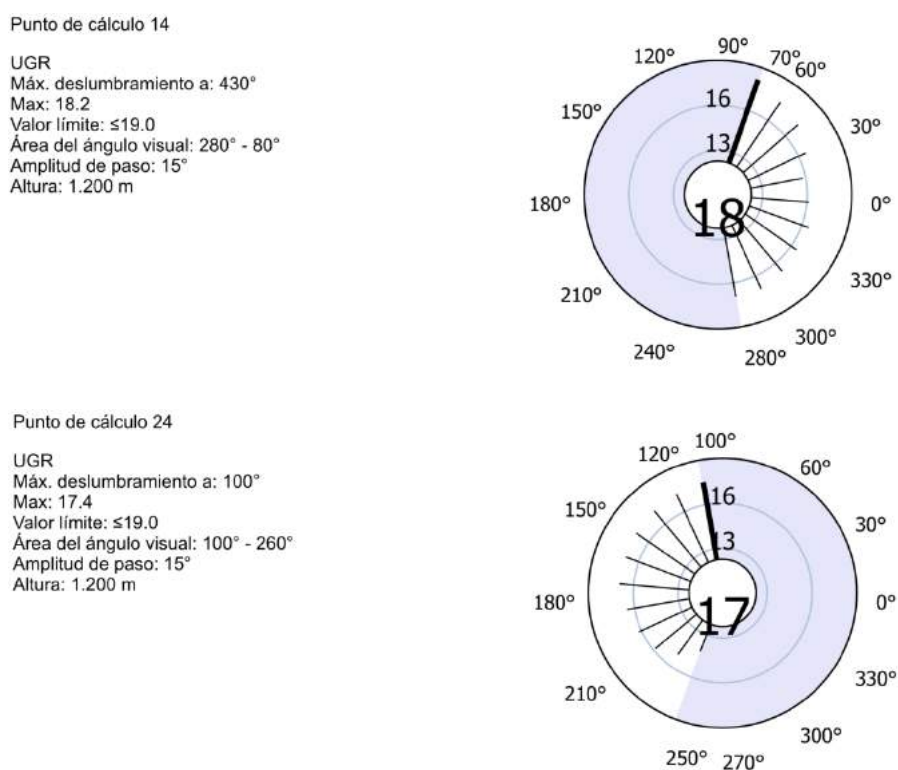


Figura 4-34 Formato de presentación de UGR de la propuesta *Low Cost* en DIALux evo

Los resultados completos de deslumbramientos referentes a la simulación de la instalación *Low Cost* se pueden consultar en el Anexo IV, en el que se puede comprobar que no existe riesgo de deslumbramiento en la biblioteca académica “Gabriel Císcar y Císcar”

4.3.6 Resultados

A la luz de la información recogida de la simulación con el software DIALux evo y de la comprobación *in situ* de las luminarias *Low Cost*, se elabora este apartado en el que se resumen los datos obtenidos.

En primer lugar, el estudio básico de la instalación que incluye los valores de uniformidad media mantenida y VEEI ofrece unos resultados positivos. Todos los locales de la biblioteca estudiada cumplen con los requisitos mínimos exigidos por la norma. Cabe destacar en este aspecto los

excelentes resultados obtenidos en el cálculo del VEEI debiéndose esto a la gran eficiencia energética ofrecida por la tecnología LED.

El espectro analizado de las luminarias indica una radiación de color blanco neutro que favorece los entornos de trabajo y con un índice de renderizado cromático dentro de las exigencias, lo que asegura una buena fidelización de color.

Por otro lado, referente también al espectro, las luminarias propuestas no inducen riesgo referente a la emisión de Luz Azul Dañina.

En otro cariz, los resultados del estudio del parpadeo no son tan halagüeños. Mientras que el *downlight* ofrece una frecuencia de parpadeo que lo sitúa en la zona de no riesgo, no ocurre lo mismo con el panel que, por su baja frecuencia de parpadeo, se sitúa dentro de la zona de riesgo.

Luminaria	IRC		Riesgo de Luz Azul Dañina	Riesgo de parpadeo	Cumple
	Medido	Mínimo			
Panel	80,9	80	Bajo	Zona de Riesgo	NO
<i>Downlight</i>	81,4	80	Bajo	Sin Riesgo	SI

Tabla 4-25 Resumen estudio de la propuesta *Low Cost*

Por último, los valores de deslumbramiento caracterizados a partir del parámetro UGR cumplen con los requisitos establecidos por la norma para una biblioteca como puede comprobarse si se consulta el informe adjuntado en el Anexo IV.

4.3.7 Validación

En este apartado se reflejan los datos y resultados obtenidos en el punto 3.5.3 de la presente memoria. Se compararán los valores obtenidos en la medición de iluminancia en el aula 41 con el resultado de la simulación de DIALux evo sobre una misma malla de puntos.

4.3.7.1 Validación del panel LDV Lighting

En la Tabla 4-26 pueden comprobarse los resultados de las mediciones en el aula 41.

Panel LDV Lighting															
Tanda	Luminancia en malla de puntos (lux)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	65,8	77,0	81,8	80,4	69,0	73,2	82,6	85,2	80,9	68,8	55,5	65,7	74,4	71,9	59,9
2	66,7	77,1	83,4	79,5	68,8	71,6	83,5	85,3	79,3	69,2	56,2	65,7	74,0	71,8	61,7
3	66,2	75,6	82,3	78,6	70,3	72,1	83,9	87,2	81,0	69,1	56,5	65,7	74,6	72,6	61,4
4	66,8	76,5	83,4	79,2	68,7	71,6	82,5	85,4	80,9	69,7	57,0	65,6	75,0	71,5	60,0
5	66,5	76,6	81,9	79,7	69,5	73,1	83,0	86,6	80,5	68,8	56,6	66,4	74,3	71,6	60,8
6	65,8	75,4	82,8	78,4	69,3	72,3	83,3	86,4	80,7	68,7	56,5	65,3	74,9	71,6	60,8
7	66,2	76,6	83,2	79,4	68,7	73,3	82,2	85,4	80,8	68,8	56,3	67,0	74,1	72,4	60,9
8	67,6	77,3	83,8	80,4	70,4	73,3	83,9	87,2	81,3	70,4	57,2	67,1	75,6	73,2	61,9
9	65,9	76,9	83,8	79,9	69,1	72,5	82,3	86,8	80,2	68,7	55,3	66,4	73,9	72,6	60,1
10	66,8	77,2	82,1	78,4	68,5	72,1	83,6	85,5	80,4	68,7	56,2	65,2	75,3	71,9	61,8
Media	66,4	76,6	82,9	79,4	69,2	72,5	83,1	86,1	80,6	69,1	56,3	66,0	74,6	72,1	60,9

Tabla 4-26 Mediciones del panel LDV Lighting realizadas sobre la malla de puntos del aula 41

En dicha tabla se observan valores similares para las distintas tandas. No obstante, es cierto que existen algunos valores dispares que pueden llegar a los 2 luxes de diferencia. Esto puede haber sido

debido a diferentes factores como pueden ser: la precisión del propio luxómetro, pequeñas diferencias entre el aula simulada y la real, la presencia del medidor en el aula u otros factores aleatorios. Es para evitar estos errores para lo que se recurre a 10 tandas. Por otro lado, se realiza la simulación utilizando el software DIALux evo en el que se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 4-27.

Panel LDV Lighting (DIALux evo)															
	Luminancia en malla de puntos (lux)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Simulación DIALux evo (lux)	63	74	81	80	70	75	85	87	79	66	56	65	70	69	62

Tabla 4-27 Mediciones del panel LDV Lighting realizadas sobre la malla de puntos en DIALux evo

Con los resultados de ambas pruebas se pasa ahora a compararlas en la Tabla 4-28 donde se calculan los errores absolutos y relativos.

Comparación de resultados panel LDV Lighting															
	Luminancia en malla de puntos (lux)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Valor medido	66,4	76,6	82,9	79,4	69,2	72,5	83,1	86,1	80,6	69,1	56,3	66,0	74,6	72,1	60,9
Valor DIALux	63	74	81	80	70	75	85	87	79	66	56	65	70	69	62
Error absoluto	3,43	2,62	1,85	0,61	0,77	2,49	1,92	0,90	1,60	3,09	0,33	1,01	4,61	3,11	1,07
Error relativo	5,2%	3,4%	2,2%	0,8%	1,1%	3,4%	2,3%	1,0%	2,0%	4,5%	0,6%	1,5%	6,2%	4,3%	1,8%

Tabla 4-28 Comparación de resultados panel LDV Lighting

Los resultados muestran errores menores que varían entre 0,33 para el punto 11 de la malla y 4,61 para el 13. Esto conduce a unos errores relativos que alcanzan el 6,2 % que puede considerarse aceptable si se tiene en cuenta el margen de error del luxómetro de ± 5 %. Esto lleva a concluir afirmando que el archivo .ies del panel es válido y puede ser usado eficazmente para la realización de simulaciones utilizando el software DIALux evo o cualquier otro software BIM2BEM de iluminación

4.3.7.2 Validación del downlight de LDV Lighting

Se procede ahora a reflejar los resultados obtenidos de las mediciones llevadas a cabo en el aula 41 para el *downlight* de LDV Lighting que se pueden consultar en la Tabla 4-29.

Downlight LDV Lighting															
Tanda	Luminancia en malla de puntos (lux)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	36,9	40,0	38,1	31,0	26,7	28,2	36,7	37,4	40,6	38,4	32,6	34,7	33,5	29,9	25,5
2	35,7	39,7	39,2	32,4	26,8	30,0	36,7	38,7	40,7	38,6	32,0	32,9	32,4	29,9	24,6
3	36,6	40,0	38,7	31,0	27,6	29,2	36,1	38,2	41,3	38,4	31,4	33,2	32,5	30,4	24,8
4	37,2	41,3	40,1	32,8	28,5	30,1	36,8	39,3	42,5	39,0	33,2	34,7	33,9	31,0	25,8
5	36,2	40,6	38,9	30,9	27,0	28,4	36,5	38,0	40,7	38,9	31,2	33,2	33,6	31,0	24,7
6	36,3	40,4	39,7	32,6	27,7	29,5	35,8	37,3	42,5	38,0	32,8	34,7	32,9	30,4	24,3
7	36,3	39,3	39,4	30,8	27,7	28,9	35,9	37,7	41,9	38,8	32,4	34,5	33,7	29,0	25,2
8	35,3	41,1	39,0	32,4	28,2	28,6	36,7	38,6	42,0	38,7	32,5	34,2	33,6	29,5	25,4
9	36,5	40,9	40,1	30,9	27,8	29,6	35,3	39,1	41,8	38,6	31,6	33,9	33,0	29,8	24,5
10	36,4	39,4	38,1	32,5	26,7	28,2	35,1	37,6	40,5	38,8	33,2	34,3	32,8	30,0	24,3
Media	36,3	40,3	39,1	31,7	27,5	29,1	36,2	38,2	41,5	38,6	32,3	34,0	33,2	30,1	24,9

Tabla 4-29 Mediciones del *downlight* LDV Lighting realizadas sobre la malla de puntos del aula 41

Estos se llevaron a cabo a lo largo de 10 tandas como se hizo con el panel y se han recogido de la misma manera en la Tabla 4-29, en la que se ha añadido la media resultante de todas las tandas para cada punto. De la misma manera que antes, a lo largo de la medición de los 15 puntos se han podido dar errores de diferente índole. Es por esto por lo que se recurre a la medición en 10 tandas intentando reducirlos al máximo.

Siguiendo la misma metodología, se reflejan los resultados de la medición sobre la malla de la simulación con DIALux evo en la Tabla 4-30.

Downlight LDV Lighting (DIALux evo)															
	Luminancia en malla de puntos (lux)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Simulación DIALux evo (lux)	36	40	39	34	27	29	36	42	42	38	31	34	33	30	24

Tabla 4-30 Mediciones del *downlight* LDV Lighting realizadas sobre la malla de puntos en DIALux evo

Llegado este punto, es momento de comparar los resultados y comprobar los errores absolutos y relativos cometidos. Estos vienen reflejados en la Tabla 4-31.

Comparación de resultados <i>downlight</i> LDV Lighting															
	Luminancia en malla de puntos (lux)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Valor medido	36,3	40,3	39,1	31,7	27,5	29,1	36,2	38,2	41,5	38,6	32,3	34,0	33,2	30,1	24,9
Valor DIALux evo	36	40	39	34	27	29	36	42	42	38	31	34	33	30	24
Error absoluto	0,34	0,27	0,13	2,27	0,47	0,07	0,16	3,81	0,55	0,62	1,29	0,03	0,19	0,09	0,91
Error relativo	0,9%	0,7%	0,3%	7,2%	1,7%	0,2%	0,4%	10,0%	1,3%	1,6%	4,0%	0,1%	0,6%	0,3%	3,7%

Tabla 4-31 Comparación de resultados *downlight* LDV Lighting

Si se comparan con los de la luminaria anterior, los errores obtenidos de la comparación de datos de iluminancia del *downlight* parecen menores y más constantes. Sin embargo, son dignos de mención los puntos 4 y 8 que muestran unos errores relativos de 7,2 % y 10,0 % respectivamente. Este dato puede parecer alarmante, pero atendiendo ahora a los errores absolutos correspondientes se observa que marcan 2,27 y 3,81 luxes respectivamente. Esto lleva a restar importancia al error relativo.

Ante los datos arriba reflejados, se concluye confirmando la validación del archivo .ies ofrecido por Beldeus permitiendo así su utilización a lo largo de la simulación de la iluminación.

4.4 Estudio amortización

Con el fin de estudiar la viabilidad de las instalaciones propuestas se realiza un estudio de amortización de las instalaciones en el que se calculará el punto de amortización siguiendo los parámetros del apartado 3.6 de la presente memoria.

4.4.1 Cálculos

No todas las zonas de trabajo utilizan las luminarias con la misma frecuencia, así que se calcula una media ponderada del uso diaria de las luminarias en función del número de ellas en los locales estudiados, cálculo que se muestra en la Tabla 4-32.

Zona de trabajo	Horas iluminación diarias (h/día)
1	9
2	0,714
3	0,04
4	1,439
Media Ponderada:	5,243

Tabla 4-32 Cálculo de la media de horas de funcionamiento

Con este dato y teniendo en cuenta que una luminaria LED llega a las 50.000 horas de vida útil [54] [55], se puede estimar el ciclo de recambio de las instalaciones LED propuestas. Este cálculo lleva a un ciclo de recambio de 26 años. Transcurrido este periodo, se estima que sea necesaria la sustitución de las luminarias propuestas.

Las luminarias fluorescentes tienen una vida útil menor que puede alcanzar las 8.000 horas, lo que llevaría a un tiempo de ciclo de 4,2 años. Por lo que, si se mantiene la instalación actual, serían necesarios 6 recambios completos de las luminarias instaladas para alcanzar el ciclo de vida de las LED, con su respectivo coste de reposición. El cálculo del coste de reposición se calcula en la Tabla 4-33.

Modelo	Nº unidades	Coste unitario (€/ud)	Coste recambio (€)
Tubos LIFEMAX	376	1,90 €	714,40 €
Tubo Compacto OSRAM	46	1,89 €	86,94 €
Tubos MASTER	8	4,06 €	32,48 €
TOTAL	430	-	833,82 €

Tabla 4-33 Cálculo del coste de reposición de la instalación actual

Manteniendo la instalación actual, a lo largo de 26 años serían necesarios 6 reposiciones completas, suponiendo un coste total de 5002,9 € que se prorratan a 200,1 € anuales. Es necesario comparar este precio con el de la inversión inicial de las instalaciones propuestas. Para ambas propuestas se añade un descuento del 30% que es con el que se suele trabajar en esta industria cuando se proveen luminarias al por mayor. Los costos relacionados con el desembolso inicial de las propuestas se reflejan en la

Costes de Adquisición	Instalación Philips		Instalación "Low Cost"	
	RC128V W62L62	DN131B D217	606040BNW	202400NW
Nº unidades	124	45	124	45
PVP (€)	129,00 €	100,00 €	24,71 €	10,66 €
Precio/Ud (€/ud)	90,30 €	70,00 €	17,30 €	7,46 €
Precio TOTAL	11.197,20 €	3.150,00 €	2.144,83 €	335,79 €
Precio INSTALACIÓN	14.347,20 €		2.480,62 €	

Tabla 4-34 Costes de adquisición instalaciones propuestas

Constatados ya los costos de reposición de luminarias de la instalación actual y los de adquisición de una nueva, se pasa ahora a calcular la diferencia en el consumo energético y su respectivo ahorro económico. Para esto se coge como valor del kWh el vigente en la Escuela Naval Militar a la fecha de la elaboración de este proyecto 0,14€/kWh. Para el cálculo futuro se supone una inflación anual en el precio de la electricidad del 3% como marca el histórico.

El consumo energético de las instalaciones tanto actual como proyectivas se puede consultar de forma sencilla en la Tabla 4-35. Cabe destacar que el software DIALux evo ofrece directamente los

valores de consumo de la instalación, por lo que se omiten los consumos por zonas de trabajo y se incluye directamente el consumo total previsto.

		Inst. Actual	Inst. Philips	Inst. "Low Cost"
Zona de trabajo	Luminarias	Consumo (kWh/día)	Consumo (kWh/día)	Consumo (kWh/día)
1	73	56,7	Calculado con DIALux evo	
2	14	0,76		
3	27	0,02		
4	18	0,92		
TOTAL diario		58,40	27,62	30,36

Tabla 4-35 Calculo del consumo energético diario

4.4.2 Punto de amortización

Ahora que se conoce el precio prorrateado de la reposición periódica de luminarias de la instalación actual, la inversión inicial de ambas propuestas y el consumo energético diario de las tres instalaciones; se pasa a calcular los costos acumulados asociados a cada instalación a lo largo de los 26 años previstos de vida útil de las propuestas LED.

Año	Inst. Actual (€)	Inst. Philips (€)	Inst. "Low Cost"
0	0,00 €	14.347,20 €	2.480,62 €
1	3.059,02 €	15.699,31 €	3.966,86 €
2	6.203,81 €	17.091,97 €	5.497,68 €
3	9.436,94 €	18.526,42 €	7.074,43 €
4	12.761,06 €	20.003,90 €	8.698,49 €
5	16.178,89 €	21.525,71 €	10.371,26 €
6	19.693,27 €	23.093,17 €	12.094,22 €
7	23.307,06 €	24.707,65 €	13.868,86 €
8	27.023,27 €	26.370,57 €	15.696,75 €
9	30.844,96 €	28.083,38 €	17.579,47 €
10	34.775,30 €	29.847,57 €	19.518,68 €
11	38.817,55 €	31.664,69 €	21.516,06 €
12	42.975,06 €	33.536,31 €	23.573,36 €
13	47.251,29 €	35.464,09 €	25.692,38 €
14	51.649,80 €	37.449,71 €	27.874,97 €
15	56.174,27 €	39.494,89 €	30.123,04 €
16	60.828,46 €	41.601,42 €	32.438,55 €
17	65.616,28 €	43.771,15 €	34.823,53 €
18	70.541,73 €	46.005,98 €	37.280,06 €
19	75.608,94 €	48.307,84 €	39.810,28 €
20	80.822,16 €	50.678,77 €	42.416,41 €
21	86.185,78 €	53.120,82 €	45.100,72 €
22	91.704,30 €	55.636,14 €	47.865,56 €
23	97.382,37 €	58.226,91 €	50.713,35 €
24	103.224,79 €	60.895,40 €	53.646,57 €
25	109.236,47 €	63.643,96 €	56.667,78 €
26	115.422,49 €	66.474,96 €	59.779,64 €

Tabla 4-36 Precio acumulado de las instalaciones

Como se puede extraer de la Tabla 4-36, ambas propuestas LED supondrían un importante beneficio a largo plazo. La propuesta Philips, que requiere de una considerable inversión inicial, reportaría un ahorro de 48.947,53 € en 25 años. El ahorro es también considerable en la propuesta *Low Cost* que llega al máximo de 55.642,85 €.

Como resulta evidente, ambas propuestas suponen un notable ahorro económico: un 42,41 % en el primer caso y 48,21 % en el segundo. Esto sin contar con el ahorro energético de 11.260,48 kWh y 10.251,42 kWh anuales respectivamente con sus evidentes ventajas medioambientales y relacionadas con la eficiencia energética y la imagen de marca que supondría para la Armada su exigente compromiso con el medio ambiente.

Por último, se decide calcular el punto de amortización de ambas instalaciones. Este cálculo da como resultado el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial como fruto del ahorro derivado del menor consumo energético y de la menor frecuencia de remplazo de luminarias cuya vida útil ha acabado.

Para esto se obtienen las ecuaciones características de cada una de las curvas de coste acumulado y se obtiene su punto de intersección a través de la resolución de un sistema de ecuaciones.

$$\begin{cases} y = 61,832 \cdot x^2 + 2795,2 \cdot x + 451,82 \\ y = 29,243 \cdot x^2 + 1227,3 \cdot x + 14561 \end{cases} \rightarrow x = 7,7 \text{ años}$$

Ecuación 4-1 Punto de amortización instalación Philips

$$\begin{cases} y = 61,832 \cdot x^2 + 2795,2 \cdot x + 451,82 \\ y = 32,144 \cdot x^2 + 1349,1 \cdot x + 2715,5 \end{cases} \rightarrow x = 1,5 \text{ años}$$

Ecuación 4-2 Punto de amortización instalación *Low Cost*

A raíz de los resultados obtenidos de la Ecuación 4-1 y la Ecuación 4-2, cabe destacar la velocidad con la que ambas propuestas alcanzan el punto de amortización, llegando la primera al año y medio (habiendo alcanzado el 5,7 % de su vida útil) y la segundo, a los 7 años y medio (al 28.8 % de su vida útil). En la Figura 4-35 pueden verse de manera gráfica los puntos de amortización.

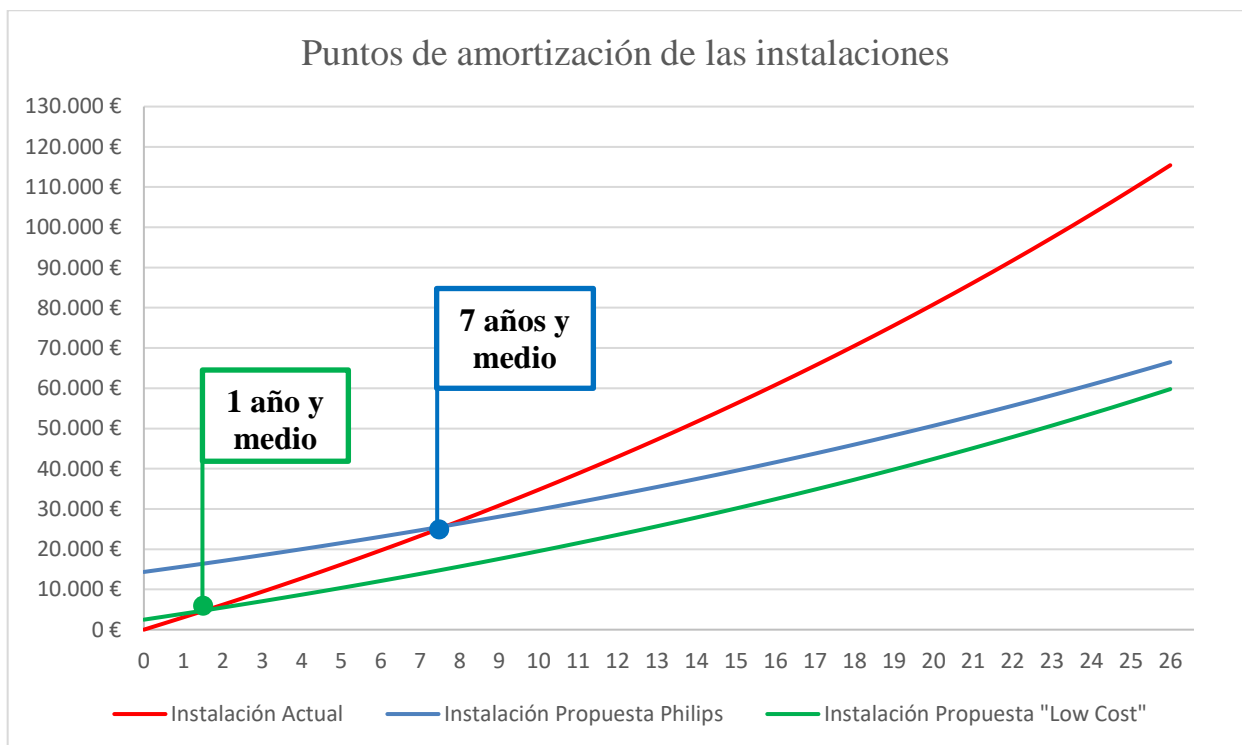


Figura 4-35 Gráfica del punto de amortización de las instalaciones

A la larga, se observa que la diferencia de ahorro que supone la instalación *Low Cost* con respecto a la Philips no es tan alta como la que se podría haber esperado juzgando la inversión inicial. La diferencia de 11.866,58 € que se da en la inversión inicial pasa a ser de 6.695,32 € al ocajo de la vida útil de las luminarias. Por lo que, el ahorro inicial que supone la instalación de la propuesta *Low Cost* del 82,71 % sobre la Philips pasa a ser, a lo largo de los 25 años, una diferencia del 10%.

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

5.1 Descripción

Como termino de este trabajo, en el presente apartado se detallarán las conclusiones obtenidas en el mismo, así como las ideas que surgen de él. Con este fin, en el primer apartado se aclararán las ideas desarrolladas en los diferentes puntos en los que se ha dividido el trabajo. Por otro lado, en el segundo apartado, se concretarán las conclusiones y razonamientos finales frutos del conjunto del trabajo.

Por último, en el ocaso de estas páginas, se establecerán unas líneas futuras pensadas a encaminar futuros proyectos que puedan surgir como consecuencia del presente.

5.2 Conclusiones

5.2.1 Conclusiones previas

El comienzo del trabajo se remonta al trabajo de campo llevado a cabo en la biblioteca académica “Gabriel Císcar y Císcar” con la toma de dimensiones de los habitáculos para la maqueta tridimensional y las mediciones lumínicas para el posterior análisis luminotécnico. Al laborioso trabajo de toma de mediciones se le unió la complicación de horario, ya que era necesaria realizar las citadas mediciones lumínicas durante la noche (para no verse afectadas por la luz solar) y con la biblioteca vacía en la medida de lo posible (para evitar posibles alteraciones).

Los resultados obtenidos del estudio luminotécnico ofrecieron la preocupante situación lumínica a la que se enfrentan los usuarios de la biblioteca.

Por un lado, solo 6 de los 19 locales estudiados cumplen los requisitos de iluminancia media mantenida mínima (ninguno de ellos los habituales de estudio o trabajo). Esto es debido en gran medida al bajo flujo lumínico entregado por las luminarias, así como su pobre distribución que no casa con la del mobiliario.

Continuando con los parámetros estudiados, los bajos niveles de IRC que brindan dos de las tres luminarias pueden dificultar aquellos trabajos que requieran de una decente fidelidad del color, aunque esto no suponga un gran efecto en las actividades desarrolladas en la presente biblioteca.

Otro factor analizado, el riesgo de Luz Azul, ofrece la situación de riesgo por efecto de la Luz Azul Dañina encontrada en la biblioteca. Este riesgo debe en gran medida a la tecnología fluorescente que irradia energía lumínica en determinadas longitudes de onda consideradas dañinas para el ojo humano.

Acabando con los factores, el parpadeo es otro de ellos que puede afectar negativamente a la salud de los usuarios. La baja frecuencia de parpadeo ofrecida por la tecnología fluorescente sumada al bajo porcentaje de parpadeo colocan a dos de los tipos de luminarias dentro de la zona de riesgo considerable y al tercer tipo dentro de la zona de alto riesgo.

Por último, los resultados del estudio fotométrico llevado a cabo en la biblioteca requerían el valor del deslumbramiento en las estaciones de trabajo. Para esto, se creó exitosamente una aplicación en lenguaje de MATLAB que facilitaba la conversión de iluminancia a luminancia y el cálculo del UGR y, especialmente, del índice de Guth, dependiente de la posición relativa observador-luminaria. Con la ayuda de dicha aplicación se llevó a cabo el estudio del deslumbramiento que dio como resultado el riesgo de deslumbramiento en determinadas estaciones de la biblioteca, en concreto, aquellas más próximas a las ventanas.

Pasando a continuación a la fase de diseño, se crearon los planos de situación de la Escuela Naval Militar y se modificaron los de la biblioteca académica para incluir los seminarios, todo ello con el software AutoCAD. El primer plano requirió del uso de ortoimágenes y del odómetro para escalar el plano y el segundo, de las mediciones recogidas durante el trabajo de campo con el telémetro láser. Esta tarea se vio facilitada por el sencillo uso de ambos dispositivos y el conocimiento previo de AutoCAD adquirido a lo largo del grado.

Formando parte del proceso de diseño, la creación de la maqueta tridimensional y fotorrealista de la biblioteca académica en el software DIALux evo requirió la mayor inversión de tiempo y recursos. Partiendo de los planos de AutoCAD, se modeló el edificio en 3D al que se le añadió el mobiliario pertinente tanto de galerías locales como de la importación de muebles diseñados por AutoCAD. Además, se incorporaron texturas a todas las superficies para crear más realismo a la maqueta y ofrecer una simulación fotorrealista en cuestión de reflejos y reflexiones. Aunque con una gran oferta, el catálogo de texturas de DIALux evo no suplía todos los requisitos propios de la maqueta, por lo que, al igual que lo ocurrido con los muebles, se recurrió a la importación de texturas propias previamente editadas con el software GIMP. Este proceso de modelado de la maqueta, en un principio concebido arduo, resultó no ser tan complicado debido a lo intuitivo que resulta trabajar con el software y, sobre todo, a la cantidad de manuales y tutoriales referentes a su uso.

Una vez con la maqueta finalizada, se compararon las diferentes luminarias ofrecidas por una selección de proveedores. De entre ellas, se seleccionaron las de la marca Philips por ser la óptimas en el edificio de estudio. El diseño de la distribución de luminarias resulta sencillo con la ayuda ofrecida por el software que ya recomienda una distribución. Sin embargo, con el objetivo de sacar el máximo provecho a las luminarias seleccionadas, se optó por realizar una serie de experimentos en la maqueta hasta encontrar la distribución que mejor mantenga la uniformidad lumínica en los puestos de trabajo. La versatilidad que ofrece el entorno de trabajo de la maqueta BIM facilitó este proceso en el que se probó una gran cantidad de distribuciones posibles, algo quimérico de realizar sin dicha maqueta.

Ante la costosa inversión inicial que supondría la instalación de la propuesta, se decidió buscar una alternativa de bajo coste. Para esto se seleccionó entre varios proveedores locales el que ofreciera las luminarias más adecuadas. Además, se contactó con la empresa en busca del archivo *.ies* que permitiera la importación de la luminaria en la maqueta. Habiendo accedido a este, se volvió a experimentar en el modelo 3D hasta encontrar la distribución óptima. El acceso al archivo con la información lumínica de las luminarias facilitó en gran medida el desarrollo del trabajo. No obstante, llevó a un proceso de validación de la rigurosidad del archivo.

Se realizó un estudio fotométrico a ambas propuestas para asegurar que cumplían los requisitos de la norma. En el caso de las luminarias de bajo coste se tuvo acceso físico a ellas por lo que se pudo hacer un análisis más detallado. Las luminarias y distribución de las mismas de ambas propuestas superaron holgadamente los requisitos lumínicos y energéticos, con la excepción del panel LED de la propuesta *Low Cost* que, debido a la utilización de un *driver* de baja calidad, mostró alto riesgo por efecto del parpadeo.

Por último, las líneas finales del presente trabajo se dedicaron al estudio de amortización de ambas instalaciones. Este análisis determinó la viabilidad económica de ambas alternativas, suponiendo un ahorro mayor en la alternativa *Low Cost* (como era de esperar) pero, a lo largo de los 26 años de vida útil calculada para las instalaciones, la alternativa *Low Cost* solo supondría un ahorro del 10 %. Dato relevante si se compara con el ahorro de más del 80 % que supondría la inversión inicial. Este resultado se debe a que la alternativa Philips utiliza luminarias más eficientes que suponen un ahorro energético mayor con su correspondiente ahorro económico.

5.2.2 Conclusiones finales

Desarrollados los puntos estipulados al comienzo de la presente memoria, se puede sentenciar con total firmeza que se han alcanzado todos los objetivos definidos en el proyecto, además de alcanzar los objetivos adicionales que surgieron de los principales como puede ser la creación de la calculadora de UGR o la propuesta de bajo coste con su respectiva validación.

En primer lugar, se ha demostrado que la instalación lumínica actual no cumple con los estándares definidos en la norma, llegando esto a ser incluso perjudicial para la salud de los usuarios. Ante esta situación se han propuesto dos alternativas que permitirían mejora la situación actual, además de suponer un ahorro económico y energético. Esto supondría un paso hacia delante de la Escuela Naval Militar hacia la eficiencia energética, mostrando así su compromiso con el medio ambiente.

Por otro lado, se ha desarrollado una aplicación con interfaz gráfica que ha ayudado al cálculo de un factor tan importante para el estudio del deslumbramiento como es el UGR.

Asimismo, se ha probado la versatilidad que ofrece la maqueta BIM de la biblioteca académica “Gabriel Císcar y Císcar” en lo que respecta a la propuesta de diseños lumínicos. El uso de esta metodología, de la mano del software DIALux evo, supone un considerable ahorro de tiempo y recursos a la hora de llevar a cabo proyectos lumínicos, además de ofrecer más herramientas y posibilidades.

5.3 Líneas futuras

5.3.1 Corto plazo

Con una idea continuista al presente proyecto, se propone extender el estudio lumínico realizado en la biblioteca académica “Gabriel Císcar y Císcar” al resto del cuartel de alumnos “Almirante Francisco Moreno” así como al cuartel “Marqués de la Victoria” para comprobar y mejorar los niveles de iluminación en las estaciones de trabajo de los alumnos de la Escuela Naval Militar.

Además, se propone el diseño propio de un *driver* que pueda instalarse en luminarias LED y evite el efecto indeseado del parpadeo aumentando la frecuencia de la corriente de alimentación.

5.3.2 Largo Plazo

Realizar un estudio de luz natural en la biblioteca y los cuarteles de alumnos de la Escuela Naval Militar para proponer un sistema de iluminación domótica que combine tecnología LED autorregulable con sistemas de control de luz diurna para optimizar el uso de luz solar y minimizar el consumo energético.

Realizar un estudio de la viabilidad de la tecnología Li-Fi y su posible implantación en la biblioteca académica “Gabriel Císcar y Císcar” para ofrecer altas velocidades de conexión a internet a través de la iluminación LED.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] P. A. Tipler, Física, Segunda Edición, Barcelona: Editorial Reverté, 1985.
- [2] Building Technologies Office, «Optical Safety of LEDs,» US Department of Energy, June 2013. [En línea]. Available: https://www1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/opticalsafety_fact-sheet.pdf. [Último acceso: 5 febrero 2019].
- [3] Centro Español de Metrología, «Centro Español de Metrología,» [En línea]. Available: <https://www.cem.es/content/el-sistema-internacional-de-unidades-si>. [Último acceso: 30 Enero 2019].
- [4] Conrad Electronic, «Conrad. LED-Unterbauleuchten, LED-Aufbauleuchten,» Conrad Electronic GmbH & Co KG, [En línea]. Available: <https://www.conrad.at/de/led-unterbauleuchten-led-aufbauleuchten-o1900071.notracking.html>. [Último acceso: 15 enero 2019].
- [5] F. M. Sánchez, Instalaciones de iluminación, Madrid: Fundación Escuela de la Edificación, 2007.
- [6] International Commission on Illumination, «e-ILV,» CIE Central Bureau. [En línea]. [Último acceso: 30 Enero 2019].
- [7] Ministerio de Justicia y Derechos Humanos de la República Argentina, «Información Legislativa,» [En línea]. Available: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/155000-159999/158802/norma.htm>. [Último acceso: 12 enero 2019].
- [8] Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), «UNE-EN 12464-1 Iluminación de los lugares de trabajo,» AENOR, Madrid, 2012.
- [9] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), «Datos antropológicos de la población laboral española,» *INSHT*, nº 14, pp. 22-35, 2001.
- [10] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y Comité Español de Iluminación (CEI), «Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación de Centros Docentes,» Madrid, 2001.

- [11] C. Grimm, «Rhodopsin-Mediated Blue-Light Damage to the Rat Retina: Effect of Photoreversal of Bleaching,» vol. 42, n° 2, 2001.
- [12] H. Wright, L. Lack y K. Partridge, «Light emitting diodes can be used to phase delay the melatonin rhythm,» n° 31, pp. 350-355, 2001.
- [13] Group DermScan, «Blue light and infrared: test extended sun protection,» [En línea]. Available: <https://www.dermscan.com/en/blue-light-and-infrared-test-extended-sun-protection/>. [Último acceso: 2 febrero 2019].
- [14] International Electrotechnical Commission, «IEC 62471:2006 Photobiological safety of lamps and lamps systems,» 2006. [En línea]. [Último acceso: 05 febrero 2019].
- [15] IEEE P1789 Working Group, «IEEE Recommended Practices for Modulating Current in High-Brightness LEDs for Mitigating Health Risks to Viewers,» IEEE Power Electronics Society, Nueva York, 2015.
- [16] Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), «UNE 21-302-95/845: Vocabulario electrotécnico. Iluminación,» 1995.
- [17] J. V. G. M. V. L.M. Geerdink, «Discomfort glare perception of non-uniform light sources in an office setting,» *Journal of Environmental Psychology*, n° 39, pp. 5-13, 2014.
- [18] CIE Technical Committee TC 3-13, «Discomfort Glare in Interior Lighting,» 1995.
- [19] Encyclopædia Britannica, «LED. Electronics,» Editors of Encyclopædia Britannica, [En línea]. Available: <https://www.britannica.com/technology/LED>. [Último acceso: 22 enero 2019].
- [20] N. Zheludev, «The life and times of the LED - A 100-year history,» *Nature Photonics*, vol. 4, pp. 189-192, 2007.
- [21] Nobel Media, «The Nobel Prize in Physics 2014,» [En línea]. Available: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2014/summary/>. [Último acceso: 17 enero 2019].
- [22] S. Winder, «Characteristics of LEDs,» de *Power Supplies for LED Driving (Second Edition)*, 2017, pp. 9-17.
- [23] Equipo Desterro Electricidade, «Diodos - (quase) tudo que você precisa saber sobre,» Desterro Electricidade, 23 agosto 2017. [En línea]. Available: <https://www.desterroelectricidade.com.br/blog/eletrica/diodos-quase-tudo-que-voce-precisa-saber-sobre/>. [Último acceso: 19 enero 2019].
- [24] The OLED experts, «Super AMOLED: introduction and market status,» [En línea]. Available: <https://www.oled-info.com/super-amoled>. [Último acceso: 21 enero 2019].
- [25] Samsung, «QLED TV Highlights,» [En línea]. Available: <https://www.samsung.com/es/tvs/qled-tv/highlights/>. [Último acceso: 21 enero 2019].
- [26] Autodesk, [En línea]. Available: <https://www.autodesk.com/solutions/bim>. [Último acceso: 30 Enero 2019].
- [27] CRC Construction Innovation, «National Guidelines for Digital Modeling,» 2009.
- [28] A. X. Sanchez, K. D. Hampson y S. Vaux, *Delivering value with BIM*, New York: Routledge, 2016.
- [29] Supply Chain Sustainability School, «BIM Dimensions,» [En línea]. Available:

- <https://www.supplychainschool.co.uk/uk/bim/construction/bim-dimensions/bim-dimensions.aspx>. [Último acceso: 31 enero 2019].
- [30] Finances Online, «Best 20 Building Information Modeling (BIM) Software in 2019,» [En línea]. Available: <https://financesonline.com/building-information-modeling/>. [Último acceso: 31 enero 2019].
- [31] A. Smith, «BIM2BEM - Integration of BIM and BEM in Architecture Today,» theBIMhub, [En línea]. Available: <https://thebimhub.com/2017/06/30/bim2bem-integration-bim-bem-in-architecture-today/#.XHVVu3dFy6E>. [Último acceso: 21 enero 2019].
- [32] Delegación General de Saint-Gobain para España, Portugal y Marruecos, «LEED®, BREEAM® y VERDE®,» septiembre 2012. [En línea]. Available: <https://www.isover.es/sites/isover.es/files/assets/documents/leed-breeam-verde.pdf>. [Último acceso: 18 enero 2019].
- [33] A. S. A. D. Z. Pezeshki, «Application of BEM and using BIM database for BEM: A review,» *Journal of Building Engineering*, vol. 23, pp. 1-17, 2019.
- [34] National Renewable Energy Laboratory, «Documentation,» Energy Plus, [En línea]. Available: <https://energyplus.net/documentation>. [Último acceso: 2019 enero 2019].
- [35] Winkelmann Group, «Herramientas y descargas. Planificación, cálculos y software,» Reflex Winkelmann GmbH, [En línea]. Available: <https://www.reflex-winkelmann.com/es/herramientas-y-descargas/>. [Último acceso: 18 enero 2019].
- [36] DOE2, «eQUEST overview,» [En línea]. Available: <http://www.doe2.com/download/equest/eQUESTv3-Overview.pdf>. [Último acceso: 19 enero 2019].
- [37] GEBCO International, «Energy Modeling Services,» [En línea]. Available: http://www.gebcointernational.com/images/energy-modeling-services/LEED_Energy_Modeling.jpg. [Último acceso: 18 enero 2019].
- [38] C. K. Y. W. Hao Gao, «Building information modelling based building energy modelling: A review,» *Applied Energy*, vol. 238, pp. 320-343, 2019.
- [39] DIAL, «DIALux family. For lighting designer and manufacturer,» DIAL, [En línea]. Available: <https://www.dial.de/es/dialux/>. [Último acceso: 18 enero 2019].
- [40] DIAL, «DIALux. Desktop Download,» DIAL, [En línea]. Available: <https://www.dial.de/es/dialux-desktop/download/>. [Último acceso: 18 enero 2019].
- [41] MathWorks, «MathWorks. Products MATLAB,» MathWorks, [En línea]. Available: <https://es.mathworks.com/products/matlab.html>. [Último acceso: 18 enero 2019].
- [42] GIMP, «gimp.org,» [En línea]. Available: <http://www.gimp.org/es/>. [Último acceso: 18 enero 2019].
- [43] PCE-Ibérica, «Luxómetro con logger de datos PCE-174,» [En línea]. Available: <https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-radiacion/luxometro-memoria-1336.htm>. [Último acceso: 12 febrero 2019].
- [44] UPRtek, «Visual Merchandising, LED Lighting Solutions-Handheld Spectrometer,» UPRtek, [En línea]. Available: <https://www.uprtek.com/en/product/Visual-Merchandising-LED-Lighting-Solutions-Handheld-Spectrometer/MK350S-Premium-Spectrometer.html>. [Último

- acceso: 12 febrero 2019].
- [45] Ministerio de Fomento, «Documento Básico DB-HE "Ahorro de energía",» 23 junio 2017. [En línea]. Available: <https://boe.es/boe/dias/2017/06/23/pdfs/BOE-A-2017-7163.pdf>.
- [46] F. Eriksson, «On the Measure of Solid Angles,» *Mathematics Magazine*, vol. 63, n° 3, pp. 184-187, 1990.
- [47] T. Nilsson, «Photometric specification of images,» *Jornal on Modern Optics*, vol. 1, n° 13, pp. 1-13, 2009.
- [48] I. Ashdown, «Sensitivity Analysis of Glare Rating Metrics,» *The Journal of the Illuminating Engineering Society of North America*, vol. 2, n° 2, pp. 115-122, 2005.
- [49] U. J. Blaszcak, «Method for Evaluating Discomfort Glare Based on the Analysis of a Digital Image of an Illuminated Interior,» *Metrology and Measurement Systems*, vol. XX, n° 4, pp. 623-634, 2013.
- [50] Ministerio de Agricultura y Pesca, «Visor SIGPAC,» Tragsatec, [En línea]. Available: <http://sigpac.mapa.es/fega/visor/>. [Último acceso: 18 diciembre 2018].
- [51] Rolatape, «Rolatape Measuring Wheels,» [En línea]. Available: <http://www.rolatape.com/us/en/products/rolatape%C2%AE-rt-series/rt412d/rt412d.html>. [Último acceso: 7 febrero 2019].
- [52] BOSCH, «GLM 100 C Professional,» [En línea]. Available: <https://www.bosch-professional.com/ec/es/products/glm-100-c-0601072700>. [Último acceso: 12 febrero 2019].
- [53] Zumbotel Group, «History,» [En línea]. Available: <https://www.zumtobelgroup.com/en/1172.htm>. [Último acceso: 2 febrero 2019].
- [54] PHILIPS, «Perfil de empresa,» [En línea]. Available: <https://www.philips.es/a-w/about-philips/perfil-de-la-empresa.html>. [Último acceso: 02 febrero 2019].
- [55] LAMP, «LAMP Worktitude for light,» [En línea]. Available: https://www.lamp.es/es/empresa_8135. [Último acceso: 02 febrero 2019].
- [56] Designing Buildings Ltd. , «Designing Buildings,» [En línea]. Available: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Lighting_energy_numeric_indicator_LEN1. [Último acceso: 14 febrero 2019].
- [57] Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, «Real Decreto 486/1997 por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo,» 14 abril 1997. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/1997/04/14/486/dof/spa/pdf>.
- [58] Philips lighting, «RC128V LED36S/840 PSU W62L62 OC,» [En línea]. Available: https://www.assets.lighting.philips.com/is/content/PhilipsLighting/fp910503910327-pss-es_es. [Último acceso: 12 febrero 2019].
- [59] Philips lighting, «DN131B LED10S/840 PSU IP44 PI6 ALU,» [En línea]. Available: <https://www.assets.lighting.philips.com/is/content/PhilipsLighting/fp910500458087-pss-global>. [Último acceso: 12 febrero 2019].
- [60] Beldeus, «Panel LED 60x60 mm 40 W,» Beldeus. Iluminación eficiente, renovables y movilidad, [En línea]. Available: <https://beldeus.com/es/paneles-led/1871-panel-led-40w.html>. [Último acceso: 12 febrero 2019].

- [61] Beldeus, «Downlight LED slim 24 W redondo,» Beldeus. Iluminación eficiente, renovables y movilidad. [En línea]. [Último acceso: 12 febrero 2019].
- [62] Energía Colectiva, SL, «Precio medio de la electricidad en 2018,» Lucera, [En línea]. Available: <https://lucera.es/blog/precio-medio-electricidad-2018>. [Último acceso: 19 febrero 2019].
- [63] Y. Kuse, K. Ogawa, K. Tsuruma, M. Shimazawa y H. Hara, «Damage of photoreceptor-derived cells in culture induced by light emitting diode-derived blue light,» Department of Biofunctional Evaluation, Gifu Pharmaceutical University, Gifu, Japón, 2014.

ANEXO I: SCRIPT DE MATLAB

Main

```
classdef UGR_calc < matlab.apps.AppBase

    % Properties that correspond to app components
    properties (Access = public)
        CalculadoraUGRUIFigure          matlab.ui.Figure
        PosicinPanel                     matlab.ui.container.Panel
        TextArea                         matlab.ui.control.TextArea
        TextArea_2                       matlab.ui.control.TextArea
        MesaLabel_2                      matlab.ui.control.Label
        mesa                             matlab.ui.control.NumericEditField
        SillaLabel_2                     matlab.ui.control.Label
        silla                             matlab.ui.control.NumericEditField
        OrientacinLabel_2                matlab.ui.control.Label
        orientacion                      matlab.ui.control.NumericEditField
        DeslumbramientoPanel             matlab.ui.container.Panel
        UGRLabel                         matlab.ui.control.Label
        UGR                              matlab.ui.control.NumericEditField
        Button                           matlab.ui.control.Button
        Gauge                             matlab.ui.control.SemicircularGauge
        CalcularButton                   matlab.ui.control.Button
        IluminanciaLuminanciaPanel       matlab.ui.container.Panel
        Luminaria1Label                  matlab.ui.control.Label
        ilum_1                           matlab.ui.control.NumericEditField
        Luminaria2Label                  matlab.ui.control.Label
        ilum_2                            matlab.ui.control.NumericEditField
        Luminaria3Label                  matlab.ui.control.Label
        ilum_3                            matlab.ui.control.NumericEditField
        Luminaria4Label                  matlab.ui.control.Label
        ilum_4                            matlab.ui.control.NumericEditField
        Luminaria5Label                  matlab.ui.control.Label
        ilum_5                            matlab.ui.control.NumericEditField
        Luminaria6Label_2                matlab.ui.control.Label
        ilum_6                            matlab.ui.control.NumericEditField
        IluminanciaLabel                  matlab.ui.control.Label
        LuminanciaLabel                  matlab.ui.control.Label
        luxLabel                          matlab.ui.control.Label
        luxLabel_2                       matlab.ui.control.Label
        luxLabel_3                       matlab.ui.control.Label
        luxLabel_4                       matlab.ui.control.Label
        luxLabel_5                       matlab.ui.control.Label
        luxLabel_6                       matlab.ui.control.Label
        lum_1                             matlab.ui.control.NumericEditField
        lmLabel                           matlab.ui.control.Label
        lum_2                             matlab.ui.control.NumericEditField
        lmLabel_2                         matlab.ui.control.Label
        lum_3                             matlab.ui.control.NumericEditField
        lmLabel_3                         matlab.ui.control.Label
        lum_4                             matlab.ui.control.NumericEditField
        lmLabel_4                         matlab.ui.control.Label
        lum_5                             matlab.ui.control.NumericEditField
        lmLabel_5                         matlab.ui.control.Label
        lum_6                             matlab.ui.control.NumericEditField
        lmLabel_6                         matlab.ui.control.Label
        Button_2                          matlab.ui.control.Button
        CalculadoradeUGRbibliotecaacadmicaGabrielCscaryCscarLabel
    end
end
matlab.ui.control.Label
```

```

        Escudo_CUD                matlab.ui.control.Button
        Escudo_ENM                matlab.ui.control.Button
        UITable                   matlab.ui.control.Table
    end

    methods (Access = private)

        % Code that executes after component creation
        function startupFcn(app)
            t = readtable('ugr.xls');
            vars = {'UGR', 'Descripcion'};

            t = t(:,vars);
            % Rearrange columns
            t = t(:,[1 2]);

            % Add data to the Table UI Component
            app.UITable.Data = t;
        end

        % Value changed function: UGR
        function UGRValueChanged(app, event)

        end

        % Button pushed function: CalcularButton
        function CalcularButtonPushed(app, event)
        % Esta aplicaci3n permite calcular el UGR de cualquier estaci3n del local
        % principal de la biblioteca acad3mica "Gabriel C3scar y C3scar".

        % Para ello requiere de la informaci3n de la estaci3n en cuesti3n (mesa,
        % silla y oreintaci3n), de la luminancia recibida por las tres luminarias
        % que m>s afecten al deslumbramiento (las tres m>s cercanas en el campo
        % de
        % visi3n) y de las tres luminarias que afecten a la iluminaci3n de fondo
        % (aquellas tres situadas a continuaci3n de las primeras).

        % Valores de inicializaci3n %

        m = app.mesa.Value ;
        s = app.silla.Value ;
        o = app.orientacion.Value ;

        % Los valores de iluminancia registrados deber3n introducirse primero los
        % de las 3 luminarias que provocan deslumbramiento (desde la ventana al
        % pasillo) y despu3s los que provocan la iluminaci3n de fondo (desde la
        % ventana al pasillo)

        ilu_1 = app.ilum_1.Value;
        ilu_2 = app.ilum_2.Value;
        ilu_3 = app.ilum_3.Value;
        ilu_4 = app.ilum_4.Value;
        ilu_5 = app.ilum_5.Value;
        ilu_6 = app.ilum_6.Value;
    end
end

```

```

% Se calculan las coordenadas de la estación
[est_x, est_y, est_z] = lugar(m,s,o);

% Se calculan las coordenadas de las 6 luminarias
[lum1_x, lum1_y, lum2_x, lum2_y, lum3_x, lum3_y, ...
 lum4_x, lum4_y, lum5_x, lum5_y, lum6_x, lum6_y] = luminaria (est_x);

% Se calcula en el punto sólido sostenido desde la estación hasta cada una
de
% las luminarias

AS_lum1 = solid_a(est_x, est_y, lum1_x, lum1_y);
AS_lum2 = solid_a(est_x, est_y, lum2_x, lum2_y);
AS_lum3 = solid_a(est_x, est_y, lum3_x, lum3_y);

% Se transforman los datos de iluminancia en luminancia

lum1 = ilum_to_lum (ilu_1,est_x,est_y, lum1_x, lum1_y);
lum2 = ilum_to_lum (ilu_2,est_x,est_y, lum2_x, lum2_y);
lum3 = ilum_to_lum (ilu_3,est_x,est_y, lum3_x, lum3_y);
lum4 = ilum_to_lum (ilu_4,est_x,est_y, lum4_x, lum4_y);
lum5 = ilum_to_lum (ilu_5,est_x,est_y, lum5_x, lum5_y);
lum6 = ilum_to_lum (ilu_6,est_x,est_y, lum6_x, lum6_y);

app.lum_1.Value = lum1;
app.lum_2.Value = lum2;
app.lum_3.Value = lum3;
app.lum_4.Value = lum4;
app.lum_5.Value = lum5;
app.lum_6.Value = lum6;

% Se hace la media de los valores de luminancia de fondo

Lb = mean([lum4,lum5,lum6]);

% Se calcula el índice de Guth para las luminarias que provocan
% deslumbramiento

G_1 = guth(est_x, est_y, lum1_x, lum1_y);
G_2 = guth(est_x, est_y, lum2_x, lum2_y);
G_3 = guth(est_x, est_y, lum3_x, lum3_y);

% Por último, con todos los datos obtenidos, se calcula el UGR

UGR_value = 8 * log(((0.25/Lb)*(((lum1^2*AS_lum1)/(G_1^2))+ ...
((lum2^2*AS_lum2)/(G_2^2))+((lum3^2+AS_lum3)/(G_3^2)))));

app.UGR.Value = UGR_value;
app.Gauge.Value = UGR_value;

end

```

```

end

% App initialization and construction
methods (Access = private)

    % Create UIFigure and components
    function createComponents(app)

        % Create CalculadoraUGRUIFigure
        app.CalculadoraUGRUIFigure = uifigure;
        app.CalculadoraUGRUIFigure.Position = [100 100 873 529];
        app.CalculadoraUGRUIFigure.Name = 'Calculadora UGR';

        % Create PosicinPanel
        app.PosicinPanel = uipanel(app.CalculadoraUGRUIFigure);
        app.PosicinPanel.TitlePosition = 'centertop';
        app.PosicinPanel.Title = 'Posición';
        app.PosicinPanel.Position = [30 228 166 221];

        % Create TextArea
        app.TextArea = uitextarea(app.PosicinPanel);
        app.TextArea.HorizontalAlignment = 'center';
        app.TextArea.BackgroundColor = [0.9412 0.9412 0.9412];
        app.TextArea.Position = [11 81 146 53];
        app.TextArea.Value = {'Siendo 1 la silla pegada a la ventana
y 8 la pegada al pasillo'};

        % Create TextArea_2
        app.TextArea_2 = uitextarea(app.PosicinPanel);
        app.TextArea_2.HorizontalAlignment = 'center';
        app.TextArea_2.BackgroundColor = [0.9412 0.9412 0.9412];
        app.TextArea_2.Position = [11 9 146 37];
        app.TextArea_2.Value = {'Siendo 1 mirando hacia la puerta y
0, no'};

        % Create MesaLabel_2
        app.MesaLabel_2 = uilabel(app.PosicinPanel);
        app.MesaLabel_2.HorizontalAlignment = 'right';
        app.MesaLabel_2.Position = [18 170 35 22];
        app.MesaLabel_2.Text = 'Mesa';

        % Create mesa
        app.mesa = uieditfield(app.PosicinPanel, 'numeric');
        app.mesa.Limits = [1 11];
        app.mesa.Position = [123 170 29 22];
        app.mesa.Value = 1;

        % Create SillaLabel_2
        app.SillaLabel_2 = uilabel(app.PosicinPanel);
        app.SillaLabel_2.HorizontalAlignment = 'right';
        app.SillaLabel_2.Position = [18 141 28 22];
        app.SillaLabel_2.Text = 'Silla';

        % Create silla
        app.silla = uieditfield(app.PosicinPanel, 'numeric');
        app.silla.Limits = [1 6];

```

```

app.silla.Position = [123 141 29 22];
app.silla.Value = 1;

% Create OrientacinLabel_2
app.OrientacinLabel_2 = uilabel(app.PosicinPanel);
app.OrientacinLabel_2.HorizontalAlignment = 'right';
app.OrientacinLabel_2.Position = [18 52 67 22];
app.OrientacinLabel_2.Text = 'Orientaci n';

% Create orientacion
app.orientacion = uieditfield(app.PosicinPanel, 'numeric');
app.orientacion.Limits = [0 1];
app.orientacion.Position = [123 52 29 22];

% Create DeslumbramientoPanel
app.DeslumbramientoPanel =
uipanel(app.CalculadoraUGRUIFigure);
app.DeslumbramientoPanel.TitlePosition = 'centertop';
app.DeslumbramientoPanel.Title = 'Deslumbramiento';
app.DeslumbramientoPanel.Position = [492 177 366 272];

% Create UGRLabel
app.UGRLabel = uilabel(app.DeslumbramientoPanel);
app.UGRLabel.HorizontalAlignment = 'right';
app.UGRLabel.FontSize = 16;
app.UGRLabel.FontWeight = 'bold';
app.UGRLabel.Position = [14 75 41 22];
app.UGRLabel.Text = 'UGR';

% Create UGR
app.UGR = uieditfield(app.DeslumbramientoPanel, 'numeric');
app.UGR.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@UGRValueChanged, true);
app.UGR.Editable = 'off';
app.UGR.FontSize = 16;
app.UGR.Position = [70 73 54 24];

% Create Button
app.Button = uibutton(app.DeslumbramientoPanel, 'push');
app.Button.HandleVisibility = 'off';
app.Button.Interruptible = 'off';
app.Button.Icon = 'UGR formula.png';
app.Button.IconAlignment = 'center';
app.Button.BackgroundColor = [0.9412 0.9412 0.9412];
app.Button.Position = [14 146 343 97];
app.Button.Text = '';

% Create Gauge
app.Gauge = uigauge(app.DeslumbramientoPanel,
'semicircular');
app.Gauge.Limits = [0 31];
app.Gauge.ScaleColors = [0 1 0;1 1 0;1 0 0];
app.Gauge.ScaleColorLimits = [0 16;16 19;19 31];
app.Gauge.Position = [143 9 214 116];

% Create CalculaButton

```

```

        app.CalcularButton = uibutton(app.CalculadoraUGRUIFigure,
'push');
        app.CalcularButton.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@CalcularButtonPushed, true);
        app.CalcularButton.FontSize = 20;
        app.CalcularButton.FontWeight = 'bold';
        app.CalcularButton.Position = [681 14 177 152];
        app.CalcularButton.Text = 'Calcular';

        % Create IluminanciaLuminanciaPanel
        app.IluminanciaLuminanciaPanel =
uipanel(app.CalculadoraUGRUIFigure);
        app.IluminanciaLuminanciaPanel.TitlePosition = 'centertop';
        app.IluminanciaLuminanciaPanel.Title = 'Iluminancia -
Luminancia';
        app.IluminanciaLuminanciaPanel.Position = [214 228 260 221];

        % Create Luminaria1Label
        app.Luminaria1Label =
uilabel(app.IluminanciaLuminanciaPanel);
        app.Luminaria1Label.HorizontalAlignment = 'right';
        app.Luminaria1Label.Position = [13 153 68 22];
        app.Luminaria1Label.Text = 'Luminaria 1';

        % Create ilum_1
        app.ilum_1 = uieditfield(app.IluminanciaLuminanciaPanel,
'numeric');
        app.ilum_1.Position = [92 153 35 22];

        % Create Luminaria2Label
        app.Luminaria2Label =
uilabel(app.IluminanciaLuminanciaPanel);
        app.Luminaria2Label.HorizontalAlignment = 'right';
        app.Luminaria2Label.Position = [13 124 68 22];
        app.Luminaria2Label.Text = 'Luminaria 2';

        % Create ilum_2
        app.ilum_2 = uieditfield(app.IluminanciaLuminanciaPanel,
'numeric');
        app.ilum_2.Position = [92 124 35 22];

        % Create Luminaria3Label
        app.Luminaria3Label =
uilabel(app.IluminanciaLuminanciaPanel);
        app.Luminaria3Label.HorizontalAlignment = 'right';
        app.Luminaria3Label.Position = [13 95 68 22];
        app.Luminaria3Label.Text = 'Luminaria 3';

        % Create ilum_3
        app.ilum_3 = uieditfield(app.IluminanciaLuminanciaPanel,
'numeric');
        app.ilum_3.Position = [92 95 35 22];

        % Create Luminaria4Label
        app.Luminaria4Label =
uilabel(app.IluminanciaLuminanciaPanel);
        app.Luminaria4Label.HorizontalAlignment = 'right';

```

```

app.Luminaria4Label.Position = [13 66 68 22];
app.Luminaria4Label.Text = 'Luminaria 4';

% Create ilum_4
app.ilum_4 = uieditfield(app.IluminanciaLuminanciaPanel,
'numeric');
app.ilum_4.Position = [92 66 35 22];

% Create Luminaria5Label
app.Luminaria5Label =
uilabel(app.IluminanciaLuminanciaPanel);
app.Luminaria5Label.HorizontalAlignment = 'right';
app.Luminaria5Label.Position = [13 37 68 22];
app.Luminaria5Label.Text = 'Luminaria 5';

% Create ilum_5
app.ilum_5 = uieditfield(app.IluminanciaLuminanciaPanel,
'numeric');
app.ilum_5.Position = [92 37 35 22];

% Create Luminaria6Label_2
app.Luminaria6Label_2 =
uilabel(app.IluminanciaLuminanciaPanel);
app.Luminaria6Label_2.HorizontalAlignment = 'right';
app.Luminaria6Label_2.Position = [13 8 68 22];
app.Luminaria6Label_2.Text = 'Luminaria 6';

% Create ilum_6
app.ilum_6 = uieditfield(app.IluminanciaLuminanciaPanel,
'numeric');
app.ilum_6.Position = [92 8 35 22];

% Create IluminanciaLabel
app.IluminanciaLabel =
uilabel(app.IluminanciaLuminanciaPanel);
app.IluminanciaLabel.Position = [94 175 66 22];
app.IluminanciaLabel.Text = 'Iluminancia';

% Create LuminanciaLabel
app.LuminanciaLabel =
uilabel(app.IluminanciaLuminanciaPanel);
app.LuminanciaLabel.Position = [172 175 67 22];
app.LuminanciaLabel.Text = 'Luminancia';

% Create luxLabel
app.luxLabel = uilabel(app.IluminanciaLuminanciaPanel);
app.luxLabel.Position = [133 153 25 22];
app.luxLabel.Text = 'lux';

% Create luxLabel_2
app.luxLabel_2 = uilabel(app.IluminanciaLuminanciaPanel);
app.luxLabel_2.Position = [133 124 25 22];
app.luxLabel_2.Text = 'lux';

% Create luxLabel_3
app.luxLabel_3 = uilabel(app.IluminanciaLuminanciaPanel);

```

```

app.luxLabel_3.Position = [133 95 25 22];
app.luxLabel_3.Text = 'lux';

% Create luxLabel_4
app.luxLabel_4 = uilabel(app.IluminanciaLuminanciaPanel);
app.luxLabel_4.Position = [133 66 25 22];
app.luxLabel_4.Text = 'lux';

% Create luxLabel_5
app.luxLabel_5 = uilabel(app.IluminanciaLuminanciaPanel);
app.luxLabel_5.Position = [133 37 25 22];
app.luxLabel_5.Text = 'lux';

% Create luxLabel_6
app.luxLabel_6 = uilabel(app.IluminanciaLuminanciaPanel);
app.luxLabel_6.Position = [133 8 25 22];
app.luxLabel_6.Text = 'lux';

% Create lum_1
app.lum_1 = uieditfield(app.IluminanciaLuminanciaPanel,
'numeric');
app.lum_1.ValueDisplayFormat = '%.0f';
app.lum_1.Editable = 'off';
app.lum_1.Position = [171 153 53 22];

% Create lmLabel
app.lmLabel = uilabel(app.IluminanciaLuminanciaPanel);
app.lmLabel.Position = [230 153 25 22];
app.lmLabel.Text = 'lm';

% Create lum_2
app.lum_2 = uieditfield(app.IluminanciaLuminanciaPanel,
'numeric');
app.lum_2.ValueDisplayFormat = '%.0f';
app.lum_2.Editable = 'off';
app.lum_2.Position = [171 124 52 22];

% Create lmLabel_2
app.lmLabel_2 = uilabel(app.IluminanciaLuminanciaPanel);
app.lmLabel_2.Position = [230 124 25 22];
app.lmLabel_2.Text = 'lm';

% Create lum_3
app.lum_3 = uieditfield(app.IluminanciaLuminanciaPanel,
'numeric');
app.lum_3.ValueDisplayFormat = '%.0f';
app.lum_3.Editable = 'off';
app.lum_3.Position = [171 95 52 22];

% Create lmLabel_3
app.lmLabel_3 = uilabel(app.IluminanciaLuminanciaPanel);
app.lmLabel_3.Position = [230 95 25 22];
app.lmLabel_3.Text = 'lm';

% Create lum_4

```

```

app.lum_4 = uicontrol(app.IluminanciaLuminanciaPanel,
'numeric');
app.lum_4.ValueDisplayFormat = '%.0f';
app.lum_4.Editable = 'off';
app.lum_4.Position = [171 66 52 22];

% Create lmLabel_4
app.lmLabel_4 = uicontrol(app.IluminanciaLuminanciaPanel);
app.lmLabel_4.Position = [230 66 25 22];
app.lmLabel_4.Text = 'lm';

% Create lum_5
app.lum_5 = uicontrol(app.IluminanciaLuminanciaPanel,
'numeric');
app.lum_5.ValueDisplayFormat = '%.0f';
app.lum_5.Editable = 'off';
app.lum_5.Position = [171 37 52 22];

% Create lmLabel_5
app.lmLabel_5 = uicontrol(app.IluminanciaLuminanciaPanel);
app.lmLabel_5.Position = [230 37 25 22];
app.lmLabel_5.Text = 'lm';

% Create lum_6
app.lum_6 = uicontrol(app.IluminanciaLuminanciaPanel,
'numeric');
app.lum_6.ValueDisplayFormat = '%.0f';
app.lum_6.Editable = 'off';
app.lum_6.Position = [171 8 52 22];

% Create lmLabel_6
app.lmLabel_6 = uicontrol(app.IluminanciaLuminanciaPanel);
app.lmLabel_6.Position = [230 8 25 22];
app.lmLabel_6.Text = 'lm';

% Create Button_2
app.Button_2 = uicontrol(app.CalculadoraUGRUIFigure, 'push');
app.Button_2.Icon = 'Esquema_mesa.png';
app.Button_2.BackgroundColor = [0.9412 0.9412 0.9412];
app.Button_2.Position = [30 14 444 199];
app.Button_2.Text = '';

% Create
CalculadoradeUGRbibliotecaacadmicaGabrielCscaryCscarLabel
app.CalculadoradeUGRbibliotecaacadmicaGabrielCscaryCscarLabel
= uicontrol(app.CalculadoraUGRUIFigure);

app.CalculadoradeUGRbibliotecaacadmicaGabrielCscaryCscarLabel.HorizontalA
lignment = 'center';

app.CalculadoradeUGRbibliotecaacadmicaGabrielCscaryCscarLabel.FontSize =
20;

app.CalculadoradeUGRbibliotecaacadmicaGabrielCscaryCscarLabel.FontWeight
= 'bold';

```

```
app.CalculadoradeUGRbibliotecaacadmicaGabrielCscaryCscarLabel.Position =  
[114 475 666 27];
```

```
app.CalculadoradeUGRbibliotecaacadmicaGabrielCscaryCscarLabel.Text =  
'Calculadora de UGR biblioteca acadÈmica "Gabriel CÌscar y CÌscar";
```

```
    % Create Escudo_CUD  
    app.Escudo_CUD = uibutton(app.CalculadoraUGRUIFigure,  
'push');  
    app.Escudo_CUD.Icon = 'logo-CUD-1.png';  
    app.Escudo_CUD.IconAlignment = 'center';  
    app.Escudo_CUD.BackgroundColor = [0.9412 0.9412 0.9412];  
    app.Escudo_CUD.Position = [30 457 53 62];  
    app.Escudo_CUD.Text = '';  
  
    % Create Escudo_ENM  
    app.Escudo_ENM = uibutton(app.CalculadoraUGRUIFigure,  
'push');  
    app.Escudo_ENM.Icon = 'Escudo_ENM.png';  
    app.Escudo_ENM.IconAlignment = 'center';  
    app.Escudo_ENM.BackgroundColor = [0.9412 0.9412 0.9412];  
    app.Escudo_ENM.Position = [805 457 53 62];  
    app.Escudo_ENM.Text = '';  
  
    % Create UITable  
    app.UITable = uitable(app.CalculadoraUGRUIFigure);  
    app.UITable.ColumnName = {'UGR'; 'DescripciÙn'};  
    app.UITable.ColumnWidth = {50, 'auto', 50, 'auto'};  
    app.UITable.RowName = {};  
    app.UITable.ColumnEditable = true;  
    app.UITable.Position = [492 14 176 152];
```

```
end
```

```
end
```

```
methods (Access = public)
```

```
    % Construct app
```

```
function app = UGR_calc
```

```
    % Create and configure components
```

```
createComponents(app)
```

```
    % Register the app with App Designer
```

```
registerApp(app, app.CalculadoraUGRUIFigure)
```

```
    % Execute the startup function
```

```
runStartupFcn(app, @startupFcn)
```

```
    if nargin == 0
```

```
        clear app
```

```
    end
```

```
end
```

```
    % Code that executes before app deletion
```

```
function delete(app)
```

```
                % Delete UIFigure when app is deleted
                delete(app.CalculadoraUGRUIFigure)
            end
        end
    end
```

Función lugar

```
% Cuando se introducen los valores
% mesa = n de mesa
% silla = n de silla siendo 1 la m.s pegada a la ventana
% orientacion = 1 Si se mira hacia la puerta 0 si no
% Ofrece como resultado las coordenadas de la posición

function [est_x, est_y, est_z] = lugar (mesa,silla,orientacion)

%Declaración de variables

syms x_1 x_2 y smesa sdireccion v;
est_y = 0.5;
est_z = 1.8;

% Valores concretos de espaciado de la biblioteca

smesa = 3.52;           %Separación entre mesas [m]
sdireccion = 2;        %Separación entre puestos enfrentados [m]

silla = silla-1;       %Si el valor introducido por el usuario ya
                        %es 1, no se entra en el bucle
while (silla>0)        %Bucle para encontrar la coordenada y
    silla = silla-1;
    if rem(silla,2) == 0
        est_y = est_y+0.9;
    else
        est_y = est_y+1.15;
    end
end

x_1 = (mesa-1)*smesa;
x_2 = orientacion*sdireccion;
est_x = x_1 + x_2;

end
```

Función luminaria

```
% Introduce las coordenadas del punto de la estación
% est_x = coordenada horizontal
% Como resultado la función ofrece las coordenadas de las tres luminarias
% inmediatamente delante.
```

```
function [lum1_x, lum1_y, lum2_x, lum2_y, lum3_x, lum3_y, ...
         lum4_x, lum4_y, lum5_x, lum5_y lum6_x, lum6_y] = luminaria (est_x)
```

```
syms x x1 ori comp x_lum;
```

```
n=0; %Se declara una función número de luminaria
sep_h = 2.4; %Separación horizontal entre luminarias
sep_v = 1.8; %Separación vertical entre luminarias
lum_z = 2.8; %Altura de la luminaria
d=100;
```

```
% Comprobación de la orientación del usuario
```

```
if rem(est_x,3.52)==0 %Mira hacia adentro
    ori = 0;
else %Mira hacia la puerta
    ori = 1;
end
```

```
while (n<18) %Bucle para recorrer todas las posiciones
             %de las luminarias
    x1=sep_h*n;
    if ori==0 %Si mira hacia adentro
        comp = x1 - est_x;
    else %Si mira hacia la puerta
        comp = est_x - x1;
    end
    if (comp<d)&&(comp>0)
        d=comp;
    end
    n=n+1;
end
```

```
% Cálculo de la coordenada absoluta de la luminaria
```

```
if ori==0 %Si mira hacia adentro
    lum1_x = est_x+d;
else %Si mira hacia la puerta
    lum1_x = est_x-d;
end
```

```
% Las luminarias 1, 2 y 3 tienen la misma coordenada x
```

```
lum2_x = lum1_x;
lum3_x = lum1_x;
```

```
% Se calcula la coordenada x de la siguiente fila de luminarias en
función
```

```
% de la orientación

if ori==0                                %Si mira hacia adentro
    lum4_x = lum1_x+sep_h;
else
    lum4_x = lum1_x-sep_h;                %Si mira hacia la puerta
end

% Las luminarias 4, 5 y 6 tienen la misma coordenada x

lum5_x = lum4_x;
lum6_x = lum4_x;

% La coordenada y es constante y depende de la posición en la linea

lum1_y = 1.3;
lum2_y = 1.3 + sep_v;
lum3_y = 1.3 + 2*sep_v;

lum4_y = lum1_y;
lum5_y = lum2_y;
lum6_y = lum3_y;

end
```

Función solid_a

```
%Esta función permite determinar el ángulo sólido sostenido por una
%superficie cuadrada en función de la posición de sus vértices
%Se deben de introducir los valores:
%est_x = coordenada x estación
%est_y = coordenada y estación
%lum_x = coordenada x de la lum 1
%lum_y = coordenada y de la lum 1

function SA = solid_a (est_x, est_y, lum_x, lum_y)

syms ext_1 ext_2 ext_3 ext_4 est;

%La altura de la luminaria siempre será 2.8 m y la del observador, 1.2

est_h = 1.2;           %Altura estación
lum_h = 2.8;           %Altura luminaria
l = 0.3;               %Mitad del lado de la luminaria

%Coordenadas de los vértices de la luminaria

ext_1 = [lum_x - l, lum_y + l, lum_h];
ext_2 = [lum_x + l, lum_y + l, lum_h];
ext_3 = [lum_x - l, lum_y - l, lum_h];
ext_4 = [lum_x + l, lum_y - l, lum_h];

%Coordenadas del observador

est = [est_x, est_y, est_h];

%Se calculan ahora los vectores con los que se trabajará

a = ext_1 - est;
b = ext_2 - est;
c = ext_3 - est;
d = ext_4 - est;

SA_1 = 2*atan( (norm(cross(cross(a,b),c)))/(norm(a)*norm(b)...
    *norm(c)+norm(c)*dot(a,b)+norm(b)*dot(a,c)+norm(a)*dot(b,c)) );

SA_2 = 2*atan( (norm(cross(cross(d,b),c)))/(norm(d)*norm(b)...
    *norm(c)+norm(c)*dot(d,b)+norm(b)*dot(d,c)+norm(d)*dot(b,c)) );

SA = (SA_1 + SA_2);
end
```

Función ilum to lum

```
% Esta función permite obtener luminancia a partir de los datos de
% iluminancia y posiciones del observador y luminaria.

function lum = ilum_to_lum (ilum, est_x, est_y, lum_x, lum_y)

V = 1.6;                                % Altura de la luminaria sobre observador
A = 0.6*0.6;                             % área de la luminaria

alpha = angle_lum(est_x,est_y,lum_x,lum_y);
R = V / sin(alpha);

lum = ilum * (R^2/(A*cos(alpha)));
```

Función guth

```
%Índice de GUTH
%Para calcular el Índice de Guth para una determinada estación introduzca
%los siguientes valores
%est_x = coordenada x estación
%est_y = coordenada y estación
%lum_x = coordenada x de la luminaria
%lum_y = coordenada y de la luminaria

function G = guth (est_x, est_y, lum_x, lum_y)

% Se calculan las distancias iniciales

R = abs(est_x - lum_x);           %Distancia observador - plano de
luminarias
L = abs(est_y - lum_y);           %Separación lateral observador -
luminaria
V = 1.6;                           %Altura luminaria respecto al observador

% Se calculan los parámetros previos

alpha = rad2deg(atan(L/V));        %ángulos en grados
beta = rad2deg(atan(sqrt(L^2+V^2))); %ángulos en grados

% Con todos los parámetros previos, se calcula el Índice

a = (35.2 - 0.31889*alpha - 1.22*exp((-2*alpha)/9))*(10^-3)*beta;
b = (21 + 0.26667*alpha - 0.002963*alpha^2)*(10^-5)*(beta^2);

G = exp(a+b);
```

Función angle lum

```
% Esta función calcula el ángulo de elevación de una luminaria desde los
% datos de posición del observador y luminaria

function alpha = angle_lum (est_x, est_y, lum_x, lum_y)

V = 1.6;                % La altura de la luminaria es la misma

L = abs(est_y - lum_y);

% Se pasa ahora a calcular T para obtener el ángulo

R = abs(est_x - lum_x);    %Distancia de la estación al plano lumin.
T = sqrt(R^2+L^2);        %Distancia proyeccion luminaria - obs

alpha = atan(V/T);
```

ANEXO II: LUMINARIAS ACTUALES



TL-D LIFEMAX Super 80 JIS

TL-D 18W/840 JIS 1SL/25

The TL-D LIFEMAX Super 80 lamp offers more lumens per watt and better color rendering than TL-D standard colors. Furthermore, it has a lower mercury content. The lamp can be operated in existing TL-D luminaires. The lamp is complying with Japanese Industrial Standard.

Product data

General Information	
Cap-Base	G13 [Medium Bi-Pin Fluorescent]
Life To 10% Failures (Nom)	10000 h
Life to 50% Failures (Nom)	13000 h
Life to 50% Failures Preheat (Nom)	20000 h

Light Technical	
Color Code	840 [CCT of 4000K]
Luminous Flux (Nom)	1450 lm
Color Designation	Cool White (CW)
Lumen Maintenance 2000 h (Nom)	96 %
Lumen Maintenance 5000 h (Nom)	94 %
Correlated Color Temperature (Nom)	4000 K
Luminous Efficacy (rated) (Nom)	80.5 lm/W
Color Rendering Index (Nom)	82

Operating and Electrical	
Power (Rated) (Nom)	19 W
Lamp Current (Nom)	0.35 A

Voltage (Nom)	65 V
---------------	------

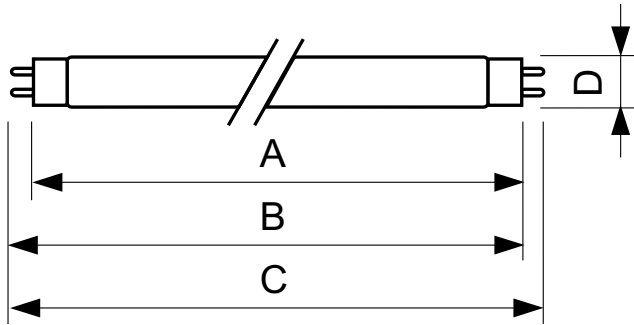
Controls and Dimming	
Dimmable	No

Mechanical and Housing	
Cap-Base Information	Green Cap

Product Data	
Full product code	871150062989000
Order product name	TL-D 18W/840 JIS 1SL/25
EAN/UPC - Product	8711500629890
Order code	927919984033
Numerator - Quantity Per Pack	1
Numerator - Packs per outer box	25
Material Nr. (12NC)	927919984033
Net Weight (Piece)	0.080 kg

TL-D LIFEMAX Super 80 JIS

Dimensional drawing



Product	D (max)	A (max)	B (max)	B (min)	C (max)
TL-D 18W/840 JIS 1SL/25	28 mm	581.3 mm	588.4 mm	585.8 mm	595.5 mm

TL-D 18W/840 JIS



OSRAM DULUX D

CFLni, 2 tubes, with 2-pin base for CCG operation



Areas of application

- Offices, public buildings
- Shops
- Supermarkets and department stores
- Hotels, restaurants
- Industry

Product benefits

- Extremely economical
- Good quality of light
- Excellent luminous flux
- Long service life
- Improved maintenance

Product features

- Average life: 10,000 h
- Color rendering index R_a : 80...89
- Short and compact pin-base lamp with double-turn tubes
- Single-ended two-pin plug-in G24d base



Product family datasheet

Technical data

Product description	Electrical data			Photometrical data					Dimensions & weight	
	Nominal wattage	Rated wattage	Nominal voltage	Nominal luminous flux	Luminous flux at 25 °C	Rated luminous flux	Color temperature	Color rendering index Ra	Diameter	Overall length
DULUX D 10 W/827	10.00 W	10.00 W		600 lm	600 lm	600 lm	2700 K	80...89	12.0 mm	108.0 mm
DULUX D 10 W/830	10.00 W	10.00 W		600 lm	600 lm	600 lm	3000 K	80...89	12.0 mm	108.0 mm
DULUX D 10 W/840	10.00 W	10.00 W		600 lm	600 lm	600 lm	4000 K	80...89	11.0 mm	108.0 mm
DULUX D 13 W/827	13.00 W	13.00 W		900 lm	900 lm	900 lm	2700 K	80...89	11.0 mm	136.0 mm
DULUX D 13 W/830	13.00 W	13.00 W		900 lm	900 lm	900 lm	3000 K	80...89	11.0 mm	136.0 mm
DULUX D 13 W/840	13.00 W	13.00 W		900 lm	900 lm	900 lm	4000 K	80...89	11.0 mm	136.0 mm
DULUX D 13 W/865	13.00 W	13.00 W	91.0 V	855 lm	855 lm	855 lm	6500 K	80...89	12.0 mm	140.5 mm
DULUX D 18 W/827 ¹⁾	18.00 W	18.00 W		1200 lm	1200 lm	1200 lm	2700 K	80...89	11.0 mm	151.0 mm
DULUX D 18 W/830 ¹⁾	18.00 W	18.00 W		1200 lm	1200 lm	1200 lm	3000 K	80...89	11.0 mm	151.0 mm
DULUX D 18 W/840 ¹⁾	18.00 W	18.00 W		1200 lm	1200 lm	1200 lm	4000 K	80...89	11.0 mm	151.0 mm
DULUX D 18 W/865 ¹⁾	18.00 W	18.00 W	100 V	1130 lm	1140 lm	1130 lm	6500 K	80...89	12.0 mm	153.0 mm
DULUX D 26 W/827	26.00 W	26.00 W		1800 lm	1800 lm	1800 lm	2700 K	80...89	11.0 mm	170.0 mm
DULUX D 26 W/830	26.00 W	26.00 W		1800 lm	1800 lm	1800 lm	3000 K	80...89	11.0 mm	170.0 mm
DULUX D 26 W/840	26.00 W	26.00 W		1800 lm	1800 lm	1800 lm	4000 K	80...89	11.0 mm	170.0 mm
DULUX D 26 W/865	26.00 W	26.00 W	105 V	1700 lm	1710 lm	1700 lm	6500 K	80...89	13.0 mm	170.0 mm

Product description	Length with base excl. base pins/connection	Lifespan			Additional product data		Capabilities	Certificates & standards	
		Nominal lamp life time	Rated lamp life time	Service life	Base (standard designation)	Mercury content	Dimmable	Energy efficiency class	Energy consumption
DULUX D 10 W/827	87.00 mm	10000 h	10000 h	6500 h	G24d-1	1.3 mg	No	B	13 kWh/1000h
DULUX D 10 W/830	87.00 mm	10000 h	10000 h	6500 h	G24d-1	1.3 mg	No	B	13 kWh/1000h
DULUX D 10 W/840	87.00 mm	10000 h	10000 h	6500 h	G24d-1	1.3 mg	No	B	13 kWh/1000h
DULUX D 13 W/827	115.00 mm	10000 h	10000 h	6500 h	G24d-1	1.3 mg	No	A	17 kWh/1000h

Product family datasheet

Product description	Length with base excl. base pins/connection	Lifespan			Additional product data		Capabilities	Certificates & standards	
		Nominal lamp life time	Rated lamp life time	Service life	Base (standard designation)	Mercury content	Dimmable	Energy efficiency class	Energy consumption
DULUX D 13 W/830	115.00 mm	10000 h	10000 h	6500 h	G24d-1	1.3 mg	No	A	17 kWh/1000h
DULUX D 13 W/840	115.00 mm	10000 h	10000 h	6500 h	G24d-1	1.3 mg	No	A	17 kWh/1000h
DULUX D 13 W/865	115.00 mm	10000 h	10000 h	6500 h	G24d-1	2.5 mg	No	A	17 kWh/1000h
DULUX D 18 W/827 ¹⁾	130.00 mm	10000 h	10000 h	6500 h	G24d-2	1.3 mg	No	B	23 kWh/1000h
DULUX D 18 W/830 ¹⁾	130.00 mm	10000 h	10000 h	6500 h	G24d-2	1.3 mg	No	B	23 kWh/1000h
DULUX D 18 W/840 ¹⁾	130.00 mm	10000 h	10000 h	6500 h	G24d-2	1.3 mg	No	B	23 kWh/1000h
DULUX D 18 W/865 ¹⁾	130.00 mm	10000 h	10000 h	6500 h	G24d-2	2.5 mg	No	A	23 kWh/1000h
DULUX D 26 W/827	149.00 mm	10000 h	10000 h	6500 h	G24d-3	1.3 mg	No	A	32 kWh/1000h
DULUX D 26 W/830	149.00 mm	10000 h	10000 h	6500 h	G24d-3	1.3 mg	No	A	32 kWh/1000h
DULUX D 26 W/840	149.00 mm	10000 h	10000 h	6500 h	G24d-3	1.3 mg	No	A	32 kWh/1000h
DULUX D 26 W/865	149.00 mm	10000 h	10000 h	6500 h	G24d-3	1.3 mg	No	B	32 kWh/1000h

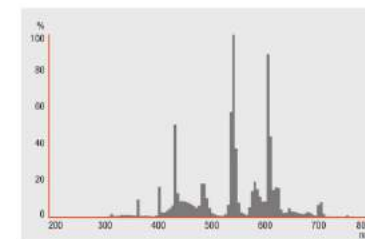
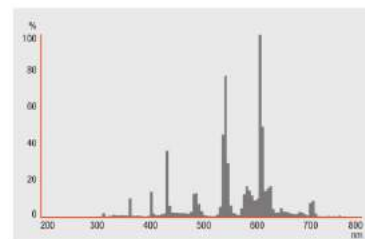
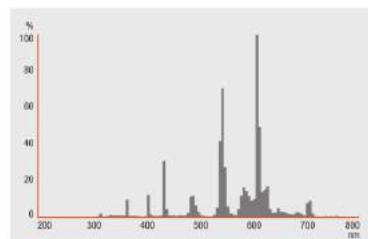
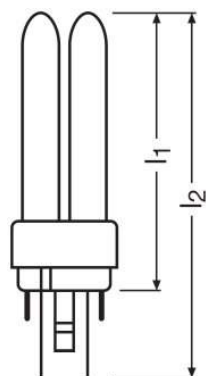
Country specific categorizations

Product description	ILCOS
DULUX D 10 W/827	FSQ-10/827-I-G24d-1
DULUX D 10 W/830	FSQ-10/830-I-G24d-1
DULUX D 10 W/840	FSQ-10/840-I-G24d-1
DULUX D 13 W/827	FSQ-13/827-I-G24d-1
DULUX D 13 W/830	FSQ-13/830-I-G24d-1
DULUX D 13 W/840	FSQ-13/840-I-G24d-1
DULUX D 13 W/865	FSQ-13/865-I-G24d-1
DULUX D 18 W/827 ¹⁾	FSQ-18/827-I-G24d-2
DULUX D 18 W/830 ¹⁾	FSQ-18/830-I-G24d-2
DULUX D 18 W/840 ¹⁾	FSQ-18/840-I-G24d-2
DULUX D 18 W/865 ¹⁾	FSQ-18/865-I-G24d-2
DULUX D 26 W/827	FSQ-26/827-I-G24d-3

Product family datasheet

Product description	Country specific categorizations
	ILCOS
DULUX D 26 W/830	FSQ-26/830-I-G24d-3
DULUX D 26 W/840	FSQ-26/840-I-G24d-3
DULUX D 26 W/865	FSQ-26/865-I-G24d-3

1) Suitable only for operation with 0.22 A control gear



DULUX D 10 W/827, DULUX D 10 W/830, DULUX D 10 W/840, DULUX D 13 W/827, DULUX D 13 W/830, DULUX D 13 W/840, DULUX D 13 W/865, DULUX D 18 W/827, DULUX D 18 W/830, DULUX D 18 W/840, DULUX D 18 W/865, DULUX D 26 W/827, DULUX D 26 W/830, DULUX D

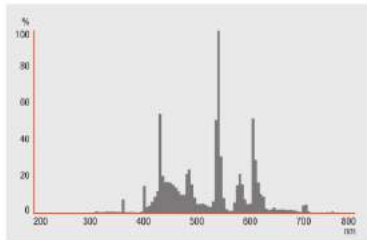
DULUX D 10 W/827, DULUX D 13 W/827, DULUX D 18 W/827, DULUX D 26 W/827

DULUX D 10 W/830, DULUX D 13 W/830, DULUX D 18 W/830, DULUX D 26 W/830

DULUX D 10 W/840, DULUX D 13 W/840, DULUX D 18 W/840, DULUX D 26 W/840

Product family datasheet

26 W/840, DULUX D 26 W/865



DULUX D 13 W/865, DULUX D 18
W/865, DULUX D 26 W/865

Equipment / Accessories

– Suitable for operation on conventional control gear

Safety advice

In case of lamp breakage: www.osram.com/brokenlamp

Product family datasheet

Application advice

For more detailed application information and graphics please see product datasheet.

Logistical Data

Product code	Product description	Packaging unit (Pieces/Unit)	Dimensions (length x width x height)	Volume	Gross weight
4050300008110	DULUX D 10 W/827	Shipping carton box 10	186 mm x 133 mm x 93 mm	2.30 dm ³	478.00 g
4050300025681	DULUX D 10 W/830	Shipping carton box 10	164 mm x 120 mm x 112 mm	2.20 dm ³	478.00 g
4050300010595	DULUX D 10 W/840	Shipping carton box 10	152 mm x 132 mm x 118 mm	2.37 dm ³	478.00 g
4050300008127	DULUX D 13 W/827	Shipping carton box 10	153 mm x 158 mm x 121 mm	2.93 dm ³	583.00 g
4050300025698	DULUX D 13 W/830	Shipping carton box 10	162 mm x 160 mm x 110 mm	2.85 dm ³	566.50 g
4050300025698	DULUX D 13 W/830	Shipping carton box 50	366 mm x 162 mm x 186 mm	11.03 dm ³	3587.00 g
4050300010625	DULUX D 13 W/840	Shipping carton box 10	187 mm x 161 mm x 84 mm	2.53 dm ³	583.00 g
4050300487106	DULUX D 13 W/865	Shipping carton box 10	139 mm x 159 mm x 200 mm	4.42 dm ³	566.50 g
4050300011462	DULUX D 18 W/827	Shipping carton box 10	140 mm x 162 mm x 140 mm	3.18 dm ³	657.00 g
4050300025704	DULUX D 18 W/830	Shipping carton box 10	153 mm x 174 mm x 119 mm	3.17 dm ³	645.00 g

Product family datasheet

Product code	Product description	Packaging unit (Pieces/Unit)	Dimensions (length x width x height)	Volume	Gross weight
4050300012056	DULUX D 18 W/840	Shipping carton box 10	186 mm x 163 mm x 110 mm	3.33 dm ³	609.00 g
4050300487120	DULUX D 18 W/865	Shipping carton box 10	186 mm x 176 mm x 82 mm	2.68 dm ³	609.00 g
4050300011912	DULUX D 26 W/827	Shipping carton box 10	192 mm x 193 mm x 96 mm	3.56 dm ³	694.00 g
4050300025711	DULUX D 26 W/830	Shipping carton box 10	135 mm x 162 mm x 167 mm	3.65 dm ³	695.00 g
4050300012049	DULUX D 26 W/840	Shipping carton box 10	157 mm x 188 mm x 120 mm	3.54 dm ³	705.00 g
4050300486987	DULUX D 26 W/865	Shipping carton box 10	192 mm x 119 mm x 155 mm	3.54 dm ³	694.00 g

The mentioned product code describes the smallest quantity unit which can be ordered. One shipping unit can contain one or more single products. When placing an order, for the quantity please enter single or multiples of a shipping unit.

Disclaimer

Subject to change without notice. Errors and omission excepted. Always make sure to use the most recent release.



MASTER TL-D Super 80

MASTER TL-D Super 80 36W/865 1SL/25

Low-pressure mercury discharge lamps with a tubular 26 mm envelope

Benefits

• General Information

Cap base	G13 [G13]
Bulb shape	T8 [26 mm (T8)]
Life to 10% failures (nom.)	12000 h
Life to 50% failures (nom.)	15000 h
Life to 50% failures preheat (nom.)	20000 h
LSF 2000 h Rated	99 %
LSF 4000 h Rated	99 %
LSF 6000 h Rated	99 %
LSF 8000 h Rated	99 %
LSF 12000 h Rated	89 %
LSF 16000 h Rated	33 %
LSF 20000 h Rated	2 %

• Light Technical

Lamp Luminous Flux 25°C EL (Nom)	3250 lm
Lamp Luminous Flux (Nom)	3250 lm
Colour Designation	Cool Daylight
Chromaticity coordinate X (nom.)	313
Chromaticity coordinate Y (nom.)	337
Colour Temperature, horizontal (Nom)	6500 K
Lamp Luminous Efficacy EM (Nom)	84 lm/W
Colour Rendering Index, horiz (Nom)	85
LLMF 2000 h Rated	96 %
LLMF 4000 h Rated	95 %
LLMF 6000 h Rated	94 %

LLMF 8000 h Rated	93 %
LLMF 12000 h Rated	92 %
LLMF 16000 h Rated	91 %
LLMF 20000 h Rated	90 %

• Operating and Electrical

Power (Rated) (Nom)	36.0 W
Lamp current (nom.)	0.440 A

• Temperature

Design temperature (nom.)	25 °C
---------------------------	-------

• Controls and Dimming

Dimmable	yes
----------	-----

• Mechanical and Housing

Cap base information	Green Plate
----------------------	-------------

• Approval and Application

Energy efficiency label (EEL)	A
Mercury (Hg) content (nom.)	2.0 mg
Energy Consumption kWh/1000 h	42 kWh

• Product Data

Full product code	871150063207440
-------------------	-----------------

PHILIPS

MASTER TL-D Super 80

Order product name MASTER TL-D Super 80 36W/865
1SL/25
EAN/UPC – product 8711500632074
Order code 927921086544
Numerator – 1
quantity per pack

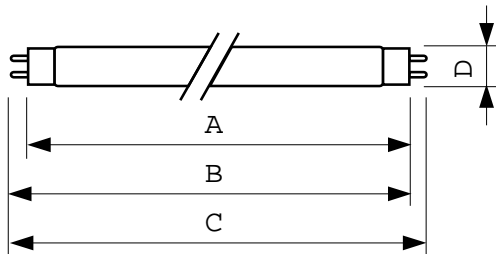
Numerator – packs 25
per outer box
Material no. (12NC) 927921086544
Net weight (piece) 124.600 g
ILCOS Code FD-36/65/1B-E-G13

Warnings and Safety

- A lamp breaking is extremely unlikely to have any impact on your health. If a lamp breaks, ventilate the room for 30 minutes and

remove the parts, preferably with gloves. Put them in a sealed plastic bag and take it to your local waste facilities for recycling. Do not use a vacuum cleaner.

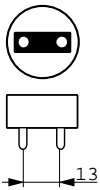
Dimensional drawing



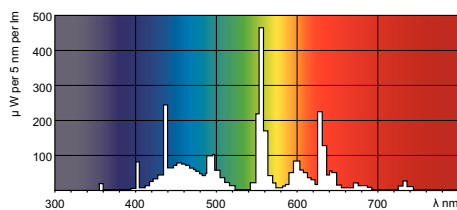
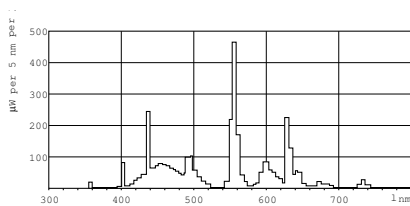
TL-D 36W/865

Product	D	A	B	B	C
MASTER TL-D Super 80 36W/865 1SL/25	28 mm	1199.4 mm	1206.5 mm	1204.1 mm	1213.6 mm

G13, T8



Photometric data





© 2015 Philips Lighting Holding B.V.
All rights reserved.

Specifications are subject to change without notice. Trademarks are the property of Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips) or their respective owners.

www.philips.com/lighting

2015, December 28
data subject to change

ANEXO III: INFORME INSTALACIÓN PHILIPS

Ciente:
Centro Universitario de la
Defensa

Proyecto elaborado por:
AF (CGA-EOF) D. Javier Vereda
Gorgá

Dirección de proyecto:
Dr. Xavier Núñez Nieto

Fecha:
08/03/2019

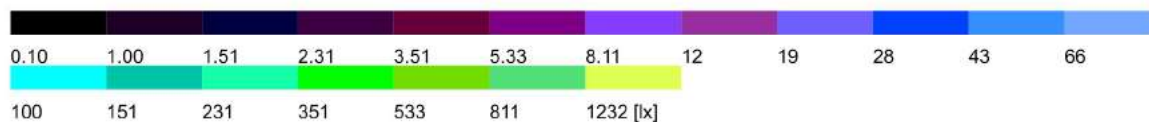
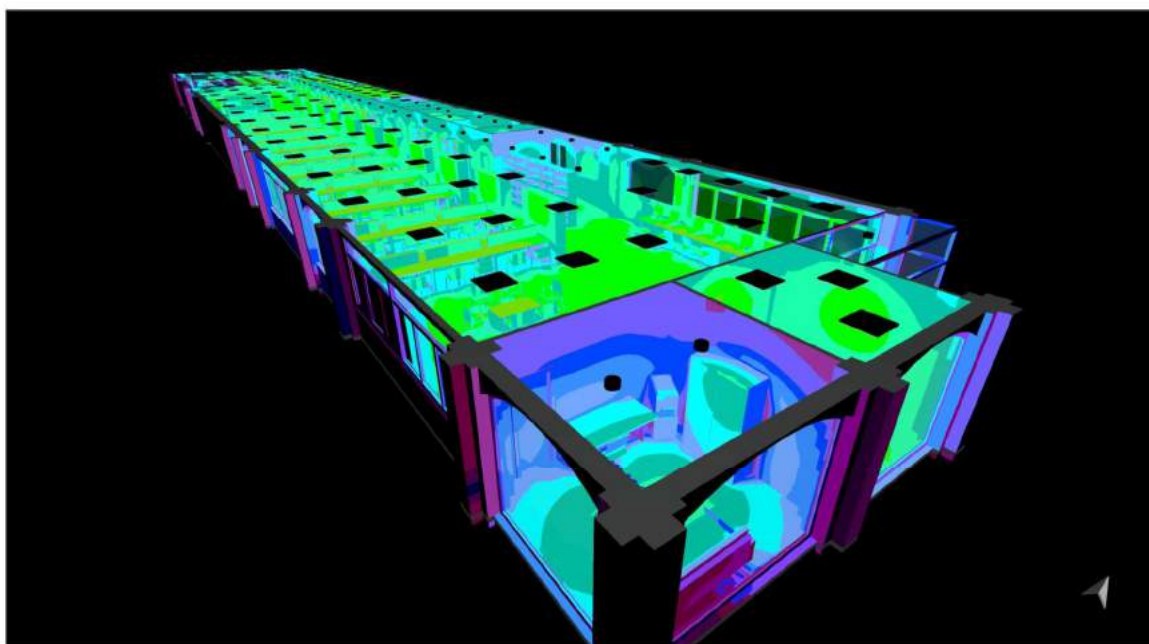
Escuela Naval Militar
Plaza de España S/N Marín
(Pontevedra) 36920

Plaza de España S/N Marín
(Pontevedra) 36920
jvereda@alumnos.uvigo.es



Instalación de alumbrado interior de la biblioteca académica "Gabriel Císcar y Císcar" de la Escuela Naval Militar

Modelado fotométrico LED en 3D mediante tecnología BIM2BEM de la biblioteca académica "Gabriel Císcar y Císcar" en la Escuela Naval Militar





Índice

Instalación de alumbrado interior de la biblioteca académica "Gabriel Císcar y Císcar" de la Escuela Naval Militar

Instalación de alumbrado interior de la biblioteca académica "Gabriel Císcar y Císcar" de la Escuela Naval Militar

Philips - DN140B IA1 D216 1 xLED20S/840 C (1xLED20S/840/-).....	4
Philips - RC128V W62L62 1 xLED34S/830 OC (1xLED34S/830/-).....	7

Francisco Moreno

Edificación 1

Planta (nivel) 1

01. Biblioteca

Sinopsis de locales.....	10
Plano de situación de luminarias.....	11
Vistas.....	13
Resumen de resultados de puntos.....	14
Plano útil (01. Biblioteca) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	16
UGR Mesa Cerca / UGR.....	17
UGR Mesa Final / UGR.....	19

02. Estudio

Sinopsis de locales.....	21
Plano de situación de luminarias.....	22
Vistas.....	23

03. Despacho Bibliotecario

Sinopsis de locales.....	24
Plano de situación de luminarias.....	25
Vistas.....	26
Plano útil (03. Despacho Bibliotecario) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	27

04. Seminario 1

Sinopsis de locales.....	31
Plano de situación de luminarias.....	32
Vistas.....	33
Plano útil (04. Seminario 1) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	34
Seminario 1 / UGR.....	37

05. Seminario 2

Sinopsis de locales.....	38
Plano de situación de luminarias.....	39
Vistas.....	40
Plano útil (05. Seminario 2) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	41
Seminario 2 / UGR.....	43

06. Seminario 3

Sinopsis de locales.....	44
Plano de situación de luminarias.....	45
Vistas.....	46
Plano útil (06. Seminario 3) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	47
Seminario 3 / UGR.....	49

07. Seminario 4

Sinopsis de locales.....	51
Plano de situación de luminarias.....	52
Vistas.....	53
Resumen de resultados de puntos.....	54
Plano útil (07. Seminario 4) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	55
Seminario 4 / UGR.....	57

08. Seminario 5

Sinopsis de locales.....	58
Plano de situación de luminarias.....	59
Vistas.....	60
Plano útil (08. Seminario 5) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	61
Seminario 5 Cerca / UGR.....	63
Seminario 5 lejos / UGR.....	65

09. Depósito 1



Sinopsis de locales.....	67
Plano de situación de luminarias.....	68
Vistas.....	69
Plano útil (09. Depósito 1) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	70
10. Depósito 2	
Sinopsis de locales.....	72
Plano de situación de luminarias.....	73
Vistas.....	74
Plano útil (10. Depósito 2) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	75
11. Reprografía	
Sinopsis de locales.....	77
Plano de situación de luminarias.....	78
Vistas.....	79
Plano útil (11. Reprografía) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	80
12. Almacén	
Sinopsis de locales.....	84
Plano de situación de luminarias.....	85
Plano útil (12. Almacén) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	86
13. Baño 1	
Sinopsis de locales.....	89
Plano de situación de luminarias.....	90
Vistas.....	91
Plano útil (13. Baño 1) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	92
14. Baño 2	
Sinopsis de locales.....	94
Plano de situación de luminarias.....	95
Vistas.....	96
Plano útil (14. Baño 2) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	97
15. Limpieza	
Sinopsis de locales.....	99
Plano de situación de luminarias.....	100
Plano útil (15. Limpieza) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	101
16. Mantenimiento	
Sinopsis de locales.....	104
Plano de situación de luminarias.....	105
Plano útil (16. Mantenimiento) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	106
17. Baño Damas	
Sinopsis de locales.....	109
Plano de situación de luminarias.....	110
Vistas.....	111
Plano útil (17. Baño Damas) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	112
18. Baño Caballeros	
Sinopsis de locales.....	115
Plano de situación de luminarias.....	116
Vistas.....	117
Plano útil (18. Baño Caballeros) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	118
19. Entrada	
Sinopsis de locales.....	121
Plano de situación de luminarias.....	122
Vistas.....	123
Plano útil (19. Entrada) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	124



Philips DN140B IA1 D216 1 xLED20S/840 C 1xLED20S/840/-

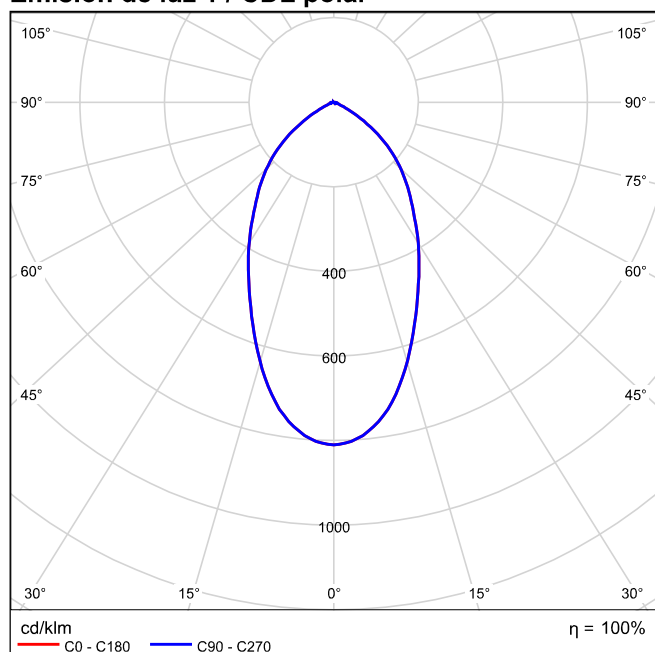
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

CoreLine Downlight: La solución económica para la iluminación de interiores. La familia CoreLine Downlight se ha diseñado para sustituir los downlights convencionales de fluorescencia compacta. Su atractiva relación calidad precio ayuda a los clientes a realizar el cambio a LED. Estas luminarias crean un efecto de iluminación natural para su uso en aplicaciones de iluminación general. También ofrecen ahorros de energía al instante y tienen una vida útil mucho más prolongada, lo que las hace una solución respetuosa con el medio ambiente. Son fáciles de instalar gracias a su tamaño de corte estándar y conectores push-in.

Grado de eficacia de funcionamiento: 100%
Flujo luminoso de lámparas: 2200 lm
Flujo luminoso de las luminarias: 2200 lm
Potencia: 22.0 W
Rendimiento lumínico: 100.0 lm/W

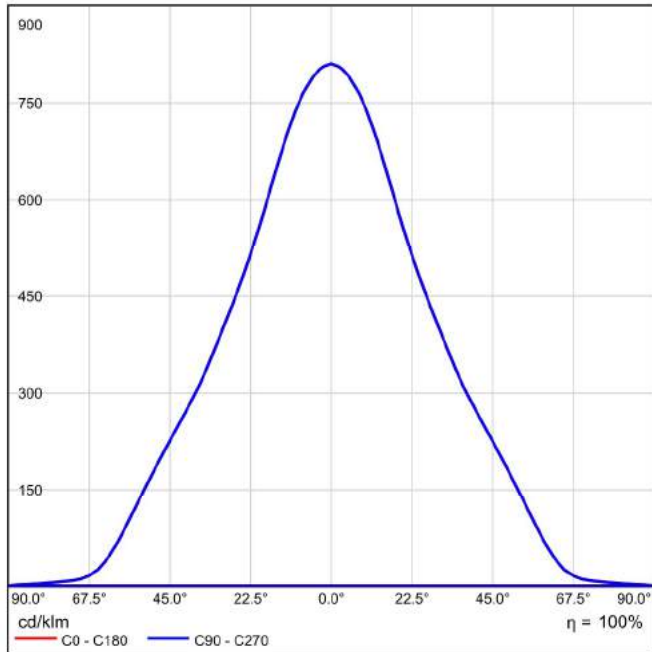
Indicaciones colorimétricas
1xLED20S/840/-: CCT 3000 K, CRI 100

Emisión de luz 1 / CDL polar

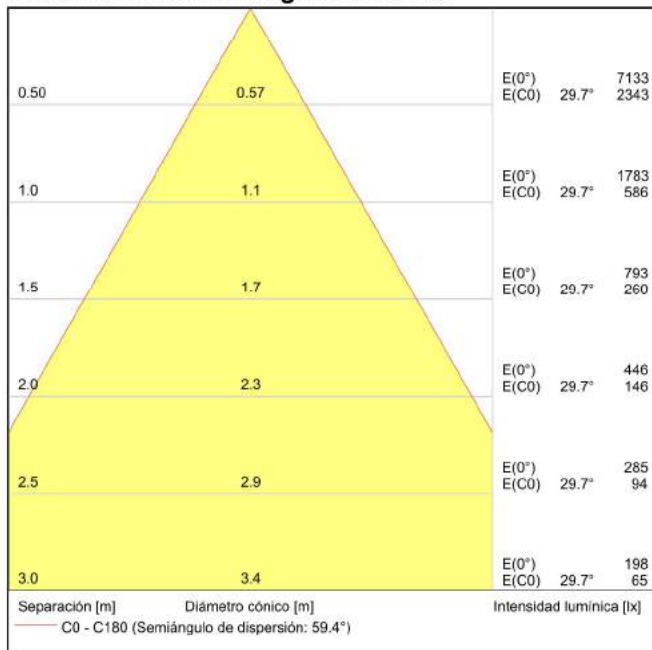




Emisión de luz 1 / CDL lineal

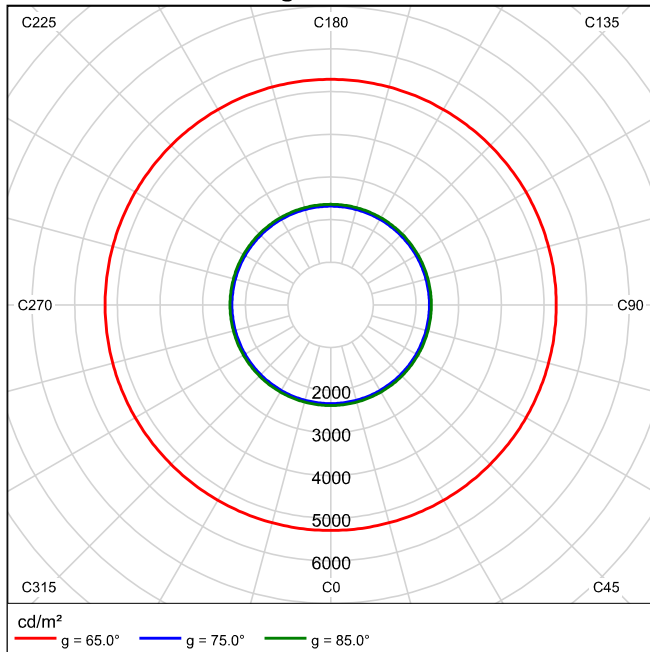


Emisión de luz 1 / Diagrama conico





Emisión de luz 1 / Diagrama de densidad lumínica



Emisión de luz 1 / Diagrama UGR

Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
ρ Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
ρ Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
X	Y										
2H	2H	21.6	22.5	21.8	22.8	23.0	21.6	22.5	21.8	22.8	23.0
	3H	21.5	22.4	21.8	22.6	22.9	21.5	22.4	21.8	22.6	22.9
	4H	21.5	22.3	21.8	22.6	22.8	21.5	22.3	21.8	22.6	22.8
	6H	21.4	22.2	21.8	22.5	22.8	21.4	22.2	21.8	22.5	22.8
	8H	21.4	22.1	21.7	22.4	22.7	21.4	22.1	21.7	22.4	22.7
	12H	21.4	22.1	21.7	22.4	22.7	21.4	22.1	21.7	22.4	22.7
4H	2H	21.6	22.4	21.9	22.7	23.0	21.6	22.4	21.9	22.7	23.0
	3H	21.6	22.3	21.9	22.6	22.9	21.6	22.3	21.9	22.6	22.9
	4H	21.6	22.1	21.9	22.5	22.8	21.6	22.1	21.9	22.5	22.8
	6H	21.5	22.0	21.9	22.4	22.8	21.5	22.0	21.9	22.4	22.8
	8H	21.5	22.0	21.9	22.3	22.8	21.5	22.0	21.9	22.3	22.8
	12H	21.5	21.9	21.9	22.3	22.7	21.5	21.9	21.9	22.3	22.7
8H	4H	21.5	21.9	21.9	22.3	22.7	21.5	21.9	21.9	22.3	22.7
	6H	21.4	21.8	21.9	22.2	22.7	21.4	21.8	21.9	22.2	22.7
	8H	21.4	21.8	21.9	22.2	22.7	21.4	21.8	21.9	22.2	22.7
	12H	21.4	21.7	21.9	22.2	22.7	21.4	21.7	21.9	22.2	22.7
12H	4H	21.4	21.8	21.9	22.2	22.7	21.4	21.8	21.9	22.2	22.7
	6H	21.4	21.7	21.9	22.2	22.6	21.4	21.7	21.9	22.2	22.6
	8H	21.4	21.7	21.9	22.1	22.6	21.4	21.7	21.9	22.1	22.6
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H		+0.6 / -1.2					+0.6 / -1.2				
S = 1.5H		+1.5 / -4.6					+1.5 / -4.6				
S = 2.0H		+3.2 / -7.7					+3.2 / -7.7				
Tabla estándar		BK01					BK01				
Índice de corrección		3.7					3.7				
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 2200lm Flujo luminoso total											

Los valores UGR se calculan según CIE Publ. 117. Spacing-to-Height-Ratio = 0.25



Philips RC128V W62L62 1 xLED34S/830 OC 1xLED34S/830/-



CoreLine Panel: tecnología LED que proporciona una luz uniforme de excelente calidad. Tanto si se trata de un nuevo edificio como de un espacio rehabilitado, los clientes prefieren soluciones de iluminación que combinen luz de calidad con un sustancial ahorro de energía y de mantenimiento. La nueva gama de productos LED CoreLine Panel puede emplearse para sustituir las luminarias funcionales en aplicaciones generales de iluminación. Actualmente se encuentra disponible tanto en versión que cumple la normativa para oficinas (OC) como en versión que no cumple dicha normativa (NOC). El proceso de selección, instalación y mantenimiento es sencillísimo.

Grado de eficacia de funcionamiento: 99.96%

Flujo luminoso de lámparas: 3400 lm

Flujo luminoso de las luminarias: 3399 lm

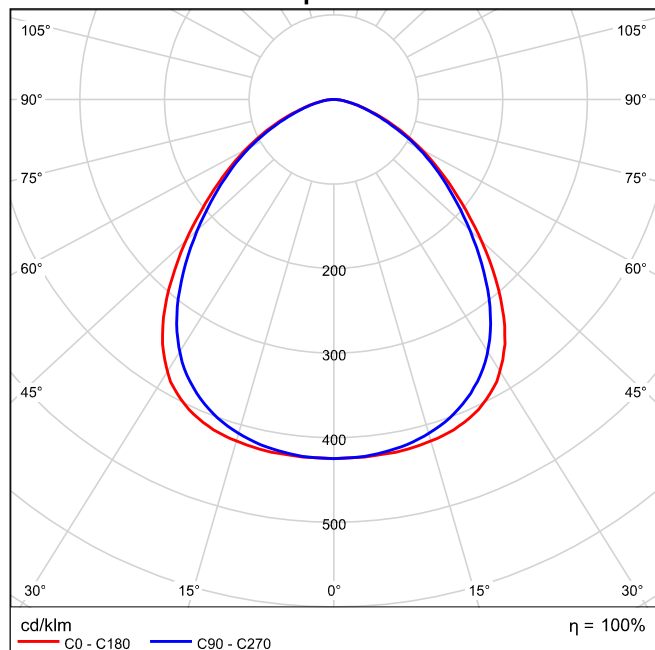
Potencia: 36.0 W

Rendimiento lumínico: 94.4 lm/W

Indicaciones colorimétricas

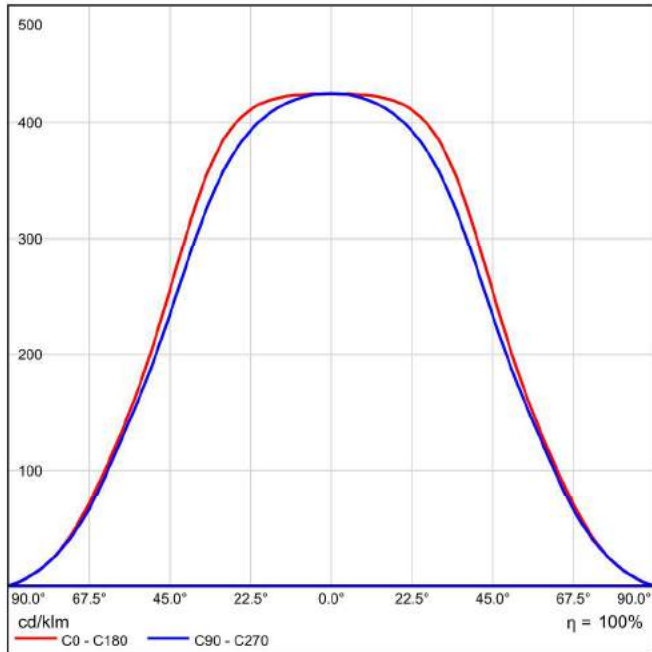
1xLED34S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100

Emisión de luz 1 / CDL polar

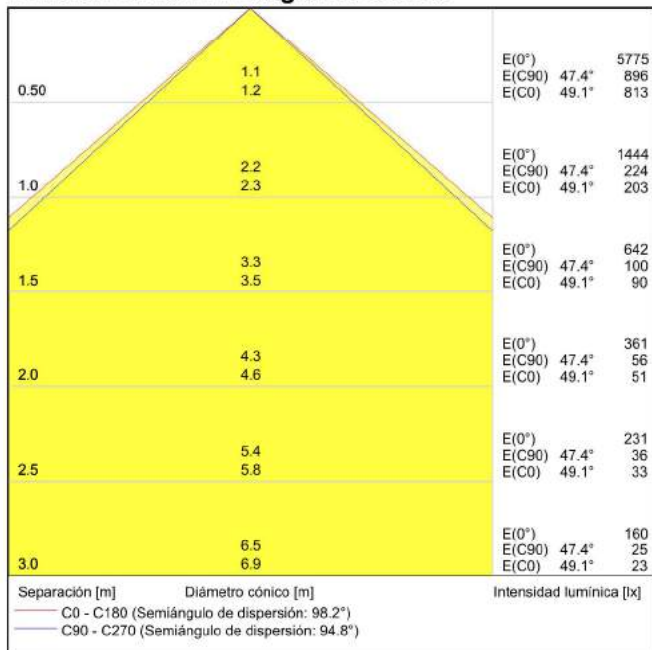




Emisión de luz 1 / CDL lineal

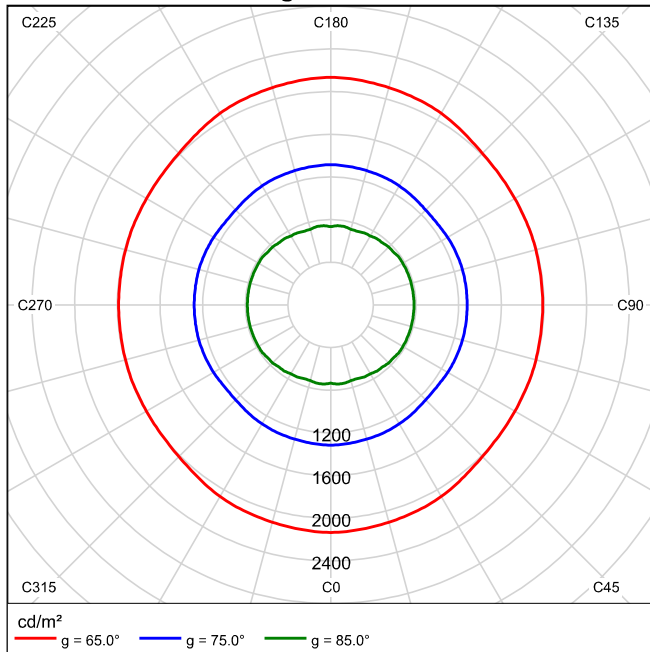


Emisión de luz 1 / Diagrama conico





Emisión de luz 1 / Diagrama de densidad lumínica



Emisión de luz 1 / Diagrama UGR

Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
ρ Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
ρ Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
X	Y										
2H	2H	16.0	17.2	16.3	17.4	17.6	15.7	16.8	16.0	17.1	17.3
	3H	16.8	17.9	17.1	18.1	18.4	16.5	17.5	16.8	17.8	18.0
	4H	17.0	18.0	17.4	18.3	18.6	16.7	17.7	17.0	18.0	18.3
	6H	17.2	18.1	17.5	18.4	18.7	16.8	17.8	17.2	18.1	18.4
	8H	17.2	18.1	17.5	18.4	18.7	16.9	17.8	17.2	18.1	18.4
	12H	17.2	18.0	17.6	18.3	18.7	16.9	17.7	17.3	18.0	18.4
4H	2H	16.4	17.4	16.7	17.6	17.9	16.1	17.1	16.4	17.4	17.6
	3H	17.3	18.2	17.7	18.5	18.8	17.0	17.9	17.4	18.2	18.5
	4H	17.7	18.4	18.0	18.7	19.1	17.4	18.1	17.8	18.4	18.8
	6H	17.8	18.5	18.3	18.9	19.2	17.6	18.2	18.0	18.6	19.0
	8H	17.9	18.5	18.3	18.9	19.3	17.6	18.2	18.1	18.6	19.0
	12H	17.9	18.4	18.4	18.8	19.3	17.7	18.2	18.1	18.6	19.0
8H	4H	17.7	18.3	18.2	18.7	19.1	17.5	18.1	17.9	18.4	18.9
	6H	18.0	18.5	18.5	18.9	19.4	17.8	18.2	18.2	18.7	19.1
	8H	18.1	18.5	18.6	18.9	19.4	17.9	18.3	18.3	18.7	19.2
	12H	18.1	18.5	18.6	19.0	19.5	17.9	18.3	18.4	18.7	19.2
12H	4H	17.7	18.3	18.2	18.7	19.1	17.5	18.0	17.9	18.4	18.8
	6H	18.0	18.4	18.5	18.9	19.3	17.8	18.2	18.2	18.6	19.1
	8H	18.1	18.5	18.6	18.9	19.4	17.9	18.2	18.4	18.7	19.2
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H		+0.3 / -0.4					+0.3 / -0.4				
S = 1.5H		+0.4 / -0.9					+0.4 / -0.9				
S = 2.0H		+1.1 / -1.6					+1.0 / -1.7				
Tabla estándar		BK03					BK03				
umando de corrección		0.4					0.1				
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 3400lm Flujo luminoso total											

Los valores UGR se calculan según CIE Publ. 117. Spacing-to-Height-Ratio = 0.25



01. Biblioteca



Altura interior del local: 2.400 m hasta 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 59.9%, Suelo 45.6%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (01. Biblioteca)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.600 m	552 (≥ 500)	238	929	0.43	0.26

#	Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
29	Philips - DN140B IA1 D216 1 xLED20S/840 C	2200	22.0	100.0
61	Philips - RC128V W62L62 1 xLED34S/830 OC	3399	36.0	94.4
	Suma total de luminarias	271139	2834.0	95.7

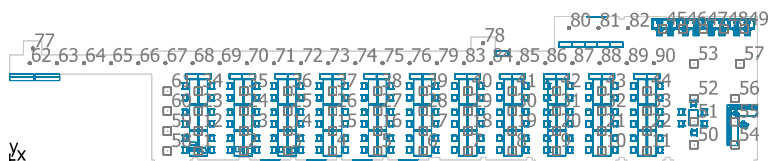
Potencia específica de conexión: 6.06 W/m² (Superficie de planta de la estancia 467.99 m²),
 Potencia específica de conexión: 7.77 W/m² = 1.41 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 364.83 m²)

Consumo: 7600 - 9350 kWh/a de un máximo de 16400 kWh/a

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



01. Biblioteca



Philips RC128V W62L62 1 xLED34S/830 OC

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	14.735	0.710	2.843	0.80
2	18.275	0.710	2.843	0.80
3	21.704	0.710	2.843	0.80
4	25.214	0.710	2.843	0.80
5	28.723	0.710	2.843	0.80
6	32.288	0.710	2.843	0.80
7	35.773	0.710	2.843	0.80
8	39.252	0.710	2.843	0.80
9	42.706	0.710	2.843	0.80
10	46.228	0.710	2.843	0.80
11	49.768	0.710	2.843	0.80
12	14.735	2.267	2.843	0.80
13	18.275	2.267	2.843	0.80
14	21.704	2.267	2.843	0.80
15	25.214	2.267	2.843	0.80
16	28.723	2.267	2.843	0.80
17	32.288	2.267	2.843	0.80
18	35.773	2.267	2.843	0.80
19	39.252	2.267	2.843	0.80
20	42.706	2.267	2.843	0.80
21	46.228	2.267	2.843	0.80
22	49.768	2.267	2.843	0.80
23	14.735	3.823	2.843	0.80
24	18.275	3.823	2.843	0.80
25	21.704	3.823	2.843	0.80
26	25.214	3.823	2.843	0.80
27	28.723	3.823	2.843	0.80
28	32.288	3.823	2.843	0.80
29	35.773	3.823	2.843	0.80
30	39.252	3.823	2.843	0.80
31	42.706	3.823	2.843	0.80
32	46.228	3.823	2.843	0.80
33	49.768	3.823	2.843	0.80
34	14.735	5.379	2.843	0.80
35	18.275	5.379	2.843	0.80
36	21.704	5.379	2.843	0.80
37	25.214	5.379	2.843	0.80
38	28.723	5.379	2.843	0.80
39	32.288	5.379	2.843	0.80
40	35.773	5.379	2.843	0.80
41	39.252	5.379	2.843	0.80
42	42.706	5.379	2.843	0.80



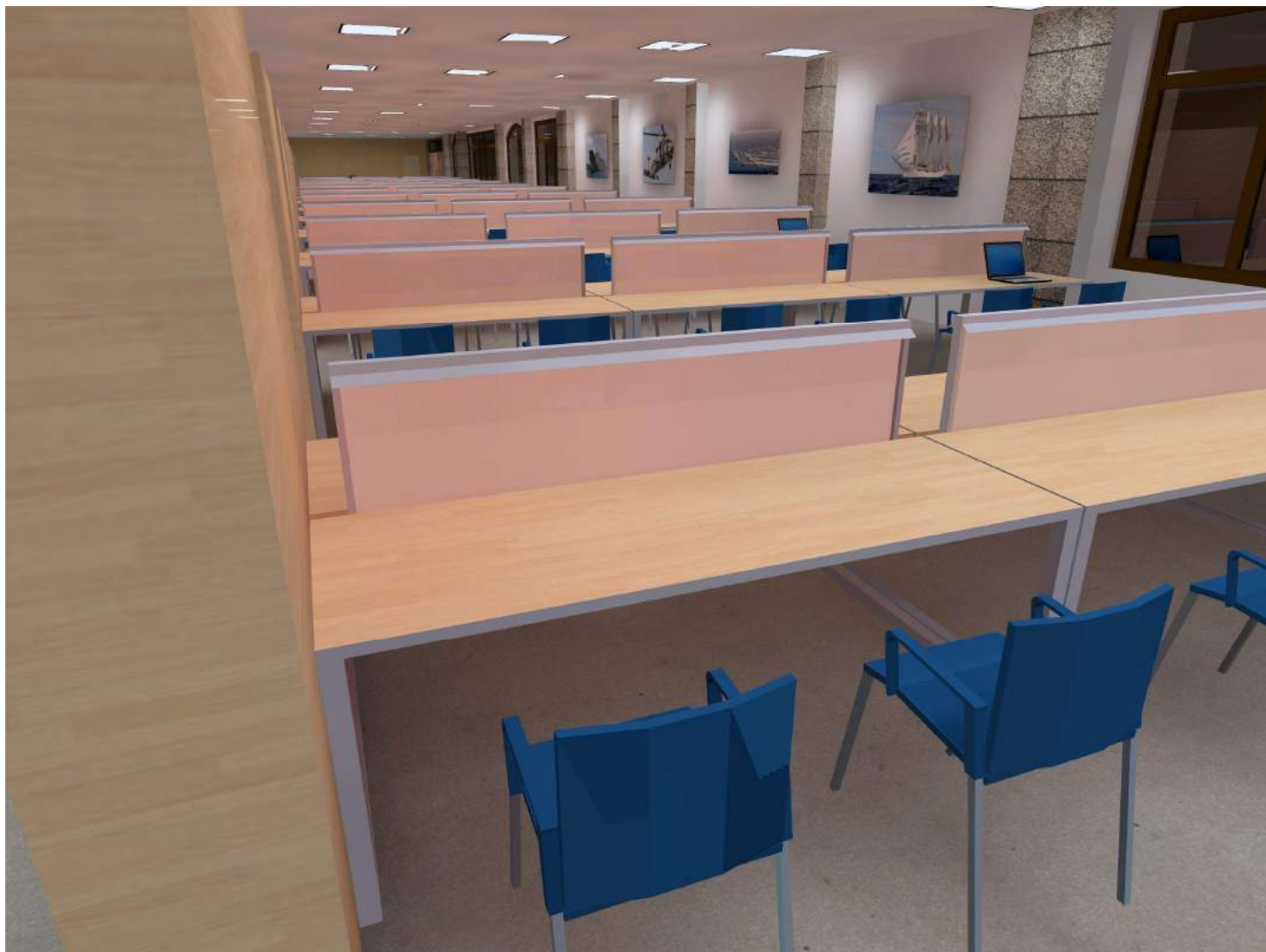
Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
43	46.228	5.379	2.843	0.80
44	49.768	5.379	2.843	0.80
45	50.959	10.208	2.843	0.80
46	52.559	10.208	2.843	0.80
47	54.159	10.208	2.843	0.80
48	55.759	10.208	2.843	0.80
49	57.359	10.208	2.843	0.80
50	53.426	1.193	2.843	0.80
51	53.426	2.998	2.843	0.80
52	53.426	4.803	2.843	0.80
53	53.426	7.507	2.843	0.80
54	56.637	1.193	2.843	0.80
55	56.637	2.998	2.843	0.80
56	56.637	4.803	2.843	0.80
57	57.009	7.507	2.843	0.80
58	12.309	0.710	2.843	0.80
59	12.309	2.267	2.843	0.80
60	12.309	3.823	2.843	0.80
61	12.309	5.379	2.843	0.80

Philips DN140B IA1 D216 1 xLED20S/840 C

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
62	1.567	7.557	2.905	0.80
63	3.685	7.557	2.905	0.80
64	5.804	7.557	2.905	0.80
65	7.922	7.557	2.905	0.80
66	10.041	7.557	2.905	0.80
67	12.159	7.557	2.905	0.80
68	14.278	7.557	2.905	0.80
69	16.396	7.557	2.905	0.80
70	18.515	7.557	2.905	0.80
71	20.633	7.557	2.905	0.80
72	22.752	7.557	2.905	0.80
73	24.870	7.557	2.905	0.80
74	26.988	7.557	2.905	0.80
75	29.107	7.557	2.905	0.80
76	31.225	7.557	2.905	0.80
77	1.809	8.707	2.905	0.80
78	36.959	9.123	2.905	0.80
79	33.344	7.557	2.905	0.80
80	43.670	10.307	2.905	0.80
81	45.970	10.307	2.905	0.80
82	48.271	10.307	2.905	0.80
83	35.462	7.557	2.905	0.80
84	37.581	7.557	2.905	0.80
85	39.699	7.557	2.905	0.80
86	41.818	7.557	2.905	0.80
87	43.936	7.557	2.905	0.80
88	46.055	7.557	2.905	0.80
89	48.173	7.557	2.905	0.80
90	50.291	7.557	2.905	0.80

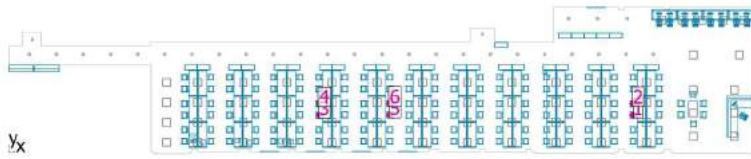


01. Biblioteca





01. Biblioteca



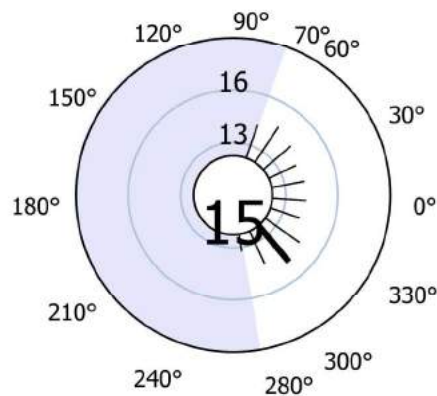
General

Puntos	Resultado	Valor
1 Punto de cálculo 8	Intensidad lumínica horizontal [lx] Altura: 1.200 m	546
2 Punto de cálculo 14	Intensidad lumínica horizontal [lx] Altura: 1.200 m	559
3 Punto de cálculo 22	Intensidad lumínica horizontal [lx] Altura: 1.200 m	636
4 Punto de cálculo 23	Intensidad lumínica horizontal [lx] Altura: 1.200 m	642
5 Punto de cálculo 24	Intensidad lumínica horizontal [lx] Altura: 1.200 m	632
6 Punto de cálculo 25	Intensidad lumínica horizontal [lx] Altura: 1.200 m	637

Evaluación del deslumbramiento

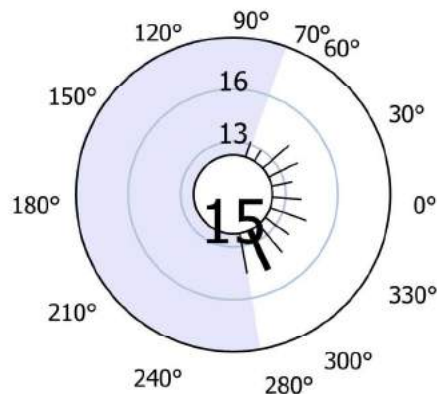
1 Punto de cálculo 8

UGR
 Máx. deslumbramiento a: 310°
 Max: 15.0
 Valor límite: ≤19.0
 Área del ángulo visual: 280° - 80°
 Amplitud de paso: 15°
 Altura: 1.200 m



2 Punto de cálculo 14

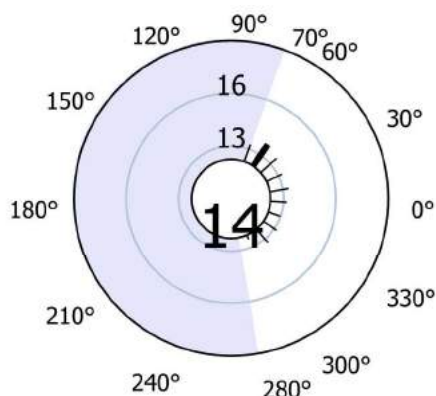
UGR
 Máx. deslumbramiento a: 295°
 Max: 14.8
 Valor límite: ≤19.0
 Área del ángulo visual: 280° - 80°
 Amplitud de paso: 15°
 Altura: 1.200 m





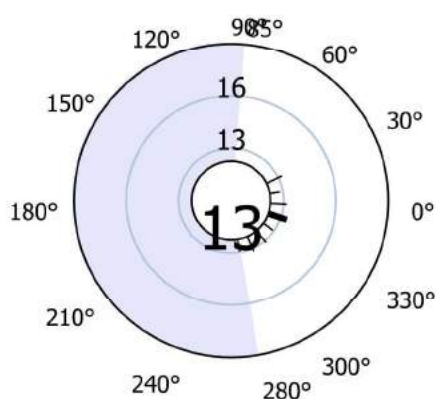
3 Punto de cálculo 22

UGR
 Máx. deslumbramiento a: 415°
 Max: 13.7
 Valor límite: ≤19.0
 Área del ángulo visual: 280° - 80°
 Amplitud de paso: 15°
 Altura: 1.200 m



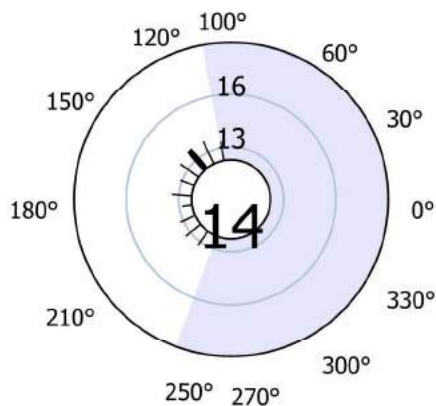
4 Punto de cálculo 23

UGR
 Máx. deslumbramiento a: 340°
 Max: 13.4
 Valor límite: ≤19.0
 Área del ángulo visual: 280° - 90°
 Amplitud de paso: 15°
 Altura: 1.200 m



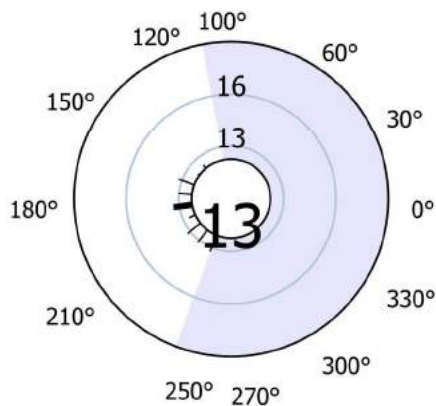
5 Punto de cálculo 24

UGR
 Máx. deslumbramiento a: 130°
 Max: 13.6
 Valor límite: ≤19.0
 Área del ángulo visual: 100° - 260°
 Amplitud de paso: 15°
 Altura: 1.200 m



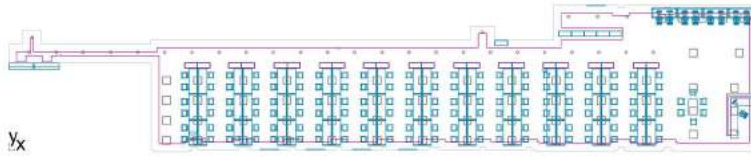
6 Punto de cálculo 25

UGR
 Máx. deslumbramiento a: 190°
 Max: 13.3
 Valor límite: ≤19.0
 Área del ángulo visual: 100° - 260°
 Amplitud de paso: 15°
 Altura: 1.200 m





Plano útil (01. Biblioteca) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)

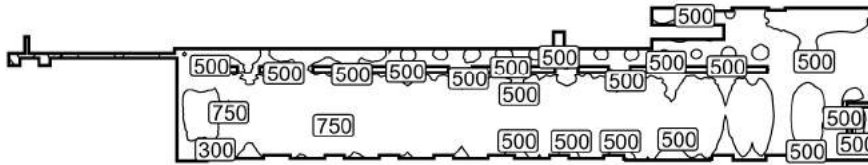


Plano útil (01. Biblioteca): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

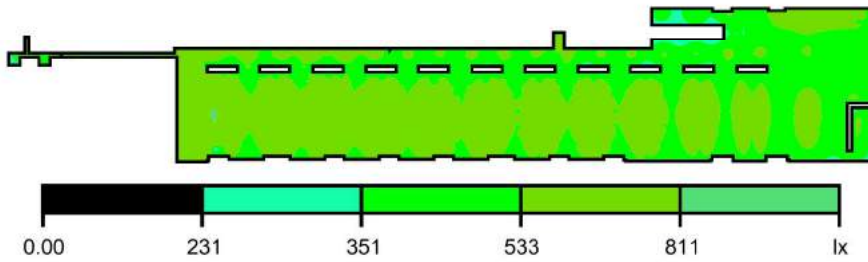
Media: 552 lx (Nominal: ≥ 500 lx), Min: 238 lx, Max: 929 lx, Min./medio: 0.43, Min./máx.: 0.26
 Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.600 m

Isolíneas [lx]



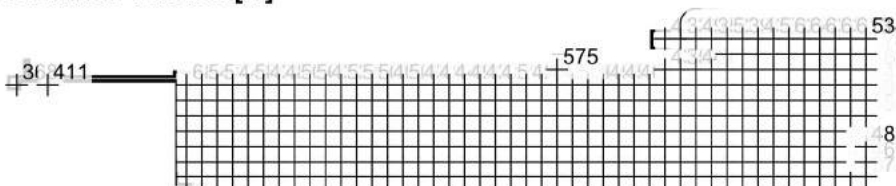
Escala: 1 : 500

Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 500

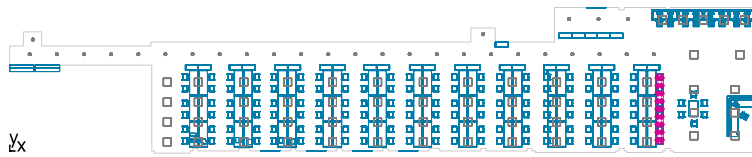
Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 500



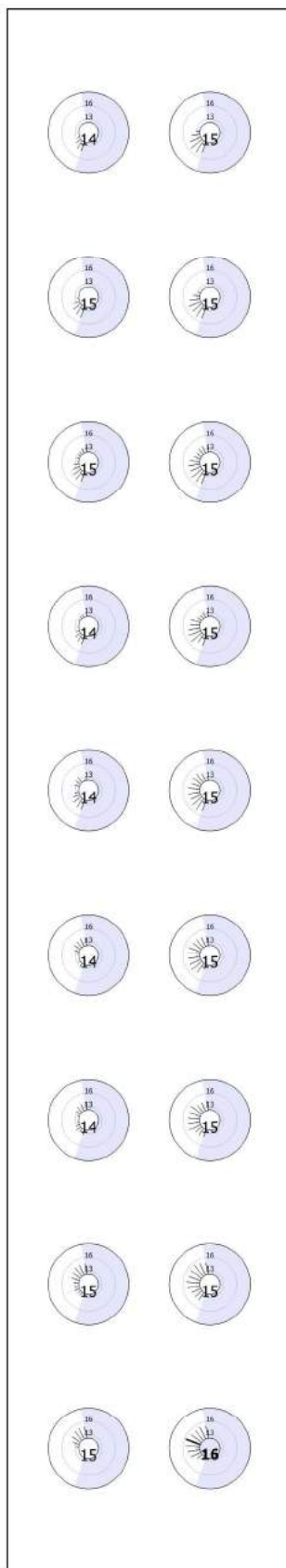
UGR Mesa Cerca / UGR



UGR Mesa Cerca: UGR (Trama)

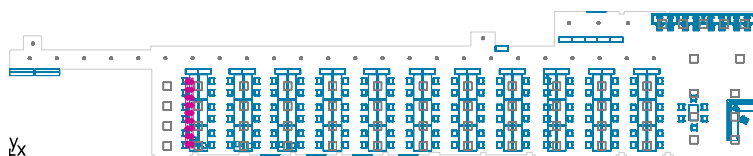
Escena de luz: Escena de luz 1

Máx. deslumbramiento a: 160°, Max: 15.6, Valor límite: ≤ 19.0 , Área del ángulo visual: 100° - 260°, Amplitud de paso: 15°, Altura: 1.200 m





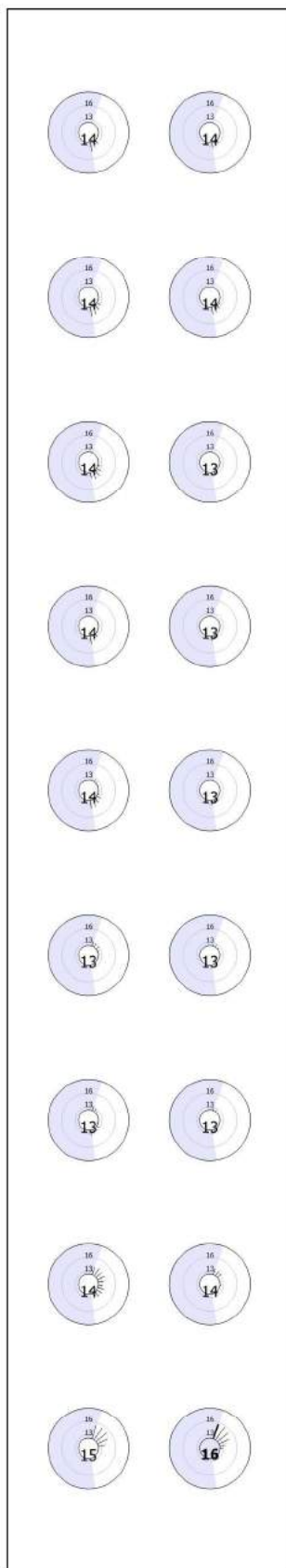
UGR Mesa Final / UGR



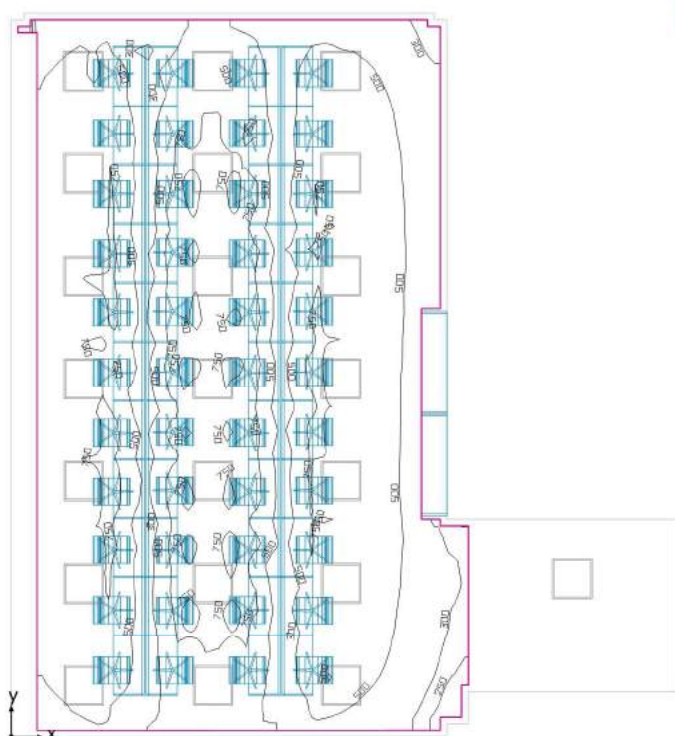
UGR Mesa Final: UGR (Trama)

Escena de luz: Escena de luz 1

Máx. deslumbramiento a: 430°, Max: 15.6, Valor límite: ≤ 19.0 , Área del ángulo visual: 280° - 80°, Amplitud de paso: 15°, Altura: 1.200 m



02. Estudio



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 83.3%, Suelo 6.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (02. Estudio)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	604 (≥ 500)	120	868	0.20	0.14

#	Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
22	Philips - RC128V W62L62 1 xLED34S/830 OC	3399	36.0	94.4
	Suma total de luminarias	74778	792.0	94.4

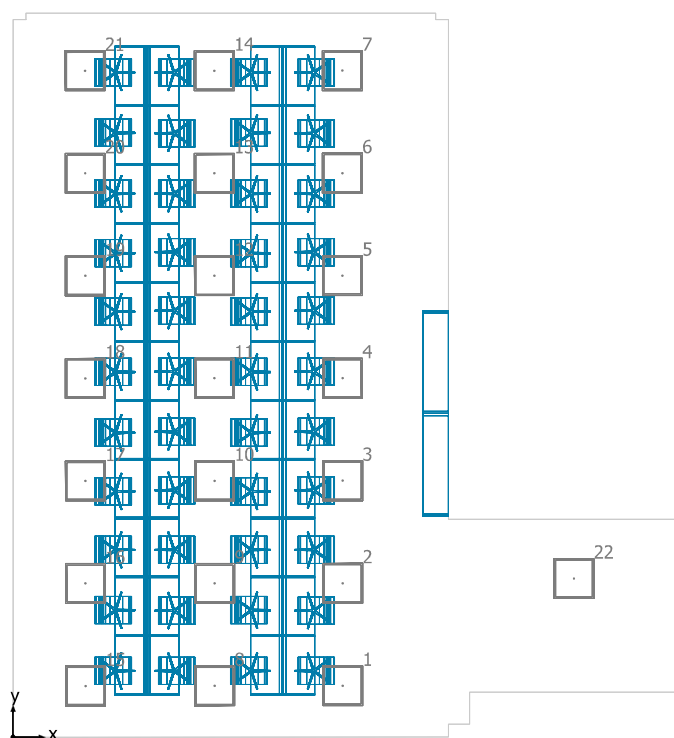
Potencia específica de conexión: 9.13 W/m² (Superficie de planta de la estancia 86.70 m²),
 Potencia específica de conexión: 11.28 W/m² = 1.87 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 70.22 m²)

Consumo: 1900 - 2600 kWh/a de un máximo de 3050 kWh/a

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



02. Estudio



Philips RC128V W62L62 1 xLED34S/830 OC

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	5.149	0.804	2.843	0.80
2	5.148	2.405	2.843	0.80
3	5.147	4.006	2.843	0.80
4	5.146	5.606	2.843	0.80
5	5.145	7.207	2.843	0.80
6	5.144	8.808	2.843	0.80
7	5.142	10.408	2.843	0.80
8	3.149	0.803	2.843	0.80
9	3.148	2.403	2.843	0.80
10	3.147	4.004	2.843	0.80
11	3.146	5.605	2.843	0.80
12	3.145	7.206	2.843	0.80
13	3.144	8.806	2.843	0.80
14	3.142	10.407	2.843	0.80
15	1.133	0.801	2.843	0.80
16	1.132	2.402	2.843	0.80
17	1.130	4.003	2.843	0.80
18	1.129	5.603	2.843	0.80
19	1.128	7.204	2.843	0.80
20	1.127	8.805	2.843	0.80
21	1.126	10.405	2.843	0.80
22	8.759	2.479	2.843	0.80



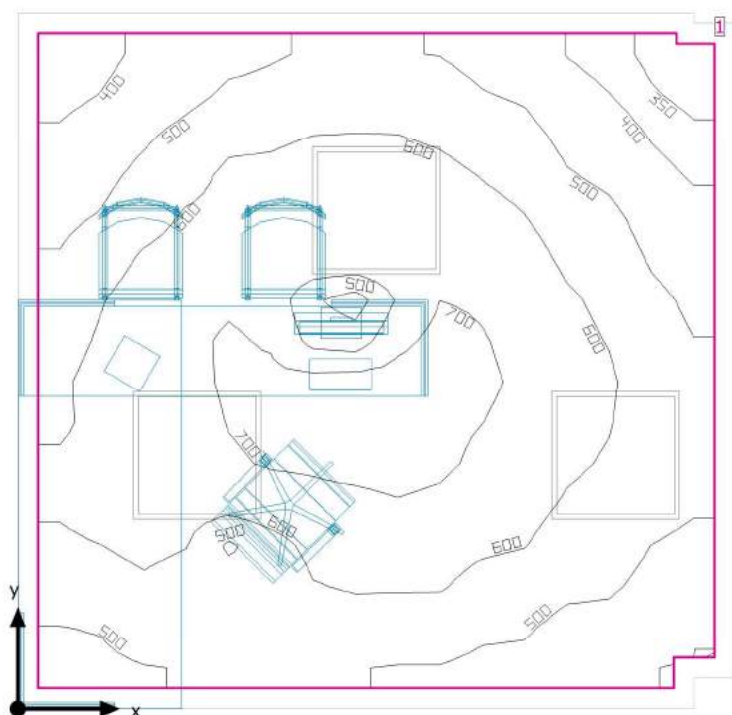
02. Estudio

Planta (nivel) 1 (148)





03. Despacho Bibliotecario



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 79.2%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (03. Despacho Bibliotecario)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	570 (≥ 500)	311	746	0.55	0.42

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
3 Philips - RC128V W62L62 1 xLED34S/830 OC	3399	36.0	94.4
Suma total de luminarias	10197	108.0	94.4

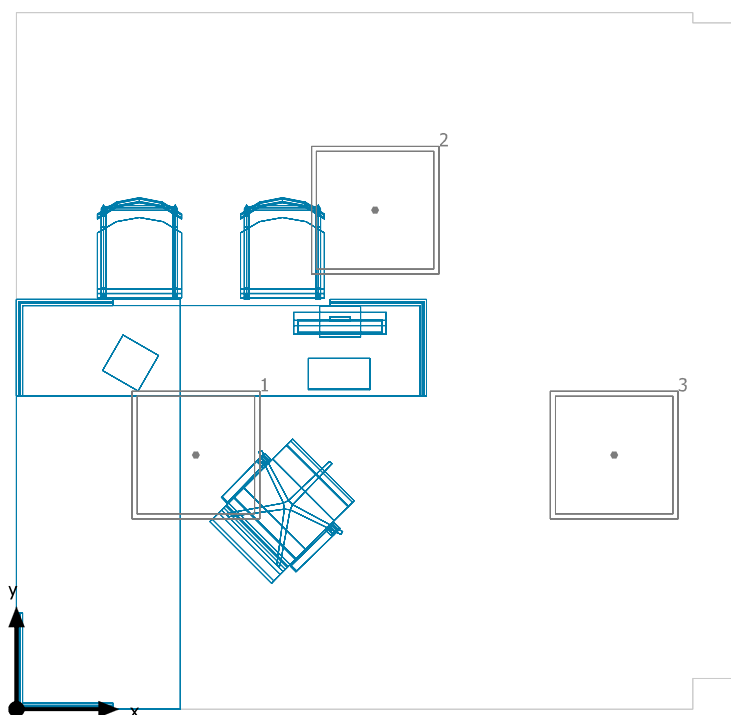
Potencia específica de conexión: 9.11 W/m² (Superficie de planta de la estancia 11.86 m²),
 Potencia específica de conexión: 10.27 W/m² = 1.80 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 10.52 m²)

Consumo: 260 - 360 kWh/a de un máximo de 450 kWh/a

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



03. Despacho Bibliotecario



Philips RC128V W62L62 1 xLED34S/830 OC

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	0.875	1.240	2.843	0.80
2	1.750	2.436	2.843	0.80
3	2.917	1.240	2.843	0.80



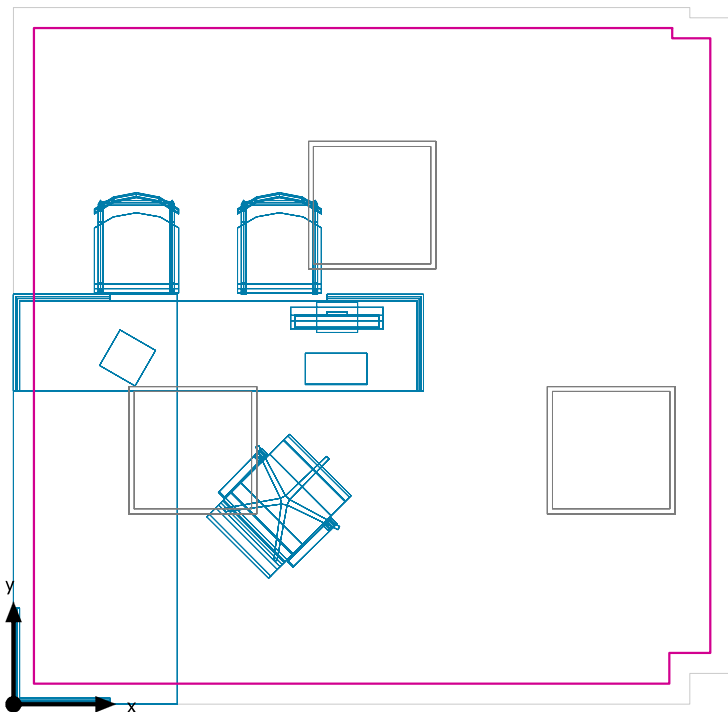
03. Despacho Bibliotecario

Despacho (103)





Plano útil (03. Despacho Bibliotecario) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



Plano útil (03. Despacho Bibliotecario): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

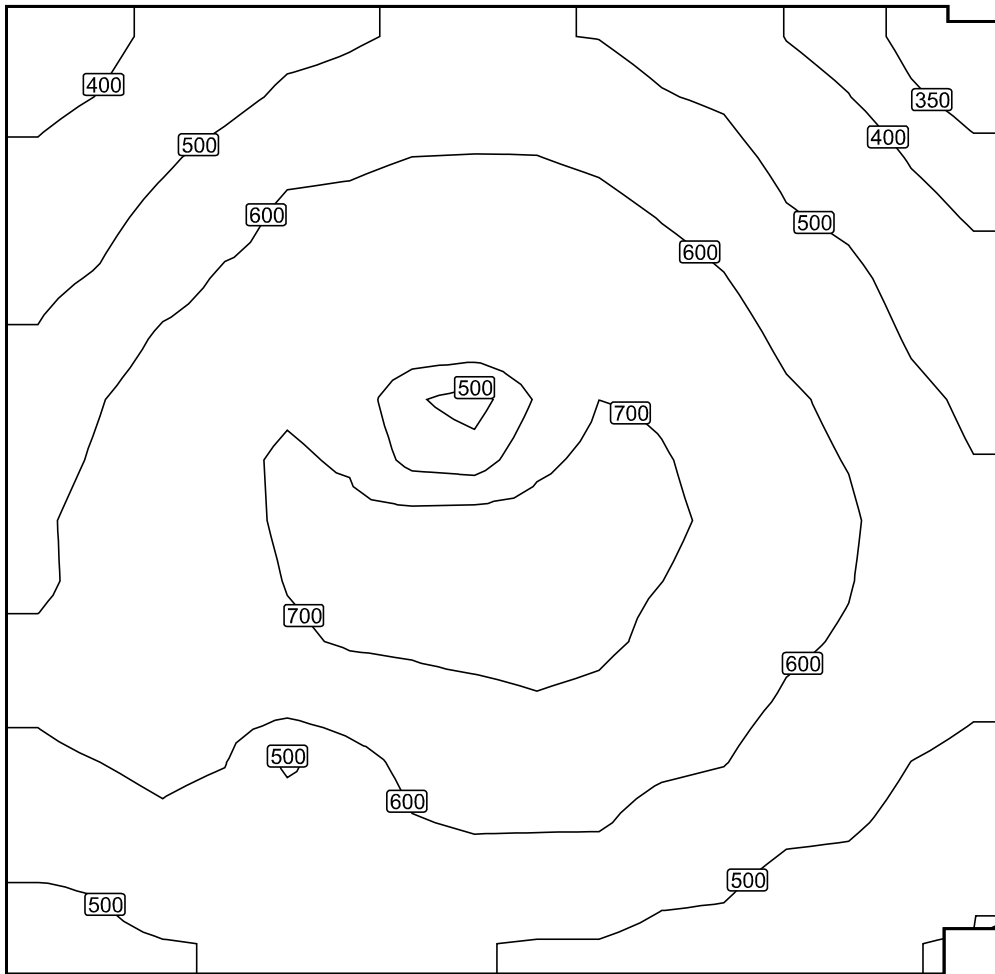
Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 570 lx (Nominal: ≥ 500 lx), Min: 311 lx, Max: 746 lx, Mín./medio: 0.55, Mín./máx.: 0.42

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m



Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25



Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 25

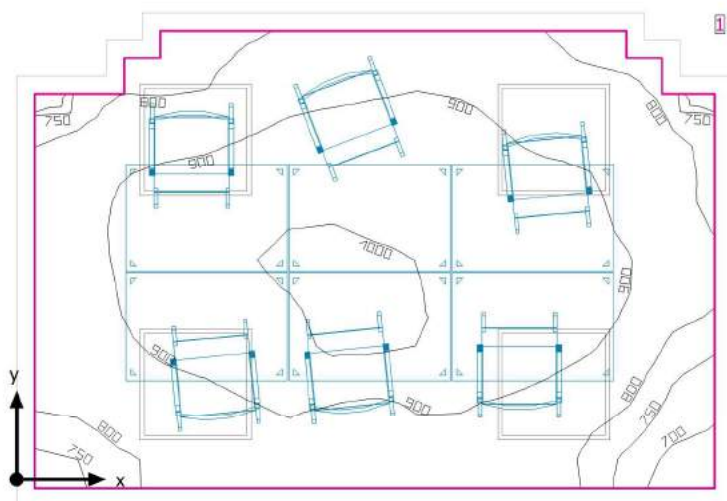


Sistema de valores [lx]

+385	+459	+517	+538	+499	+415	+340
+462	+562	+627	+640	+601	+505	+412
+541	+645	+674	+656	+675	+587	+484
+606	+679	+696	+679	+713	+632	+533
+620	+660	+709	+730	+692	+617	+533
+593	+602	+569	+640	+615	+553	+493
+495	+518	+527	+535	+511	+459	+418

Escala: 1 : 25

04. Seminario 1



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 76.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Min./medio	Min./máx.
1 Plano útil (04. Seminario 1)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	886 (≥ 750)	657	1021	0.74	0.64

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
4 Philips - RC128V W62L62 1 xLED34S/830 OC	3399	36.0	94.4
Suma total de luminarias	13596	144.0	94.4

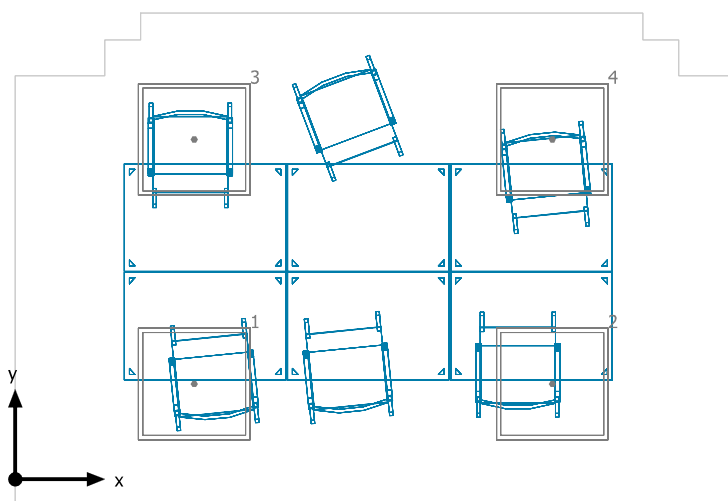
Potencia específica de conexión: 13.53 W/m² (Superficie de planta de la estancia 10.65 m²),
 Potencia específica de conexión: 15.42 W/m² = 1.74 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 9.34 m²)

Consumo: 36 kWh/a de un máximo de 400 kWh/a

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



04. Seminario 1



Philips RC128V W62L62 1 xLED34S/830 OC

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	0.998	0.532	2.843	0.80
2	2.995	0.532	2.843	0.80
3	0.998	1.895	2.843	0.80
4	2.995	1.895	2.843	0.80



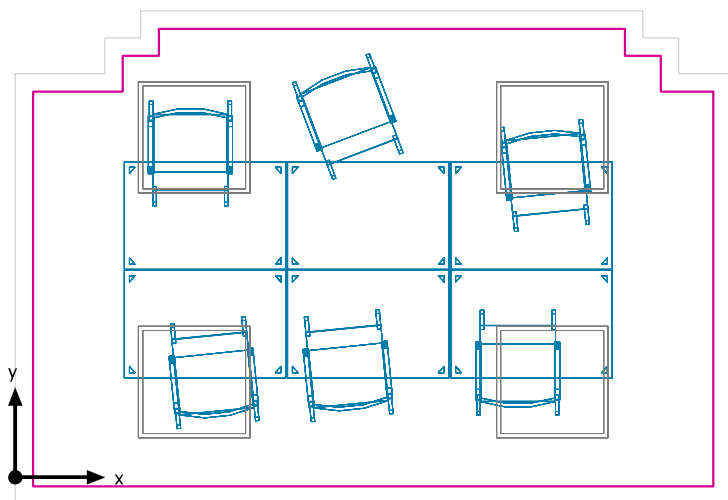
04. Seminario 1

Seminario 1





Plano útil (04. Seminario 1) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



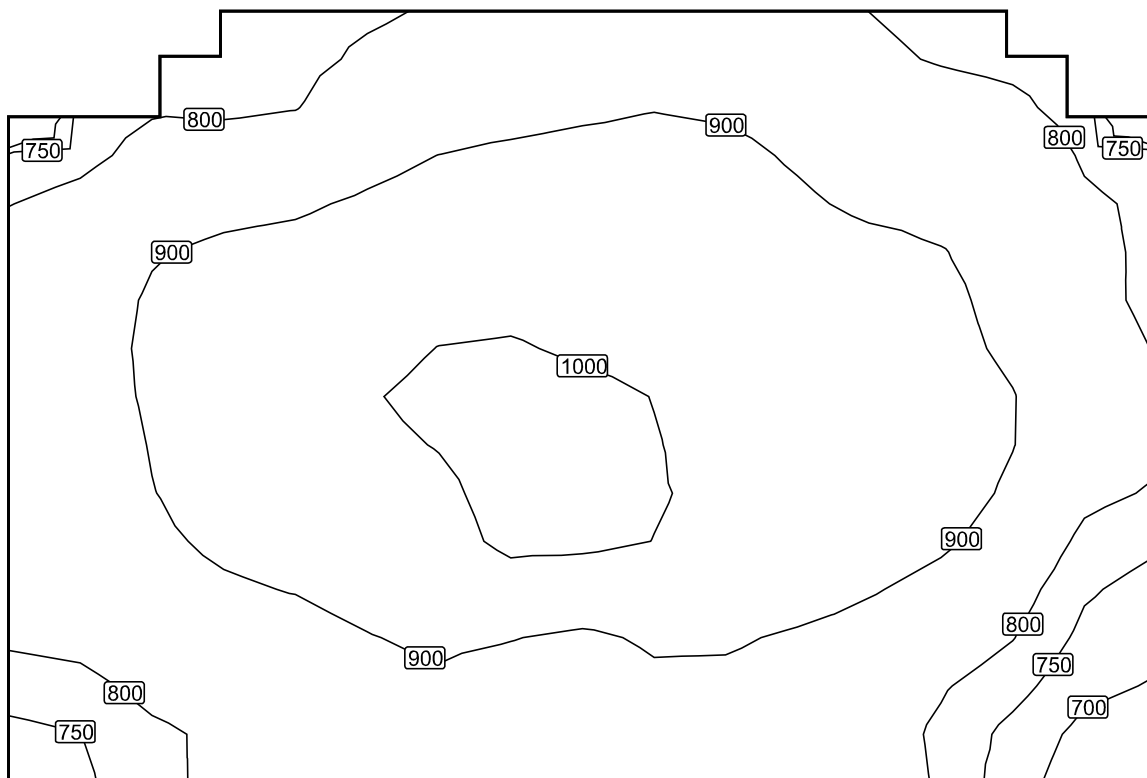
Plano útil (04. Seminario 1): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 886 lx (Nominal: ≥ 750 lx), Min: 657 lx, Max: 1021 lx, Mín./medio: 0.74, Mín./máx.: 0.64

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m

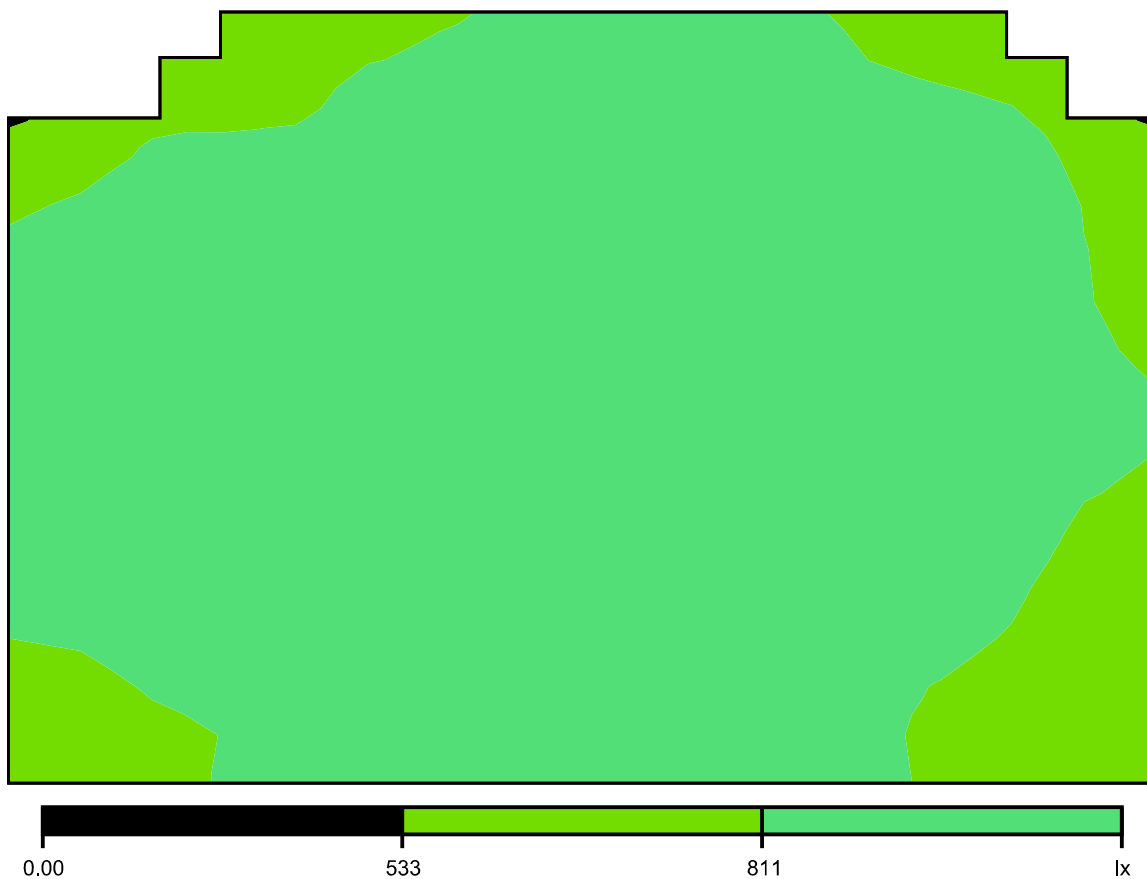
Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25



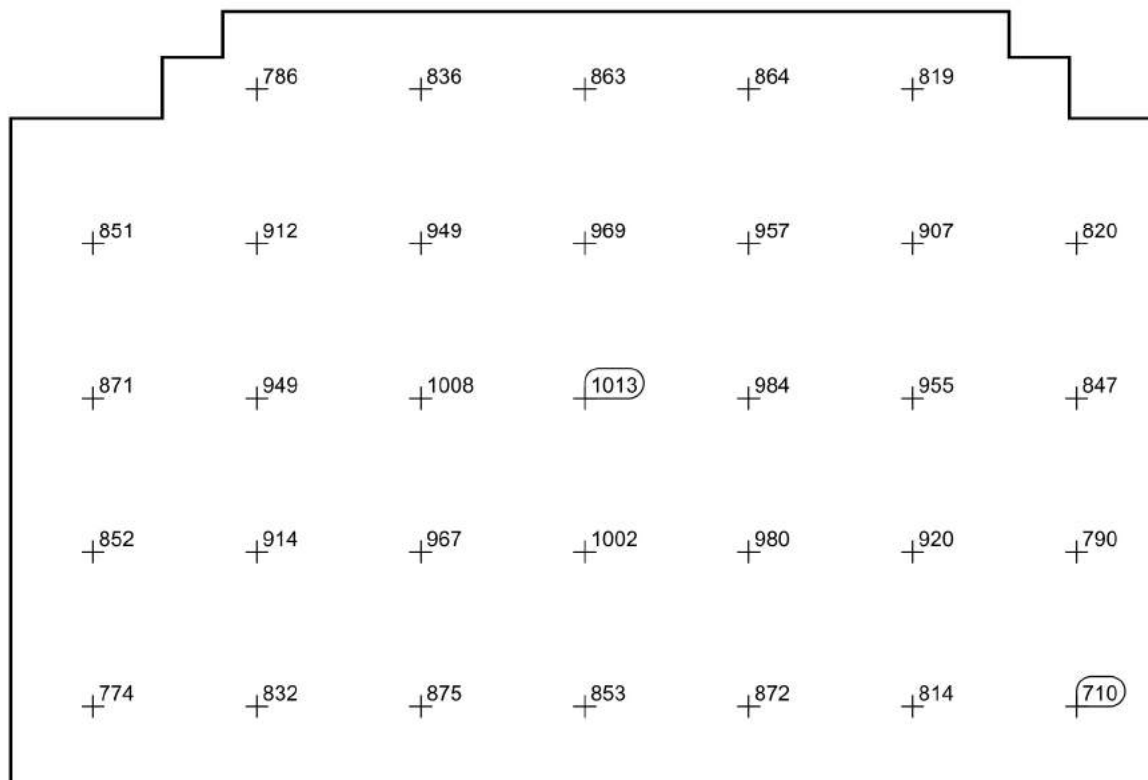
Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 25

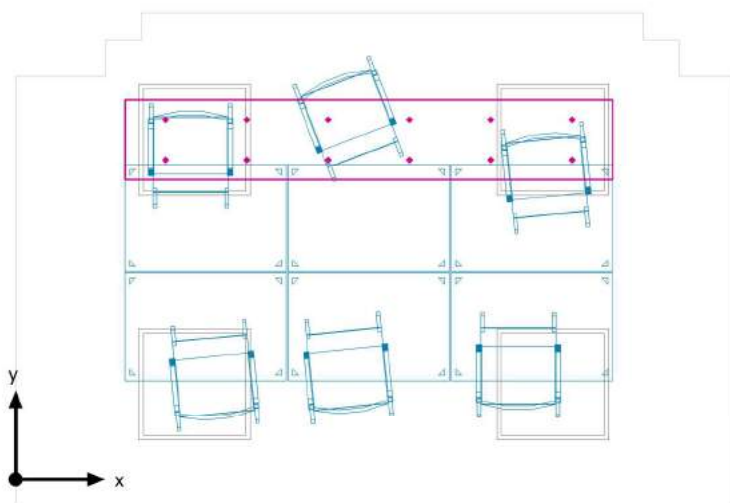


Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 25

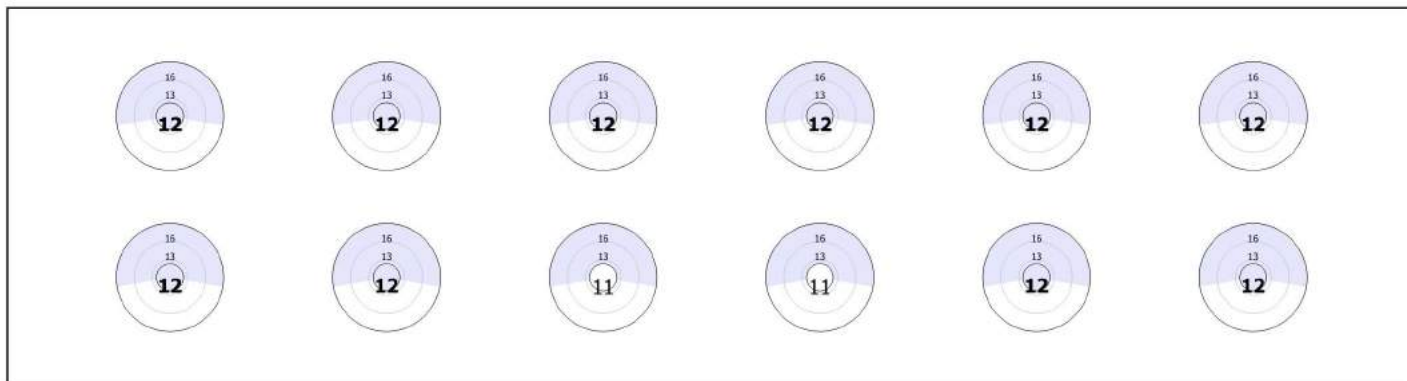
Seminario 1 / UGR



Seminario 1: UGR (Trama)

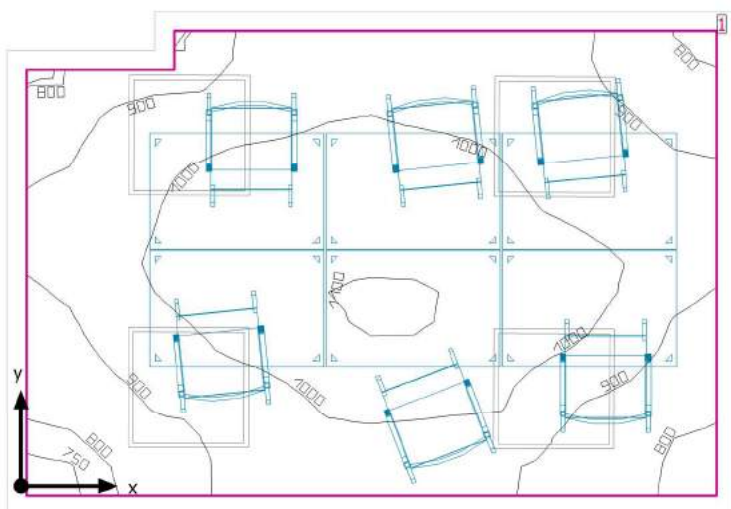
Escena de luz: Escena de luz 1

Máx. deslumbramiento a: 210°, Max: 12.1, Valor límite: ≤19.0, Área del ángulo visual: 190° - 350°, Amplitud de paso: 20°, Altura: 1.200 m





05. Seminario 2



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 78.2%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (05. Seminario 2)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	957 (≥ 750)	734	1111	0.77	0.66

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
4 Philips - RC128V W62L62 1 xLED34S/830 OC	3399	36.0	94.4
Suma total de luminarias	13596	144.0	94.4

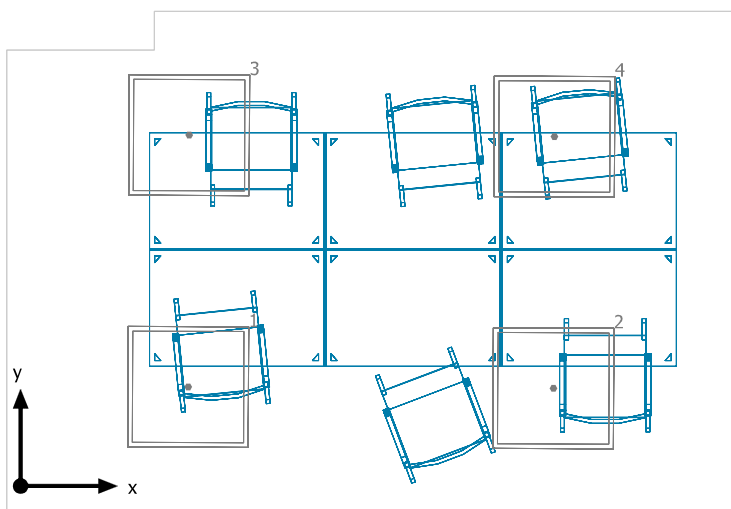
Potencia específica de conexión: 14.96 W/m² (Superficie de planta de la estancia 9.63 m²),
 Potencia específica de conexión: 17.15 W/m² = 1.79 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 8.40 m²)

Consumo: 36 kWh/a de un máximo de 350 kWh/a

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



05. Seminario 2



Philips RC128V W62L62 1 xLED34S/830 OC

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	0.865	0.511	2.843	0.80
2	2.750	0.504	2.843	0.80
3	0.870	1.811	2.843	0.80
4	2.755	1.804	2.843	0.80



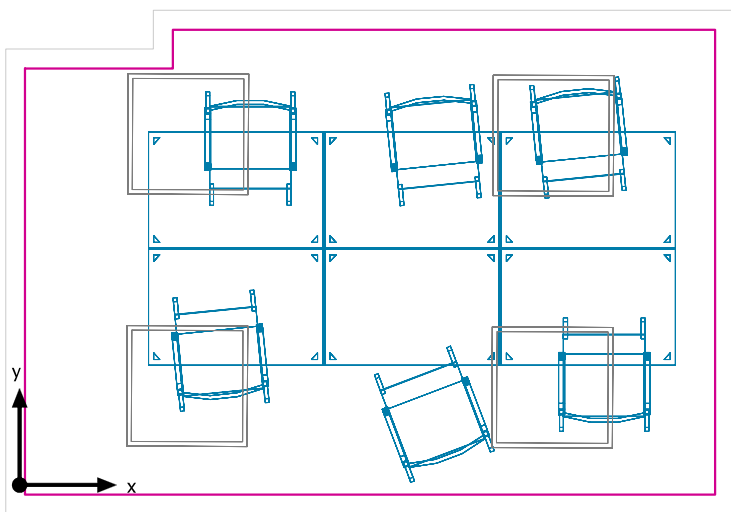
05. Seminario 2

Seminario 2





Plano útil (05. Seminario 2) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



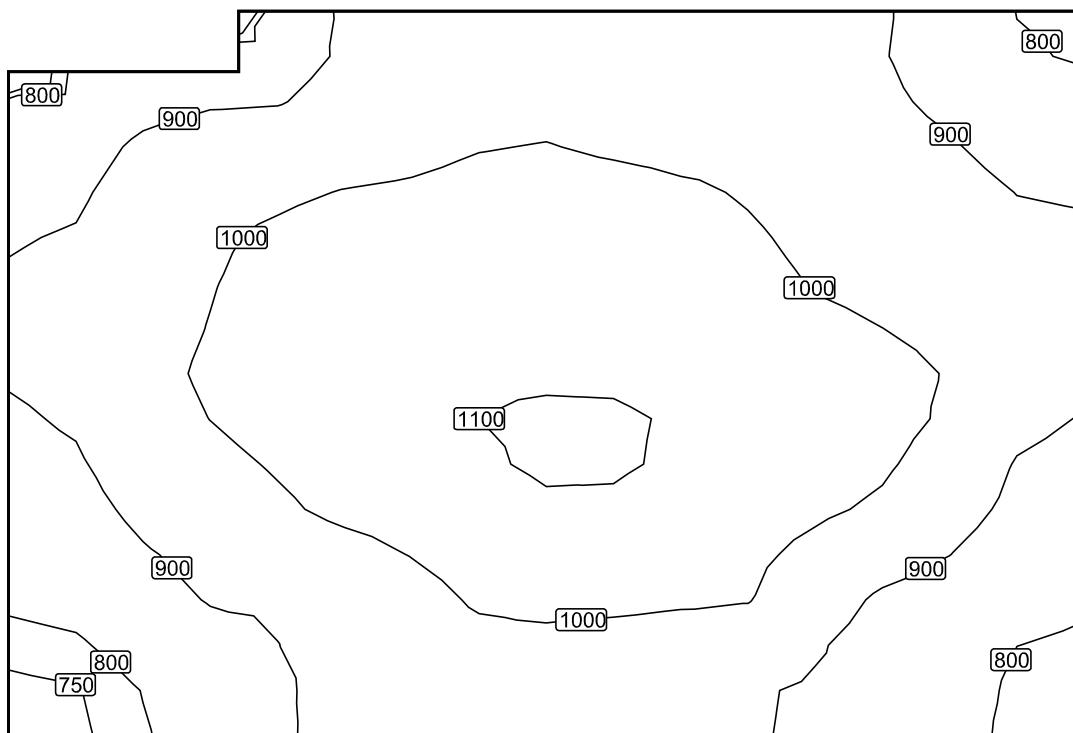
Plano útil (05. Seminario 2): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 957 lx (Nominal: ≥ 750 lx), Min: 734 lx, Max: 1111 lx, Mín./medio: 0.77, Mín./máx.: 0.66

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m

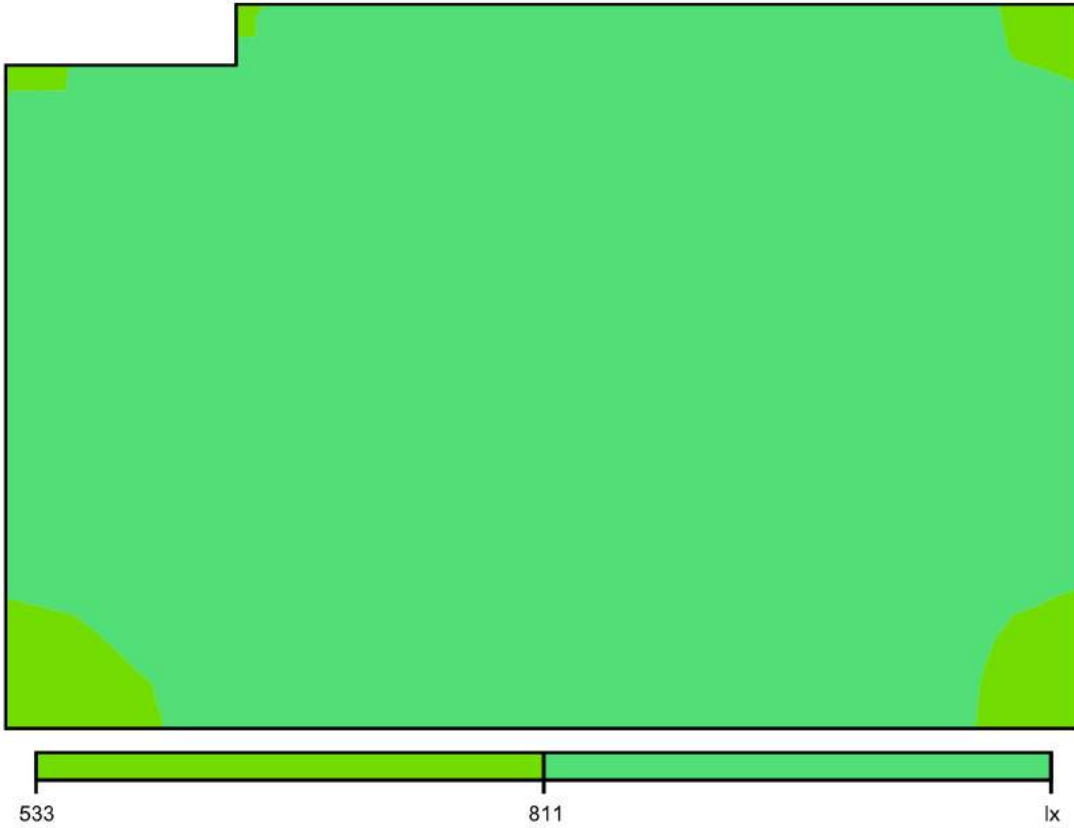
Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25

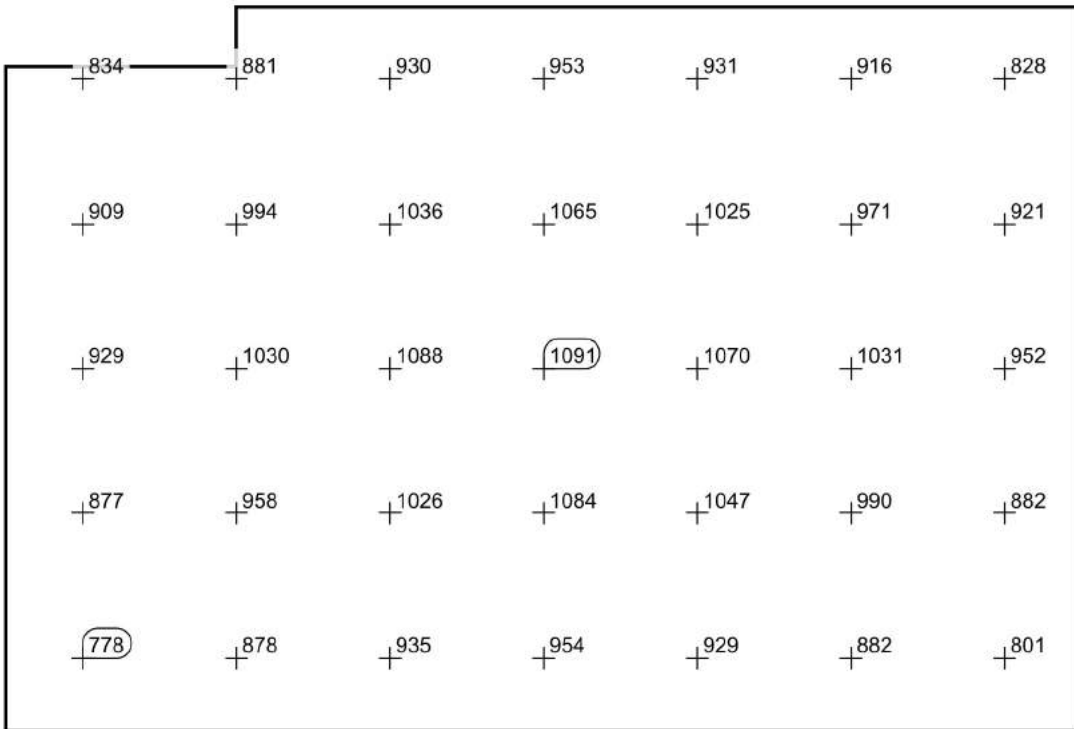


Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 25

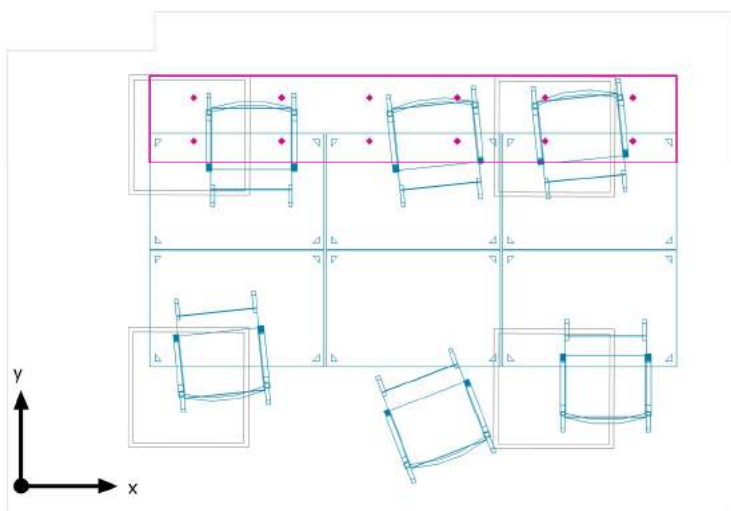
Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 25



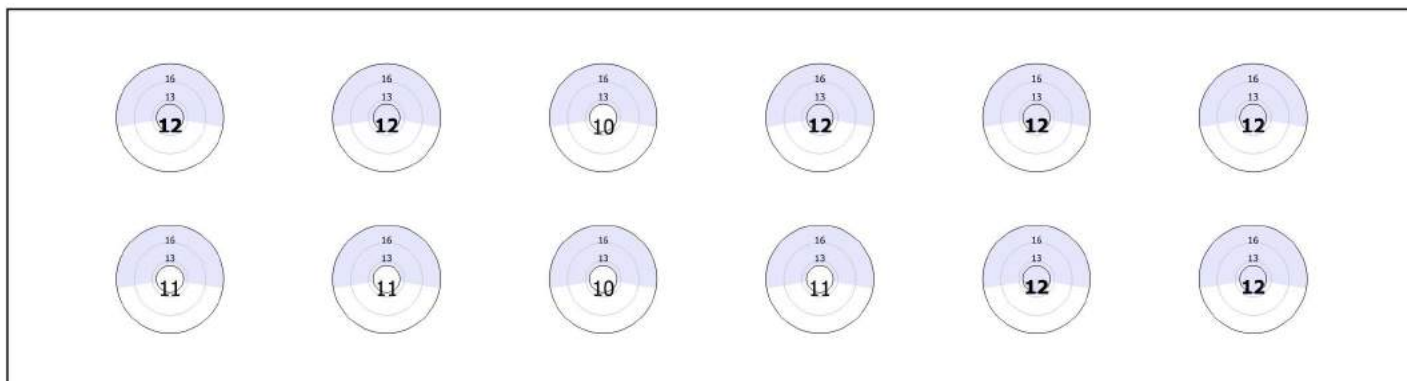
Seminario 2 / UGR



Seminario 2: UGR (Trama)

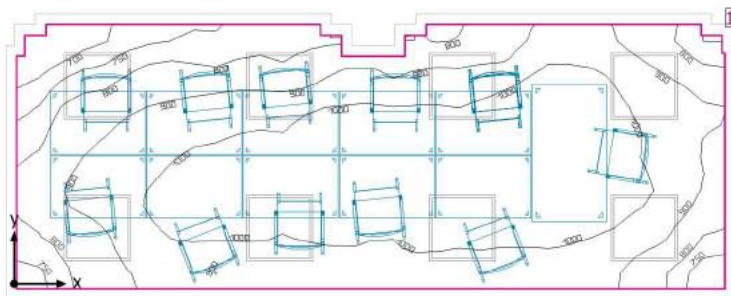
Escena de luz: Escena de luz 1

Máx. deslumbramiento a: 210°, Max: 11.8, Valor límite: ≤19.0, Área del ángulo visual: 190° - 350°, Amplitud de paso: 20°, Altura: 1.200 m





06. Seminario 3



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 65.5%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (06. Seminario 3)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	942 (≥ 750)	626	1099	0.66	0.57

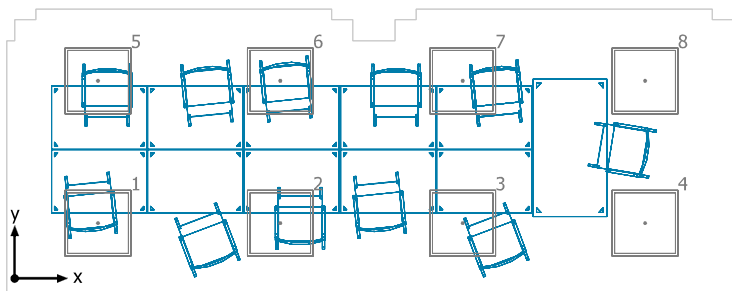
# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
8 Philips - RC128V W62L62 1 xLED34S/830 OC	3399	36.0	94.4
Suma total de luminarias	27192	288.0	94.4

Potencia específica de conexión: 15.65 W/m² (Superficie de planta de la estancia 18.41 m²),
 Potencia específica de conexión: 17.49 W/m² = 1.86 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 16.47 m²)

Consumo: 50 - 72 kWh/a de un máximo de 650 kWh/a

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

06. Seminario 3



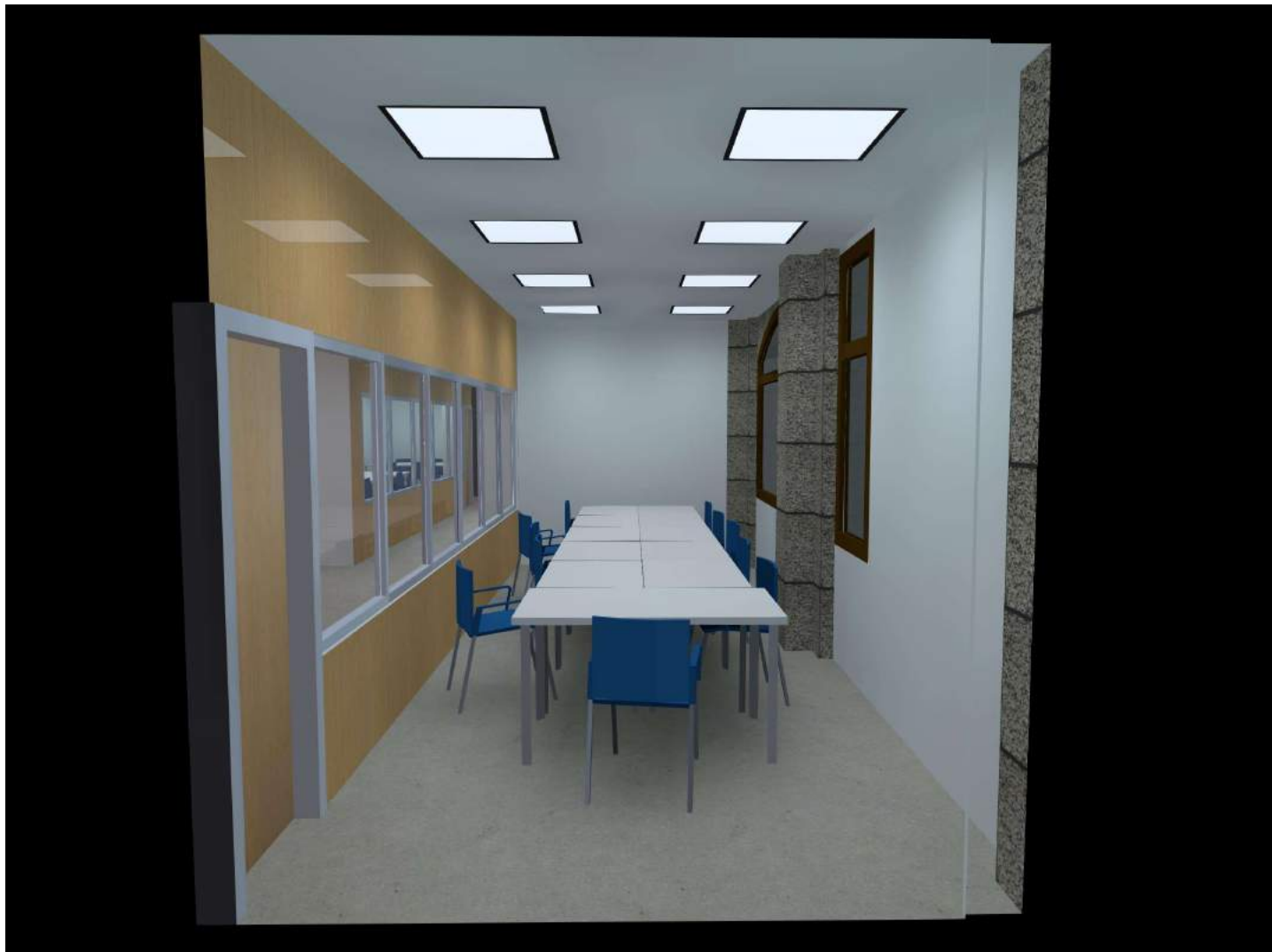
Philips RC128V W62L62 1 xLED34S/830 OC

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	0.788	0.523	2.843	0.80
2	2.514	0.523	2.843	0.80
3	4.239	0.523	2.843	0.80
4	5.965	0.523	2.843	0.80
5	0.788	1.870	2.843	0.80
6	2.514	1.870	2.843	0.80
7	4.239	1.870	2.843	0.80
8	5.965	1.870	2.843	0.80



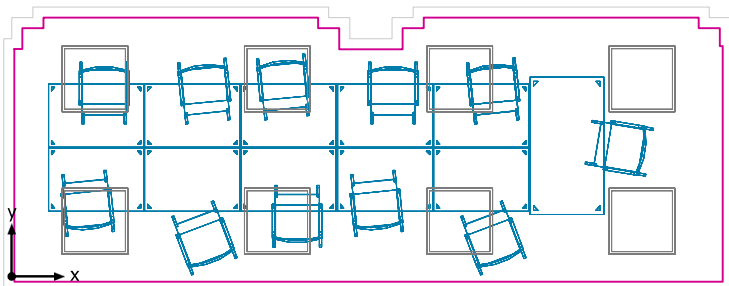
06. Seminario 3

Seminario 3





Plano útil (06. Seminario 3) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



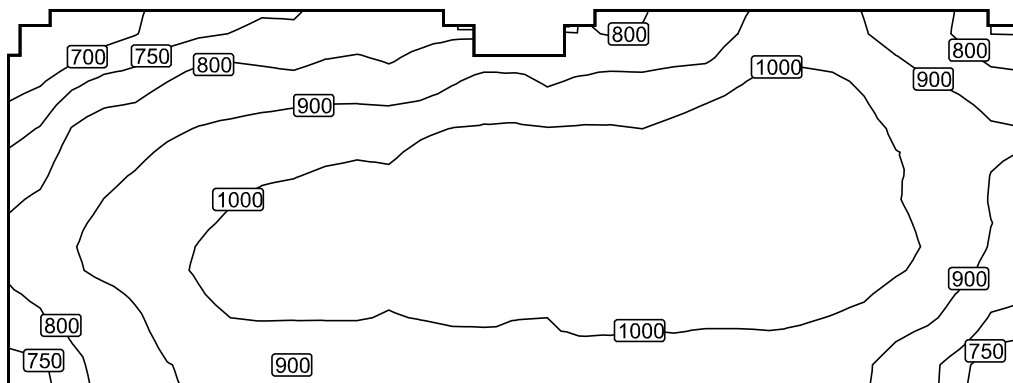
Plano útil (06. Seminario 3): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 942 lx (Nominal: ≥ 750 lx), Min: 626 lx, Max: 1099 lx, Mín./medio: 0.66, Mín./máx.: 0.57

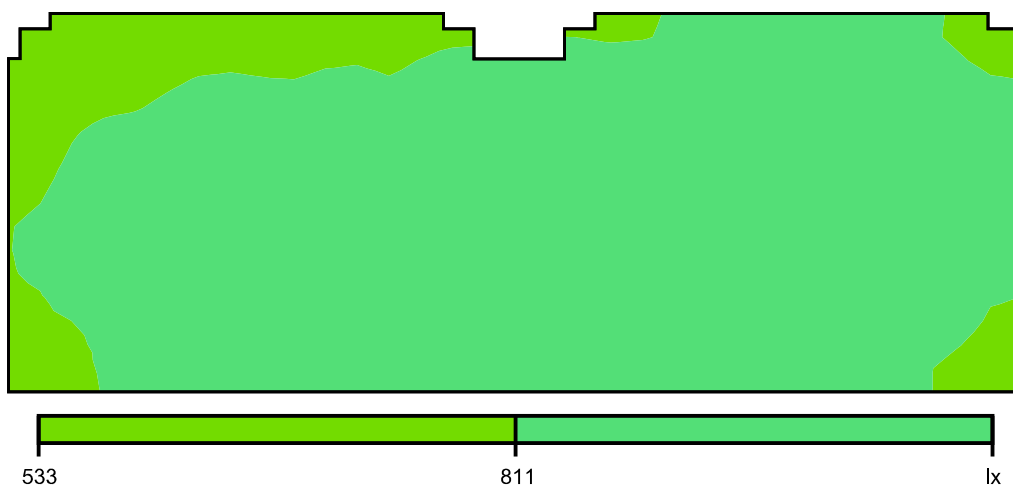
Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m

Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 50

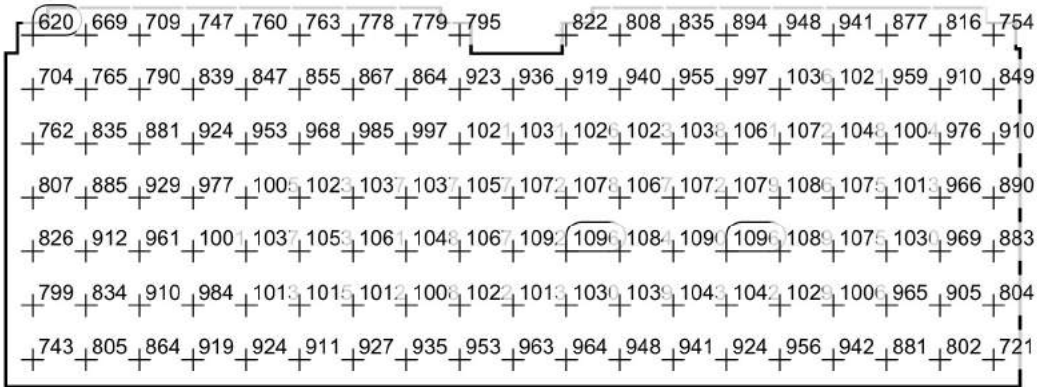
Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 50



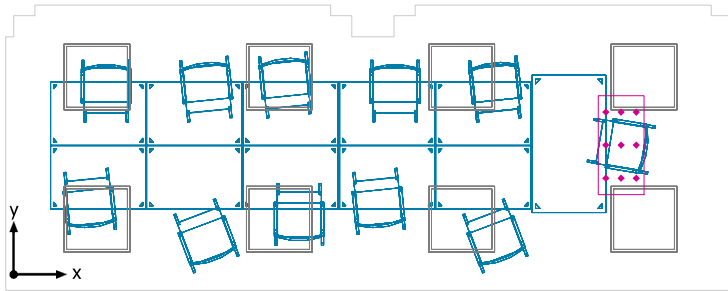
Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 50



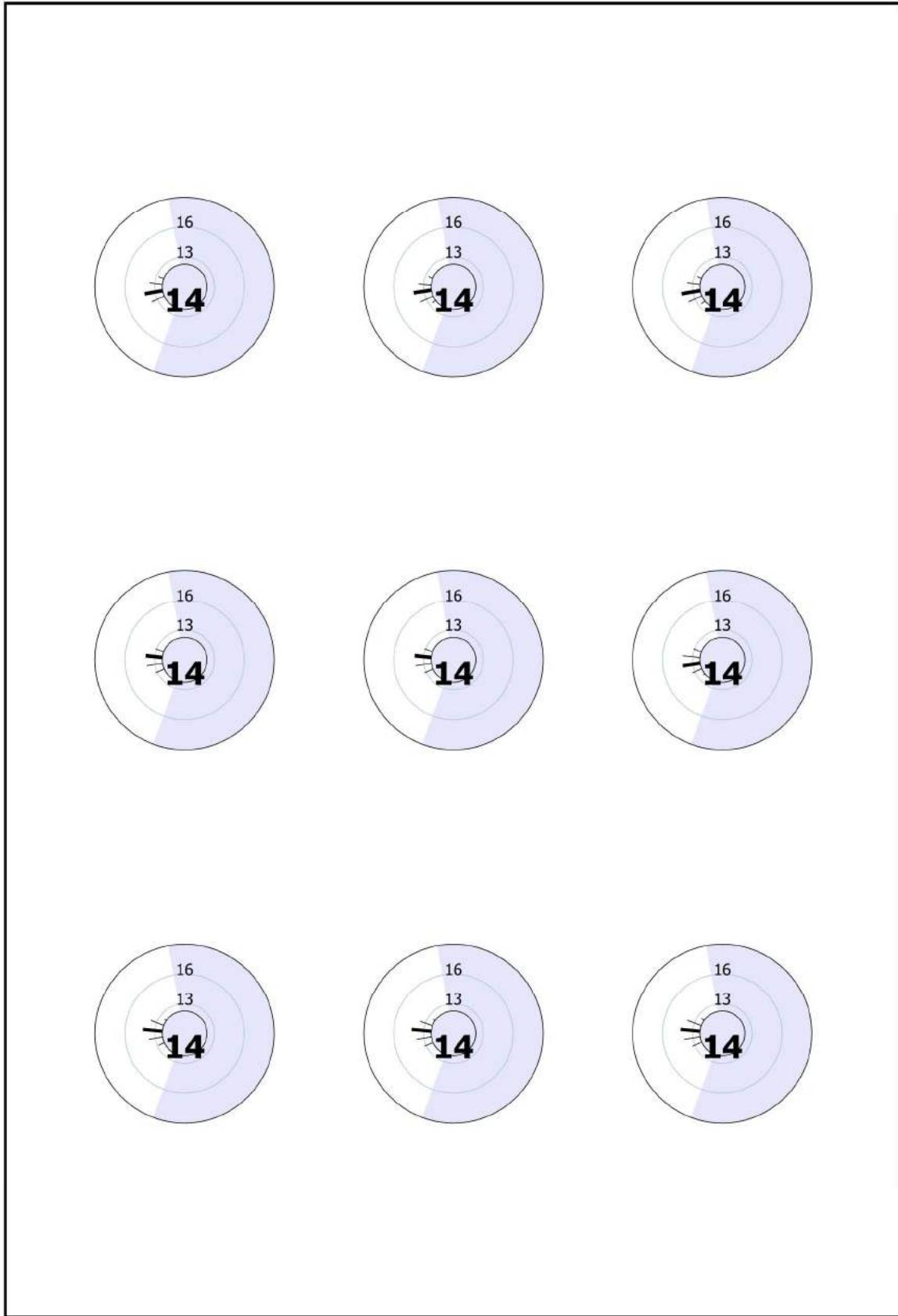
Seminario 3 / UGR



Seminario 3: UGR (Trama)

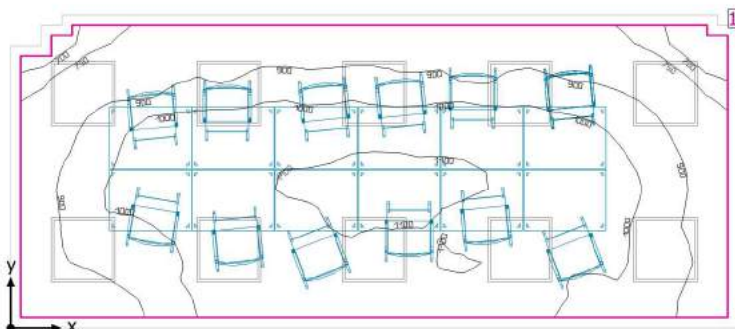
Escena de luz: Escena de luz 1

Máx. deslumbramiento a: 175°, Max: 14.2, Valor límite: ≤ 19.0 , Área del ángulo visual: 100° - 260°, Amplitud de paso: 15°, Altura: 1.200 m





07. Seminario 4



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 68.7%, Suelo 6.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Min./medio	Min./máx.
1 Plano útil (07. Seminario 4)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	965 (≥ 750)	642	1115	0.67	0.58

#	Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
10	Philips - RC128V W62L62 1 xLED34S/830 OC	3399	36.0	94.4
	Suma total de luminarias	33990	360.0	94.4

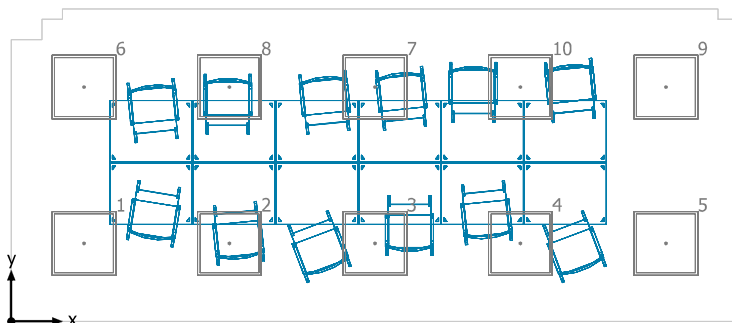
Potencia específica de conexión: 16.72 W/m² (Superficie de planta de la estancia 21.53 m²),
 Potencia específica de conexión: 18.43 W/m² = 1.91 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 19.54 m²)

Consumo: 54 - 90 kWh/a de un máximo de 800 kWh/a

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



07. Seminario 4



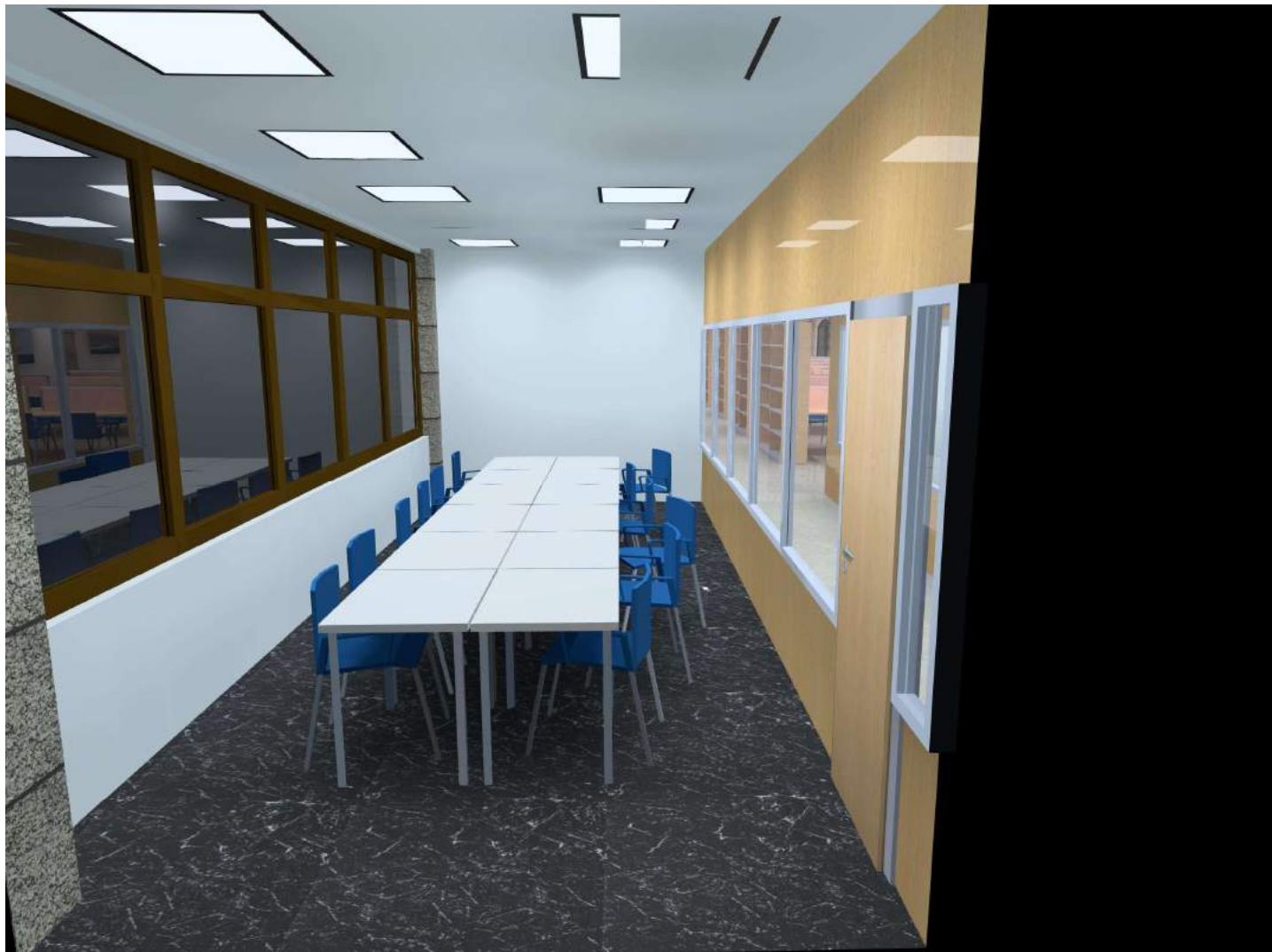
Philips RC128V W62L62 1 xLED34S/830 OC

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	0.710	0.762	2.843	0.80
2	2.130	0.762	2.843	0.80
3	3.550	0.762	2.843	0.80
4	4.970	0.762	2.843	0.80
5	6.390	0.762	2.843	0.80
6	0.710	2.287	2.843	0.80
7	3.550	2.287	2.843	0.80
8	2.130	2.287	2.843	0.80
9	6.390	2.287	2.843	0.80
10	4.970	2.287	2.843	0.80



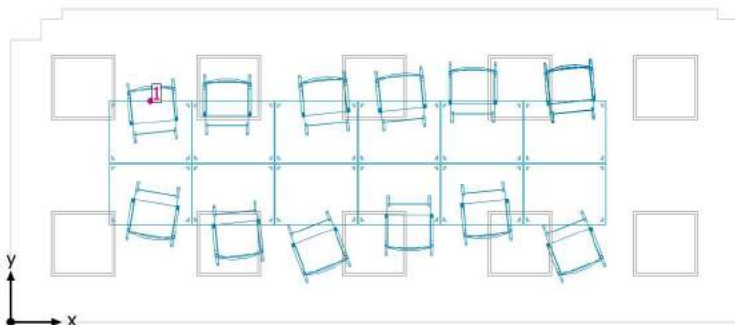
07. Seminario 4

07. Seminario 4





07. Seminario 4

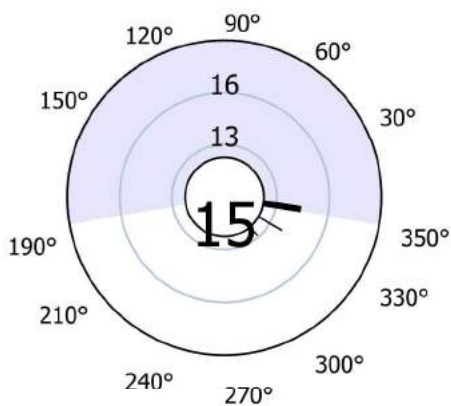


Evaluación del deslumbramiento

Puntos

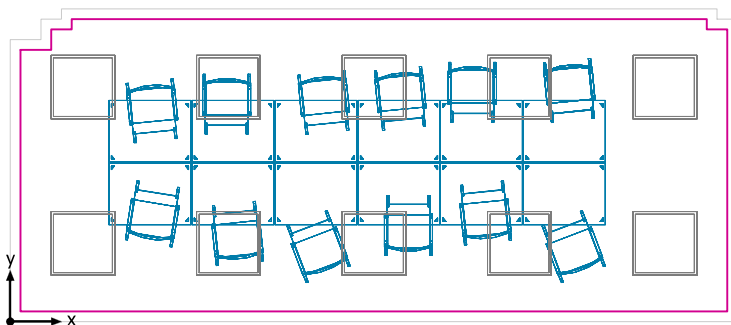
1 Punto de cálculo 28

UGR
Máx. deslumbramiento a: 350°
Max: 14.5
Valor límite: ≤ 19.0
Área del ángulo visual: 190° - 350°
Amplitud de paso: 20°
Altura: 1.200 m





Plano útil (07. Seminario 4) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



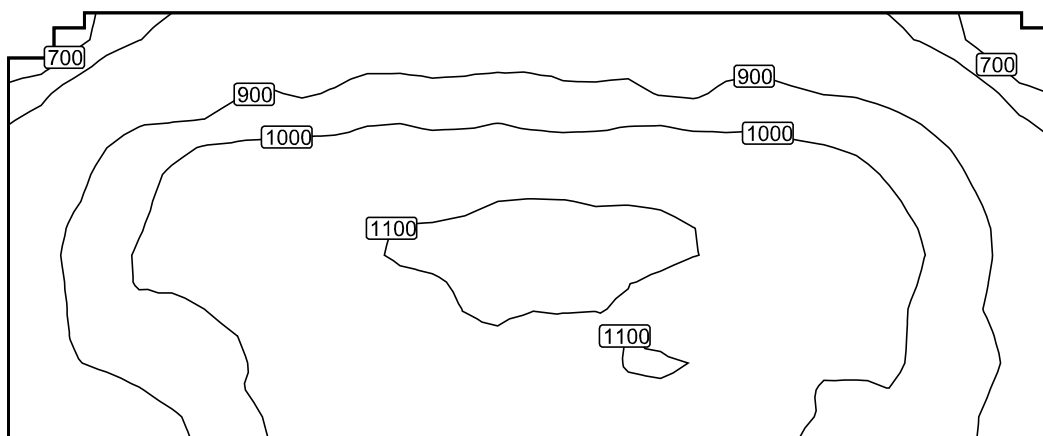
Plano útil (07. Seminario 4): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 965 lx (Nominal: ≥ 750 lx), Min: 642 lx, Max: 1115 lx, Mín./medio: 0.67, Mín./máx.: 0.58

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m

Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 50

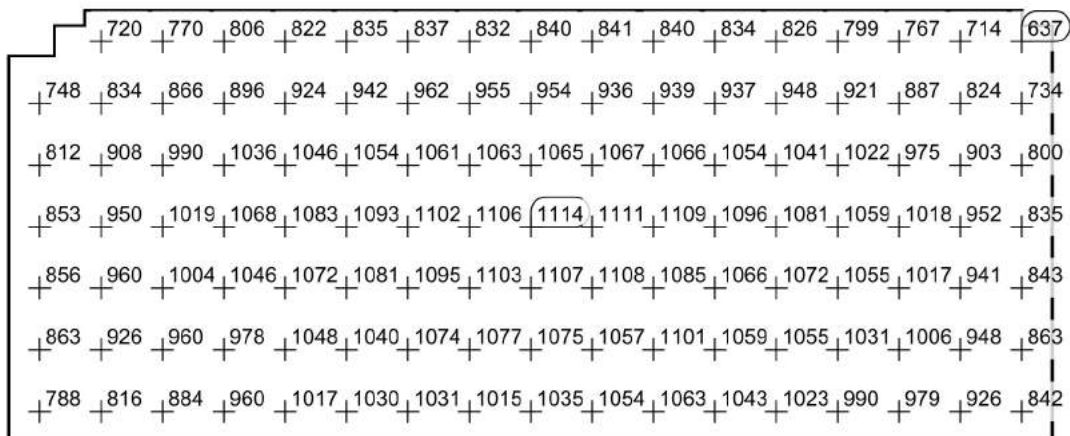
Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 50



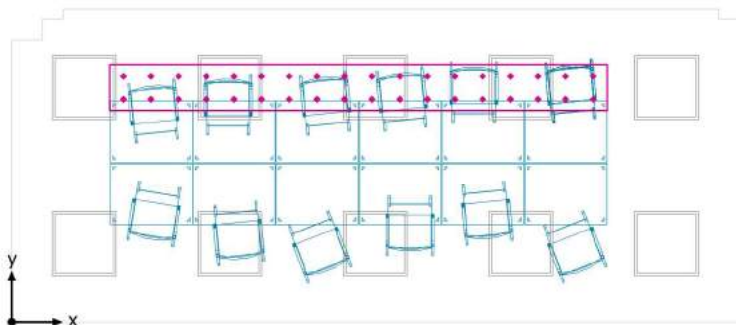
Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 50



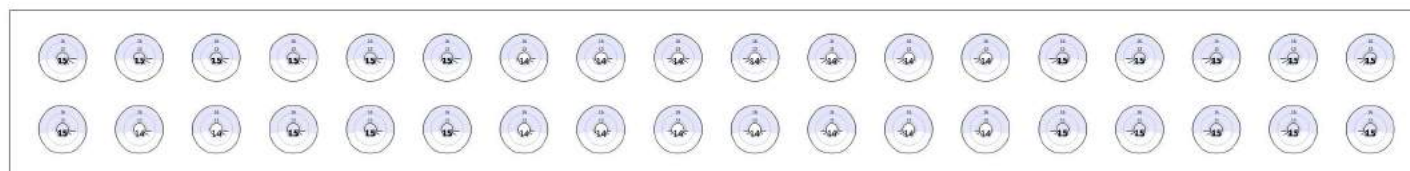
Seminario 4 / UGR



Seminario 4: UGR (Trama)

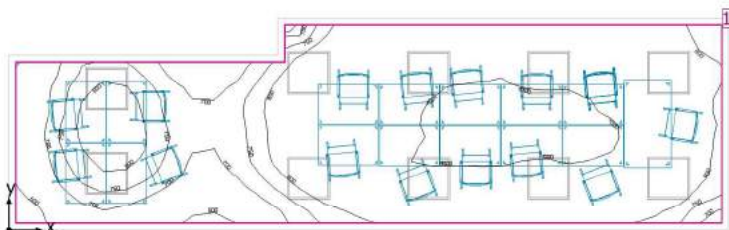
Escena de luz: Escena de luz 1

Máx. deslumbramiento a: 350°, Max: 15.3, Valor límite: ≤19.0, Área del ángulo visual: 190° - 350°, Amplitud de paso: 20°, Altura: 1.200 m





08. Seminario 5



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 80.5%, Suelo 6.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (08. Seminario 5)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	853 (≥ 750)	565	1026	0.66	0.55

#	Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
10	Philips - RC128V W62L62 1 xLED34S/830 OC	3399	36.0	94.4
	Suma total de luminarias	33990	360.0	94.4

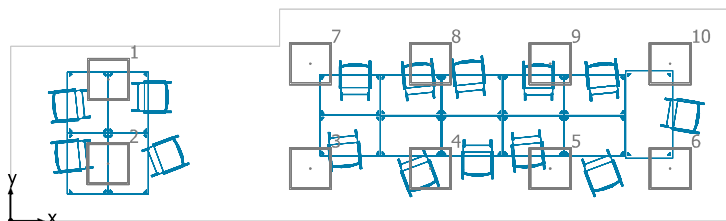
Potencia específica de conexión: 11.43 W/m² (Superficie de planta de la estancia 31.50 m²),
 Potencia específica de conexión: 12.51 W/m² = 1.47 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 28.77 m²)

Consumo: 90 kWh/a de un máximo de 1150 kWh/a

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



08. Seminario 5



Philips RC128V W62L62 1 xLED34S/830 OC

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	1.455	2.104	2.843	0.80
2	1.450	0.852	2.843	0.80
3	4.458	0.780	2.843	0.80
4	6.242	0.780	2.843	0.80
5	8.025	0.780	2.843	0.80
6	9.808	0.780	2.843	0.80
7	4.458	2.340	2.843	0.80
8	6.242	2.340	2.843	0.80
9	8.025	2.340	2.843	0.80
10	9.808	2.340	2.843	0.80



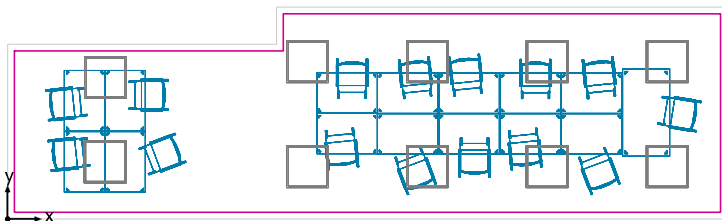
08. Seminario 5

Seminario 5





Plano útil (08. Seminario 5) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



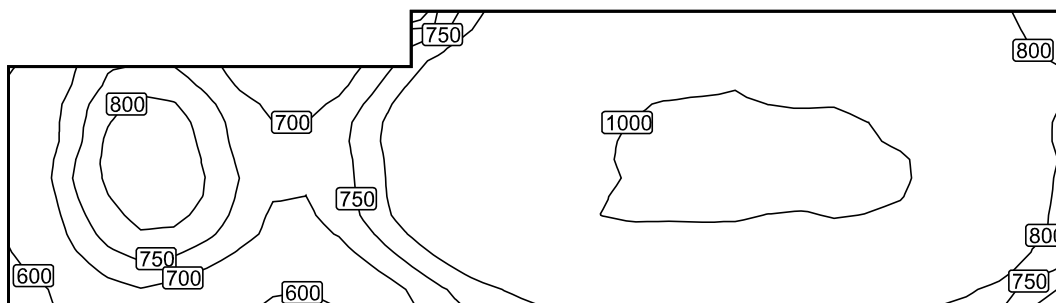
Plano útil (08. Seminario 5): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 853 lx (Nominal: ≥ 750 lx), Min: 565 lx, Max: 1026 lx, Mín./medio: 0.66, Mín./máx.: 0.55

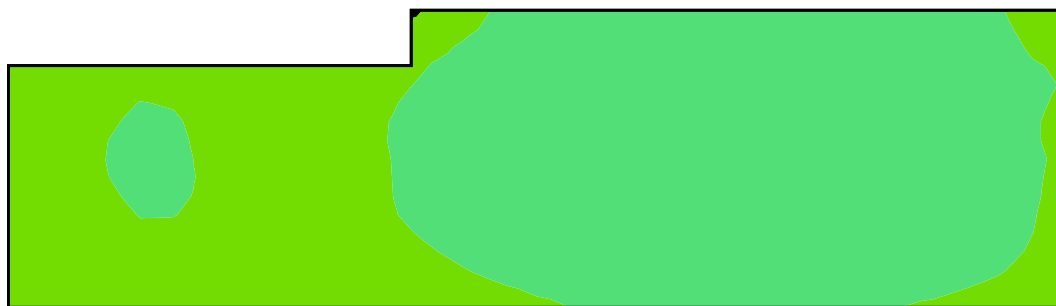
Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m

Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 75

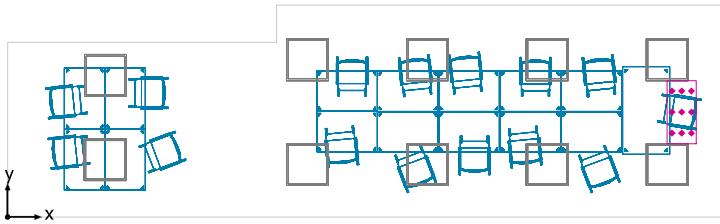
Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 75



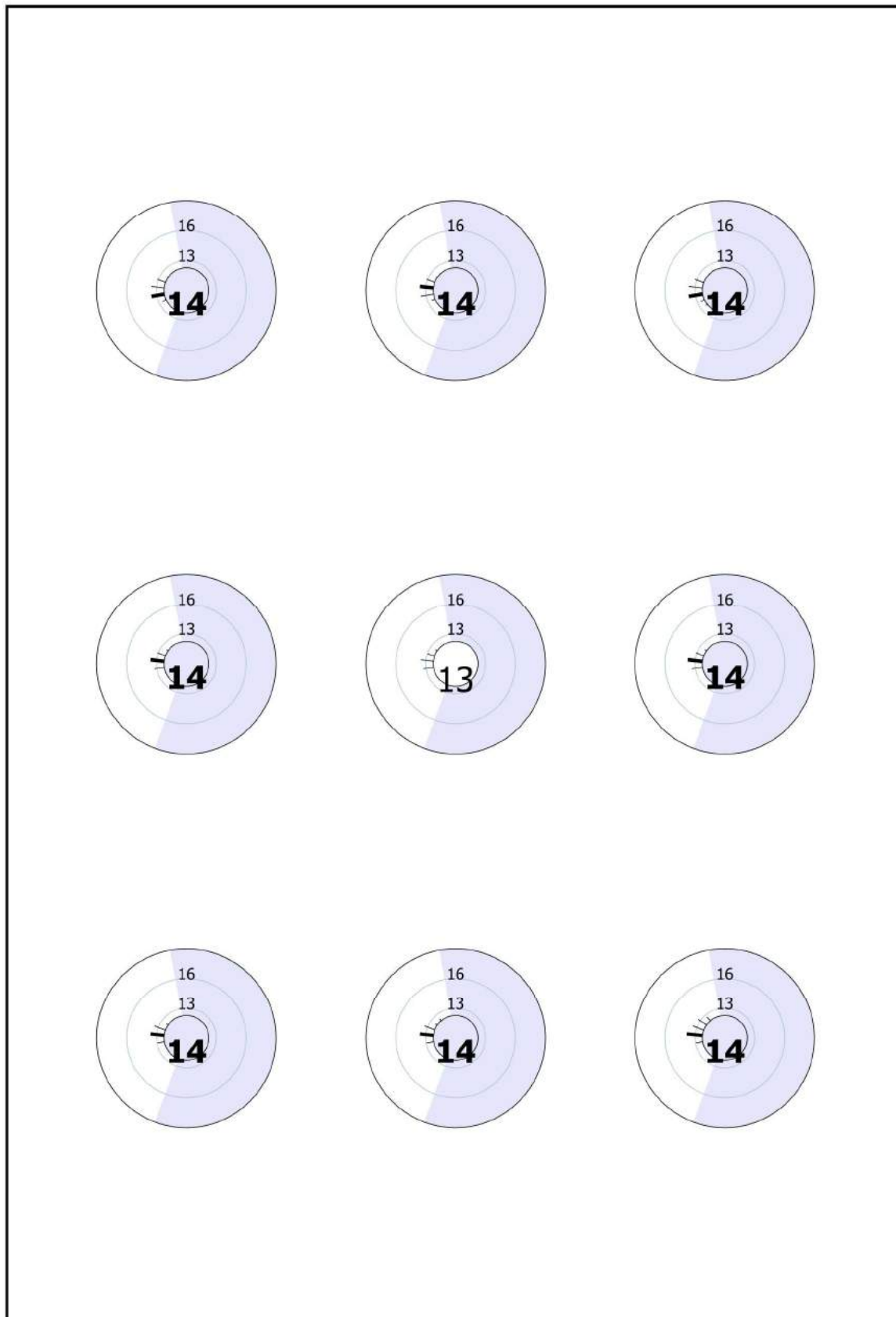
Seminario 5 Cerca / UGR



Seminario 5 Cerca: UGR (Trama)

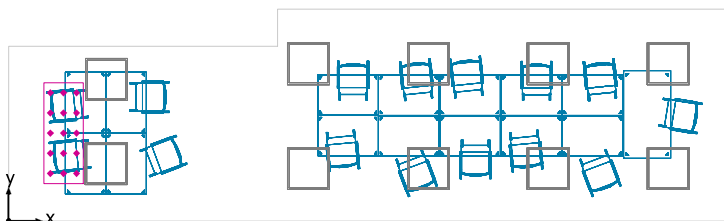
Escena de luz: Escena de luz 1

Máx. deslumbramiento a: 175°, Max: 13.7, Valor límite: ≤ 19.0 , Área del ángulo visual: 100° - 260°, Amplitud de paso: 15°, Altura: 1.200 m





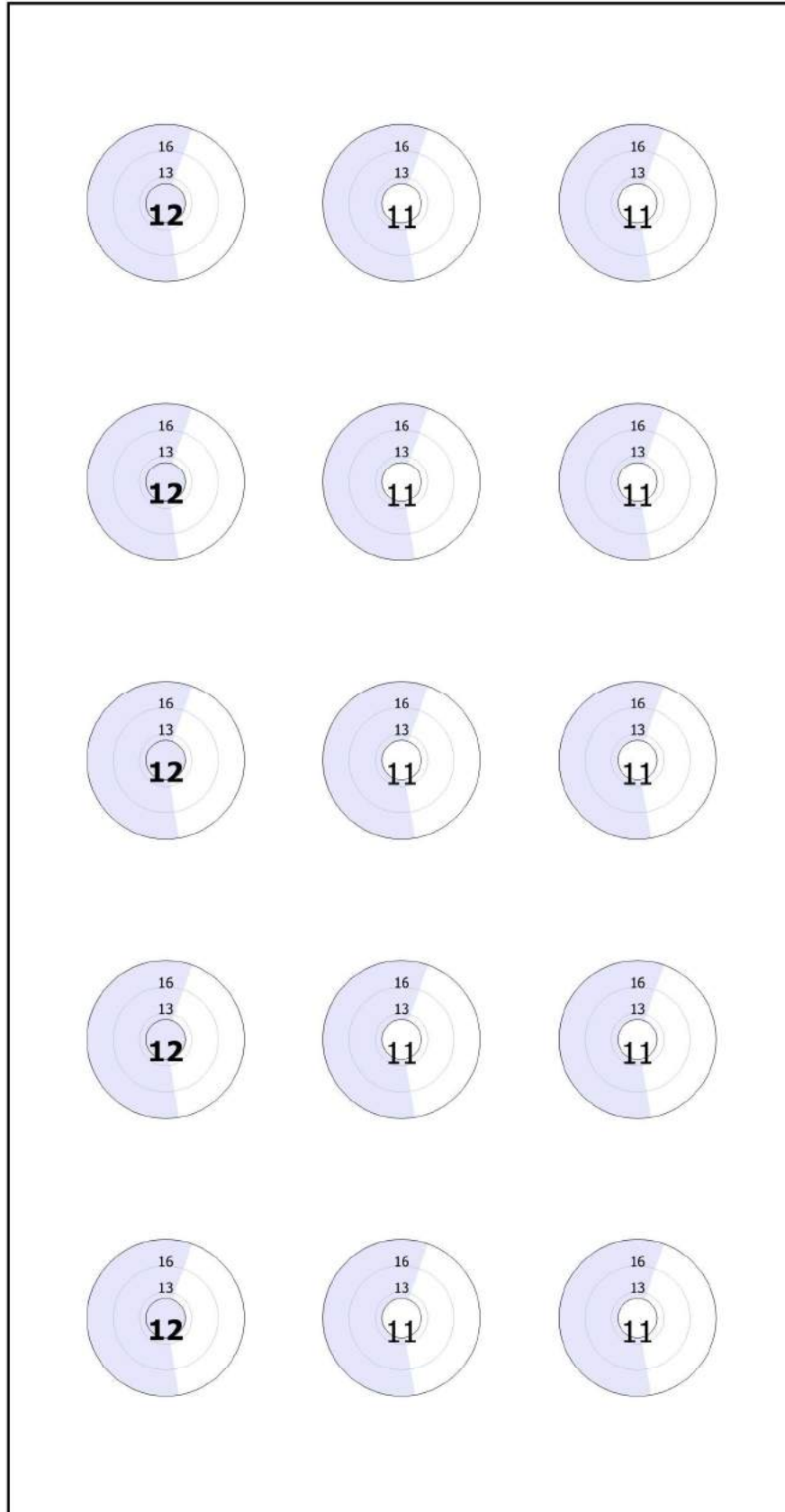
Seminario 5 lejos / UGR



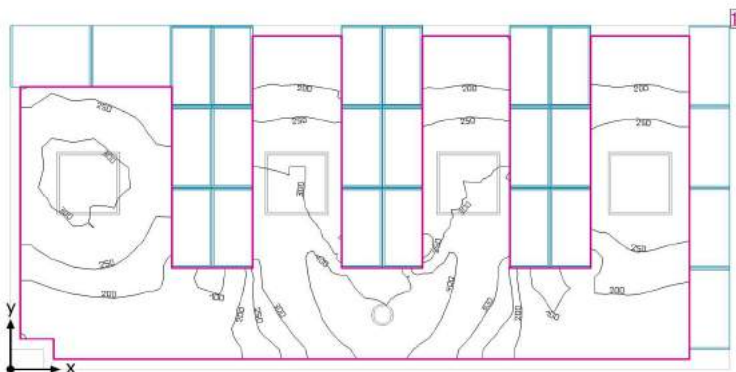
Seminario 5 lejos: UGR (Trama)

Escena de luz: Escena de luz 1

Máx. deslumbramiento a: 385°, Max: 11.7, Valor límite: ≤ 19.0 , Área del ángulo visual: 280° - 80°, Amplitud de paso: 15°, Altura: 1.200 m



09. Depósito 1



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 30.0%, Paredes 84.1%, Suelo 6.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (09. Depósito 1)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	253 (≥ 200)	72.4	455	0.29	0.16

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
1 Philips - DN140B IA1 D216 1 xLED20S/840 C	2200	22.0	100.0
4 Philips - RC128V W62L62 1 xLED34S/830 OC	3399	36.0	94.4
Suma total de luminarias	15796	166.0	95.2

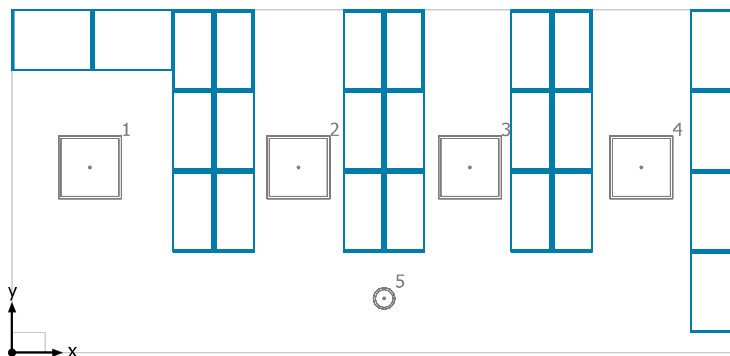
Potencia específica de conexión: 6.87 W/m² (Superficie de planta de la estancia 24.18 m²),
 Potencia específica de conexión: 11.16 W/m² = 4.40 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 14.88 m²)

Consumo: 0 kWh/a de un máximo de 850 kWh/a

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



09. Depósito 1



Philips RC128V W62L62 1 xLED34S/830 OC

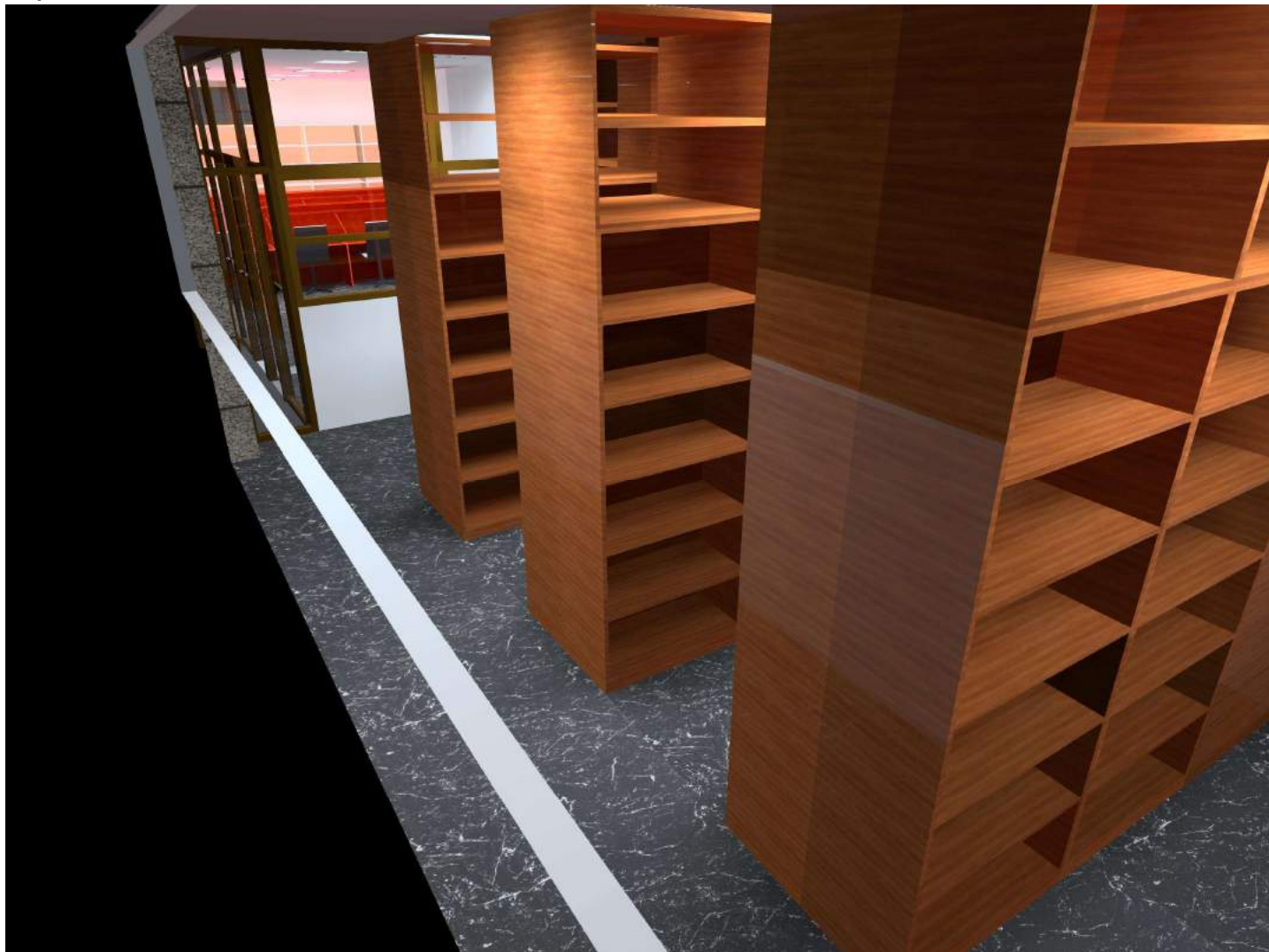
Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	0.772	1.837	2.843	0.80
2	2.839	1.837	2.843	0.80
3	4.539	1.837	2.843	0.80
4	6.239	1.837	2.843	0.80

Philips DN140B IA1 D216 1 xLED20S/840 C

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
5	3.689	0.537	2.905	0.80

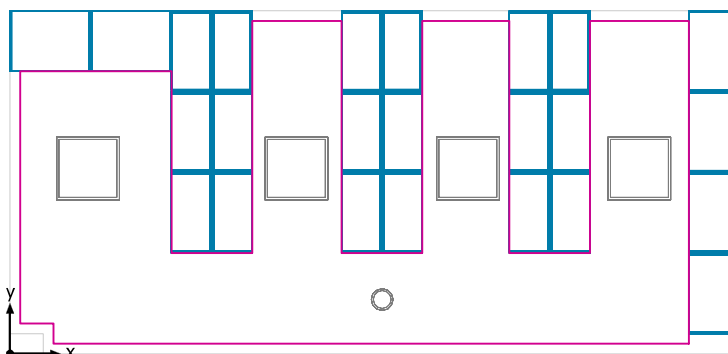
09. Depósito 1

Depósito 1





Plano útil (09. Depósito 1) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



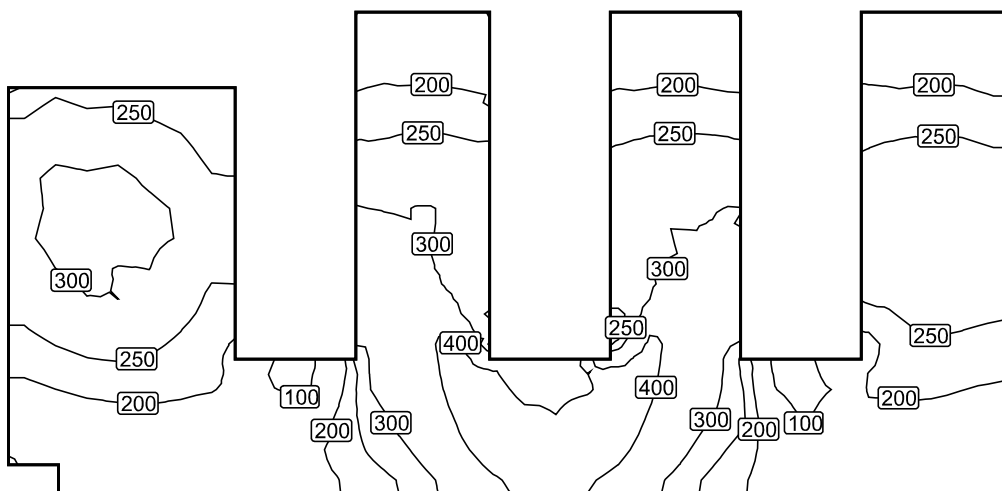
Plano útil (09. Depósito 1): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 253 lx (Nominal: ≥ 200 lx), Min: 72.4 lx, Max: 455 lx, Mín./medio: 0.29, Mín./máx.: 0.16

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m

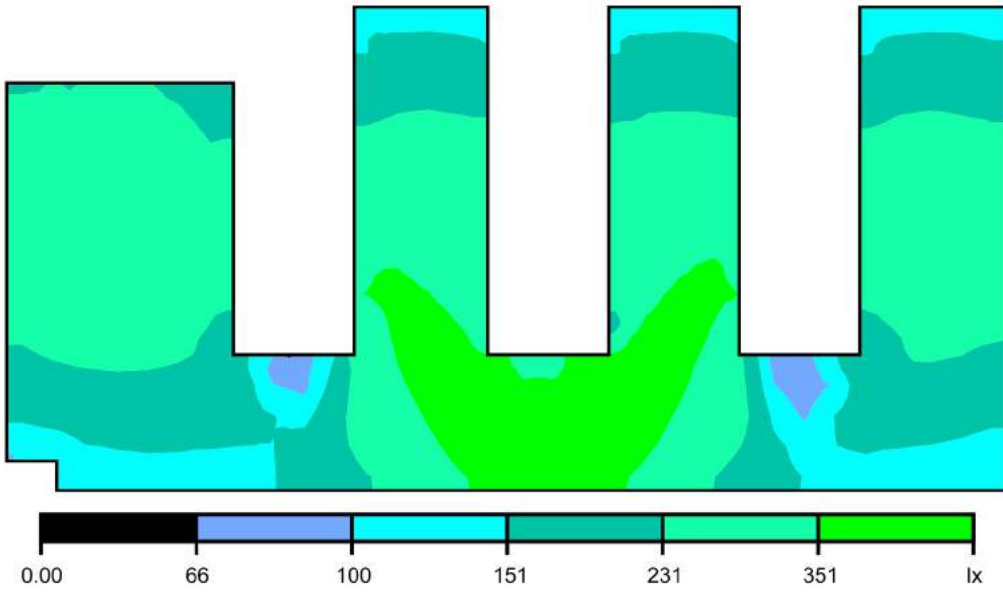
Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 50

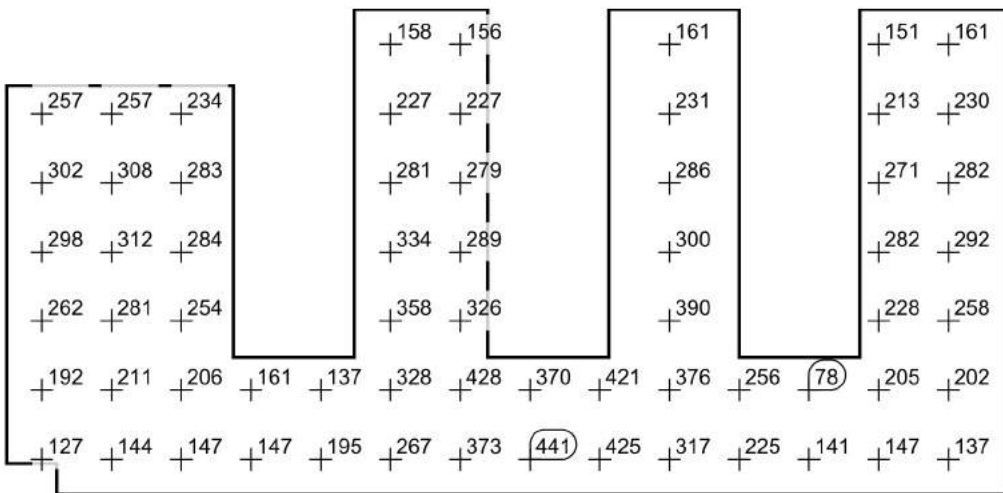


Colores falsos [lx]



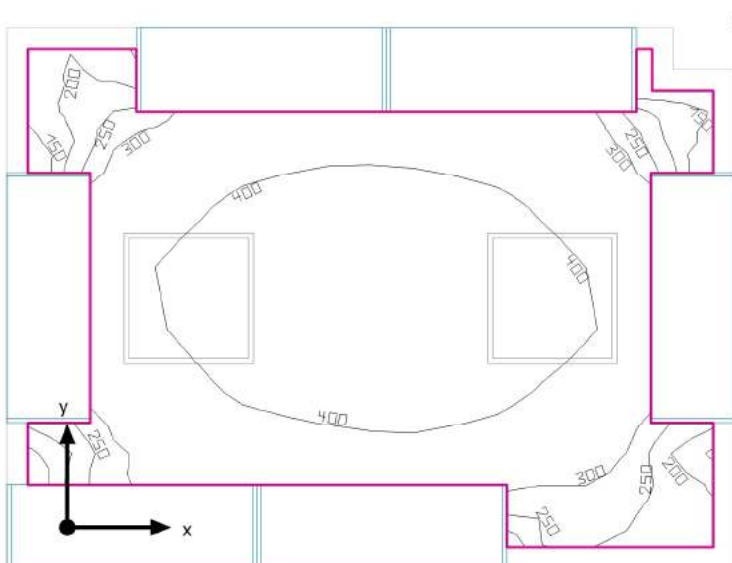
Escala: 1 : 50

Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 50

10. Depósito 2



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 86.0%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (10. Depósito 2)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	363 (≥ 200)	121	473	0.33	0.26

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
2 Philips - RC128V W62L62 1 xLED34S/830 OC	3399	36.0	94.4
Suma total de luminarias	6798	72.0	94.4

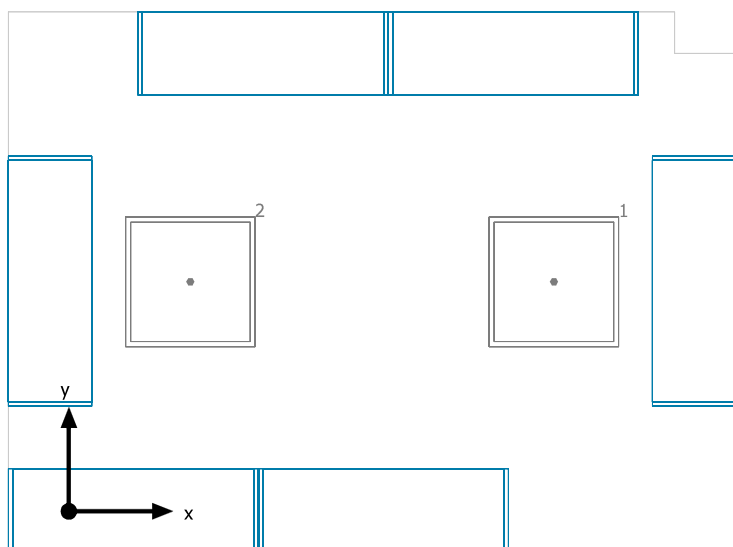
Potencia específica de conexión: 8.00 W/m² (Superficie de planta de la estancia 9.00 m²),
 Potencia específica de conexión: 12.64 W/m² = 3.48 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 5.70 m²)

Consumo: 0 kWh/a de un máximo de 350 kWh/a

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



10. Depósito 2



Philips RC128V W62L62 1 xLED34S/830 OC

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	2.330	1.103	2.843	0.80
2	0.583	1.103	2.843	0.80



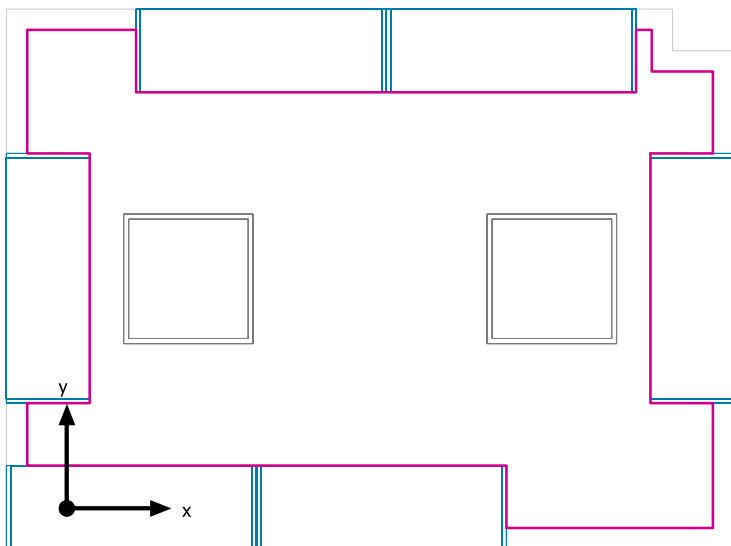
10. Depósito 2

Depósito 2





Plano útil (10. Depósito 2) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



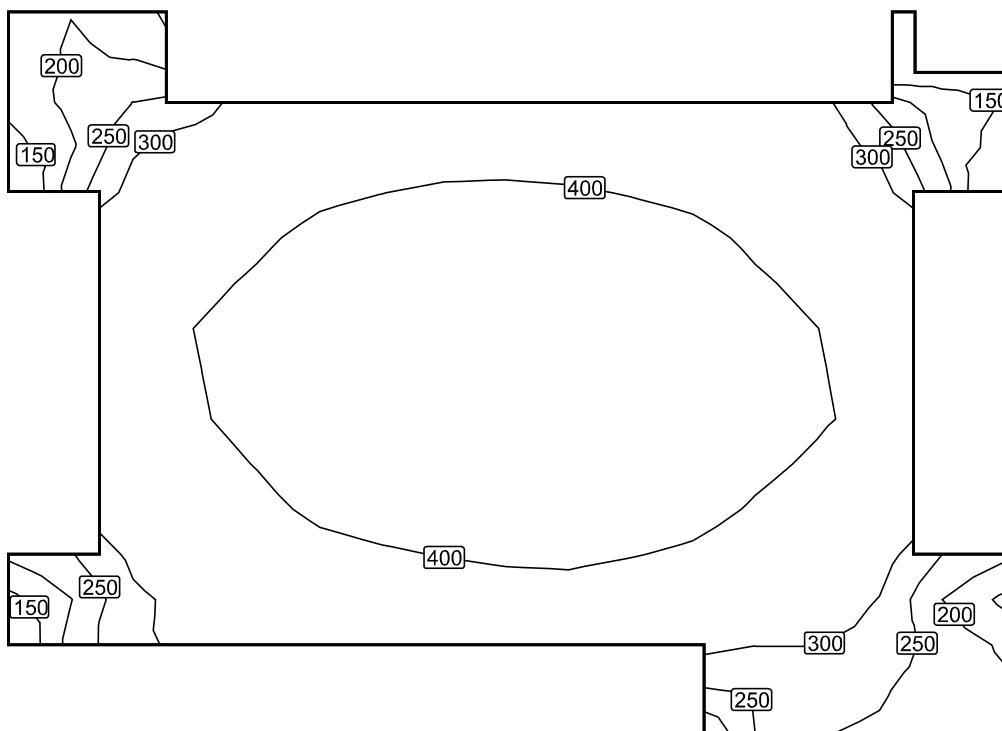
Plano útil (10. Depósito 2): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 363 lx (Nominal: ≥ 200 lx), Min: 121 lx, Max: 473 lx, Mín./medio: 0.33, Mín./máx.: 0.26

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m

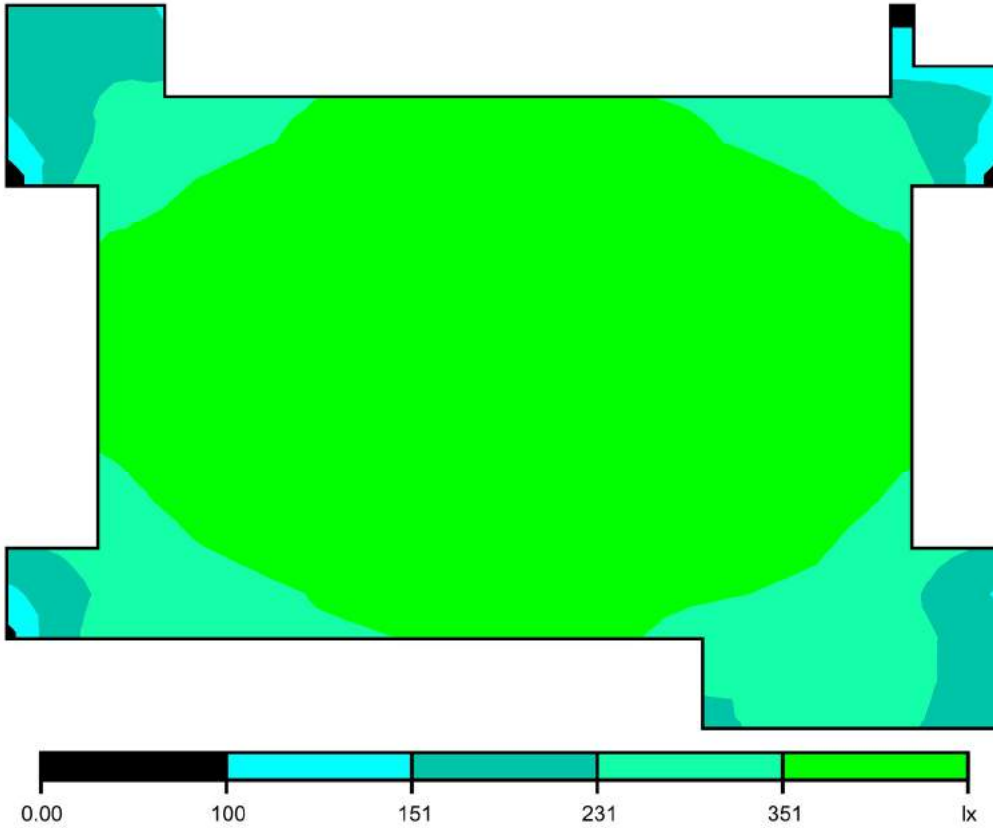
Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25

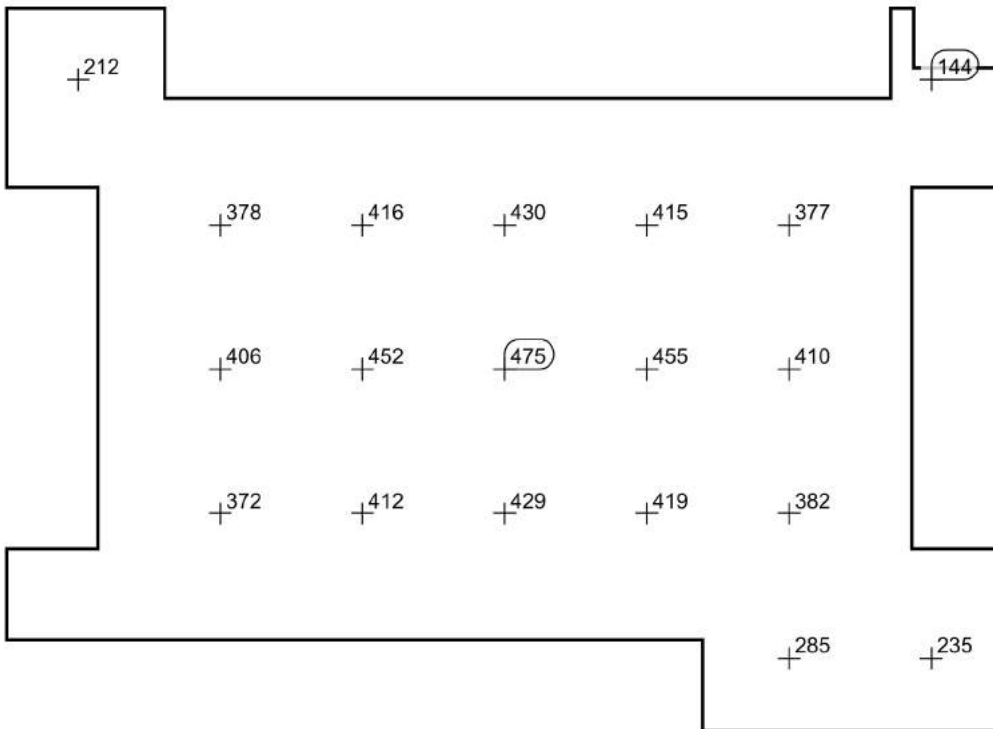


Colores falsos [lx]



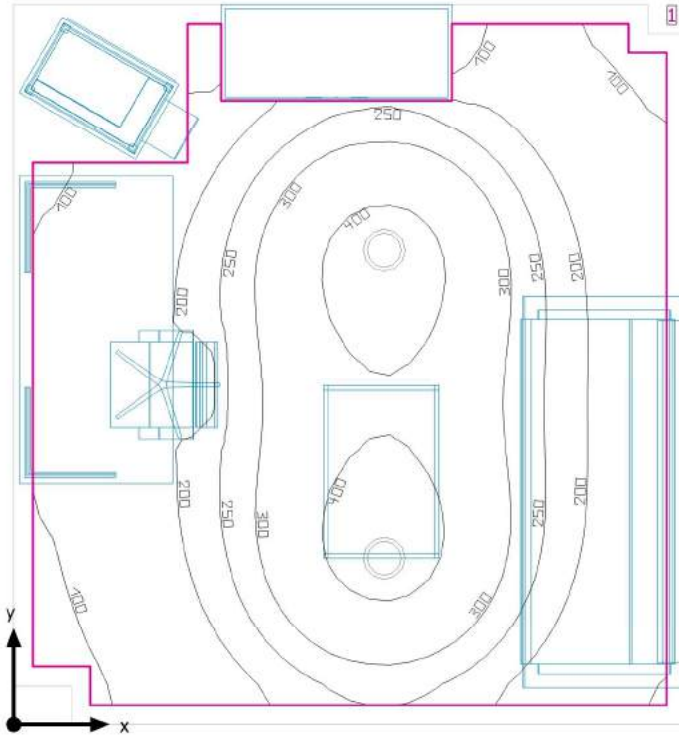
Escala: 1 : 25

Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 25

11. Reprografía



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 70.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (11. Reprografía)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	239 (≥ 100)	30.2	441	0.13	0.068

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
2 Philips - DN140B IA1 D216 1 xLED20S/840 C	2200	22.0	100.0
Suma total de luminarias	4400	44.0	100.0

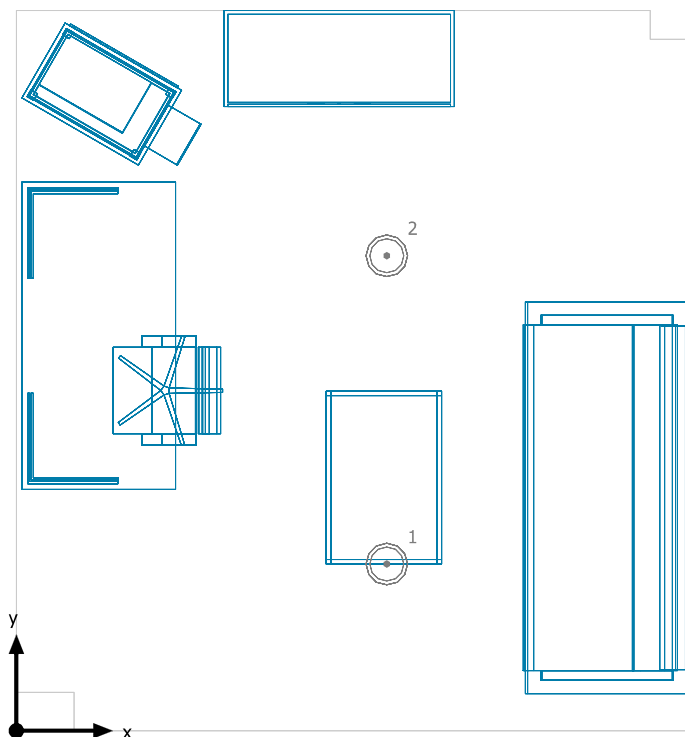
Potencia específica de conexión: 3.38 W/m² (Superficie de planta de la estancia 13.04 m²),
 Potencia específica de conexión: 4.17 W/m² = 1.74 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 10.56 m²)

Consumo: 10 - 16 kWh/a de un máximo de 500 kWh/a

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



11. Reprografía



Philips DN140B IA1 D216 1 xLED20S/840 C

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	1.929	0.868	2.905	0.80
2	1.929	2.472	2.905	0.80



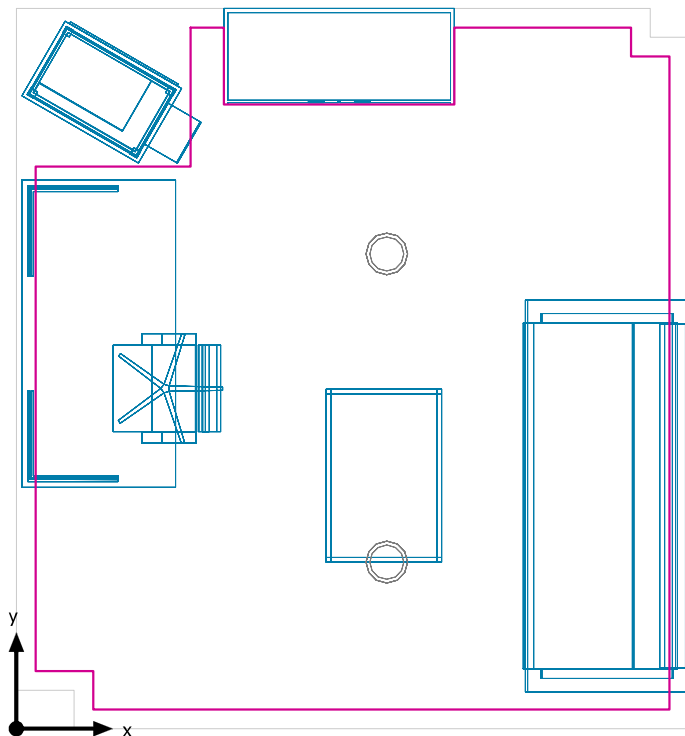
11. Reprografía

Reprografía





Plano útil (11. Reprografía) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



Plano útil (11. Reprografía): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

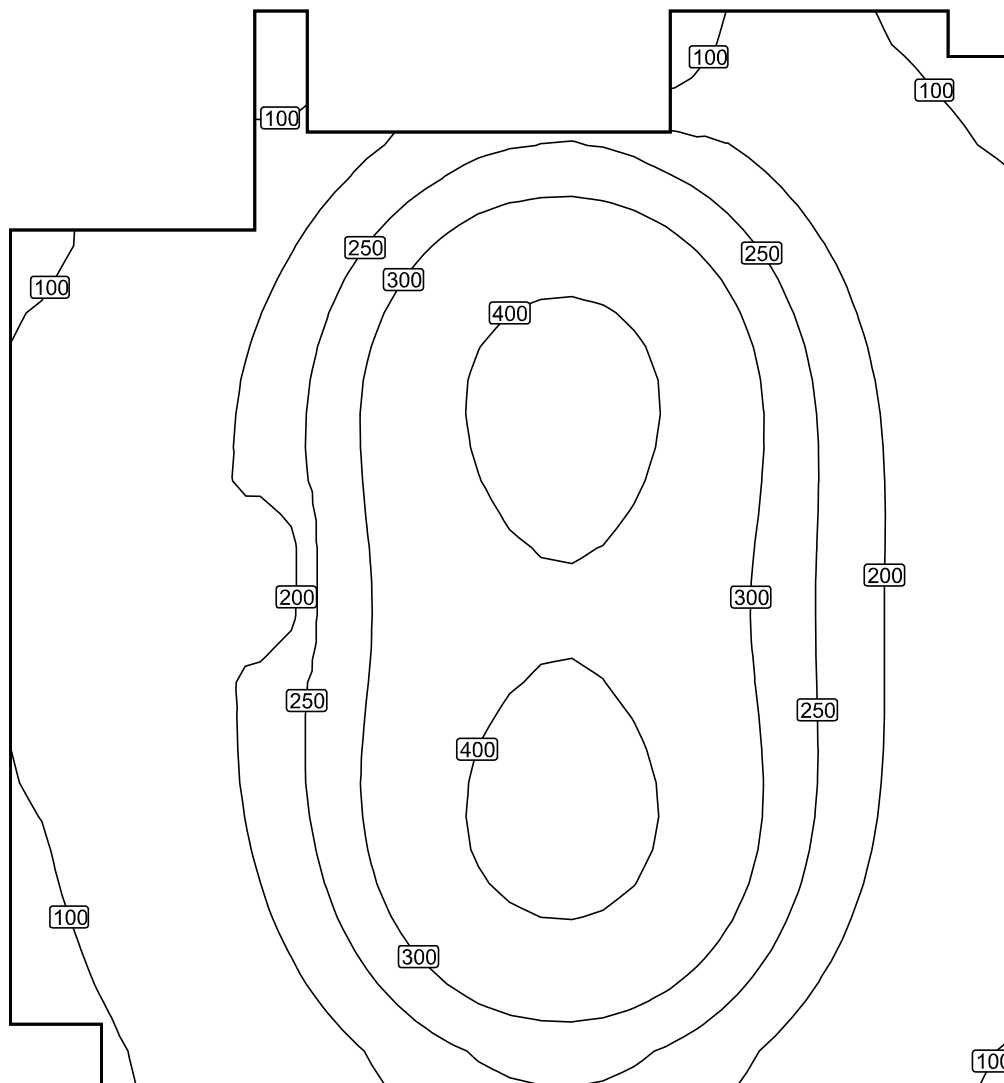
Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 239 lx (Nominal: ≥ 100 lx), Min: 30.2 lx, Max: 441 lx, Mín./medio: 0.13, Mín./máx.: 0.068

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m



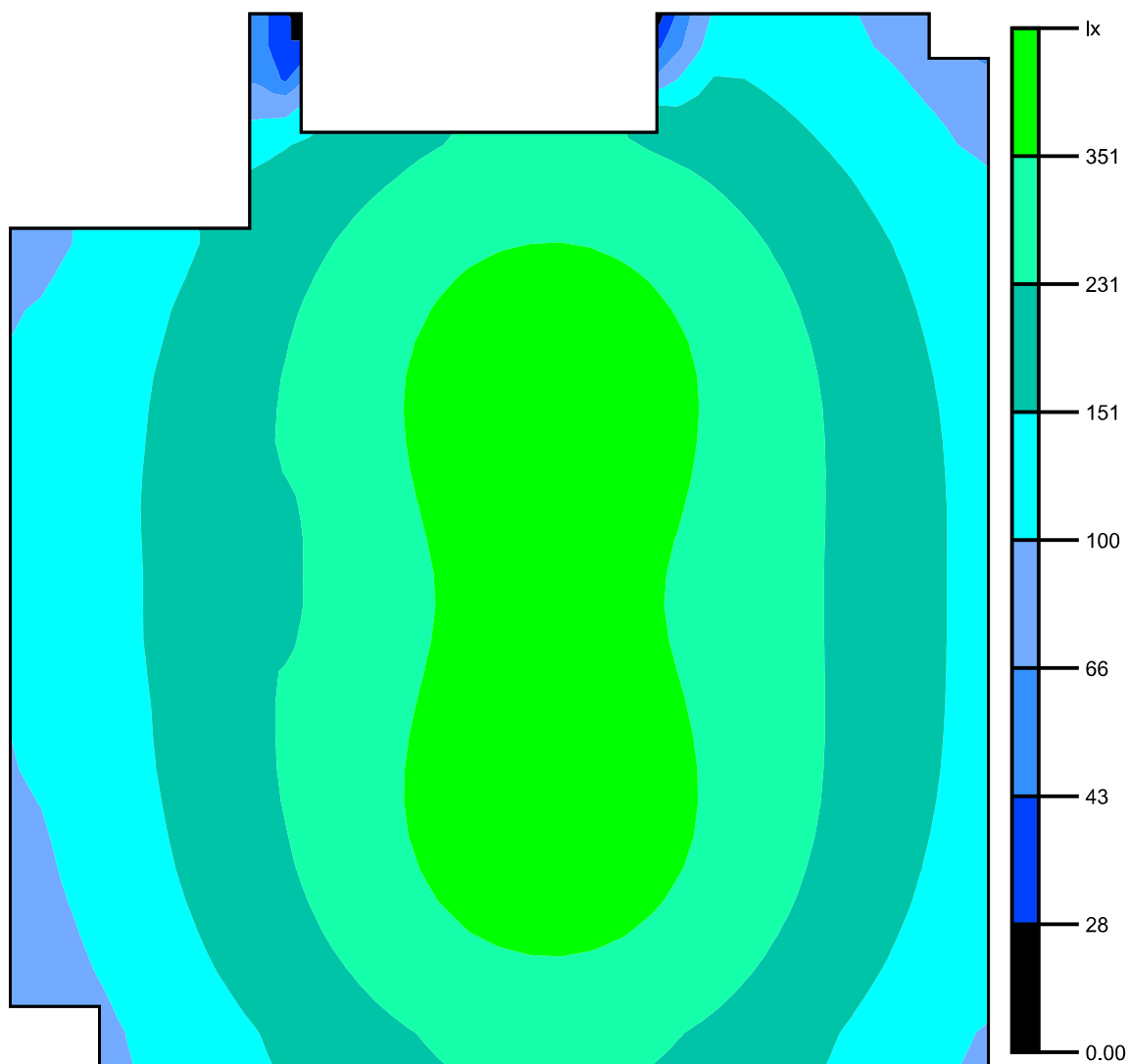
Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25



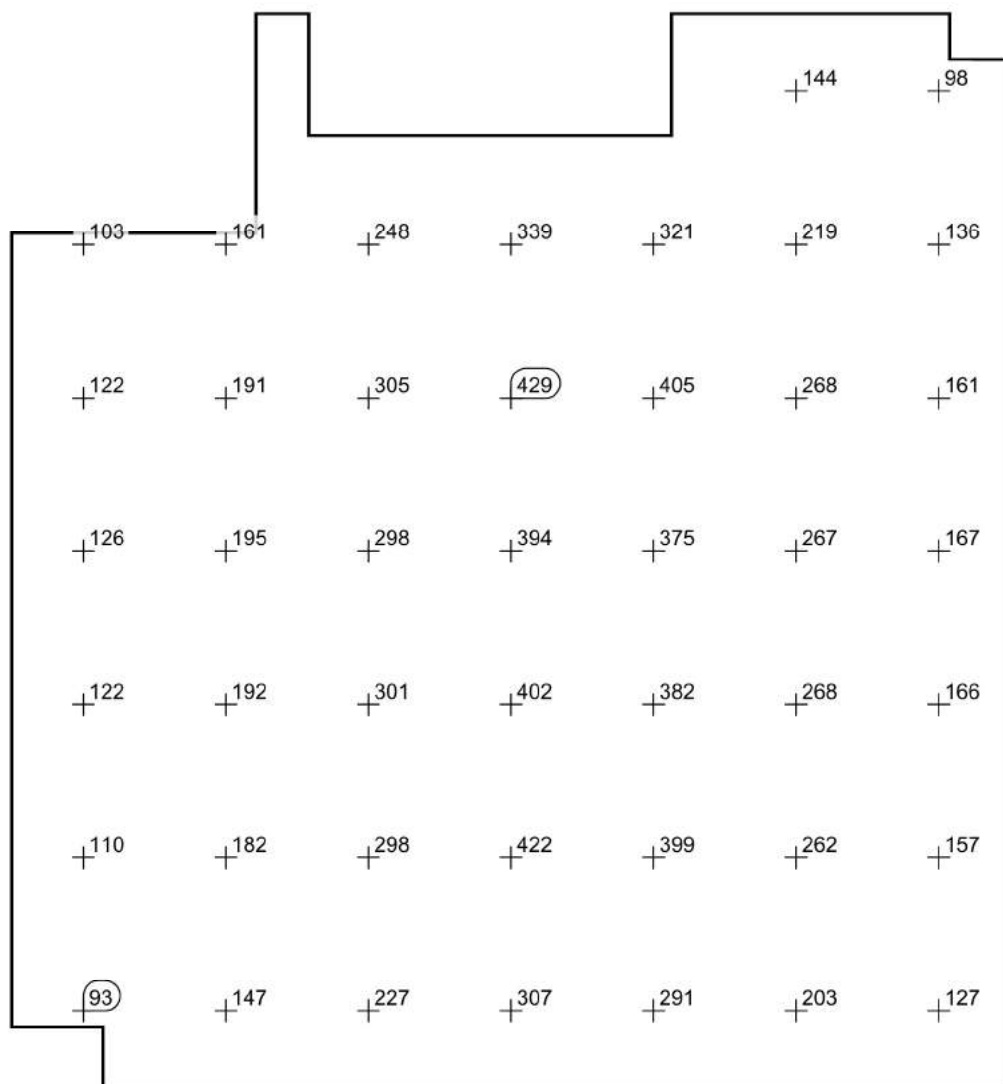
Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 25



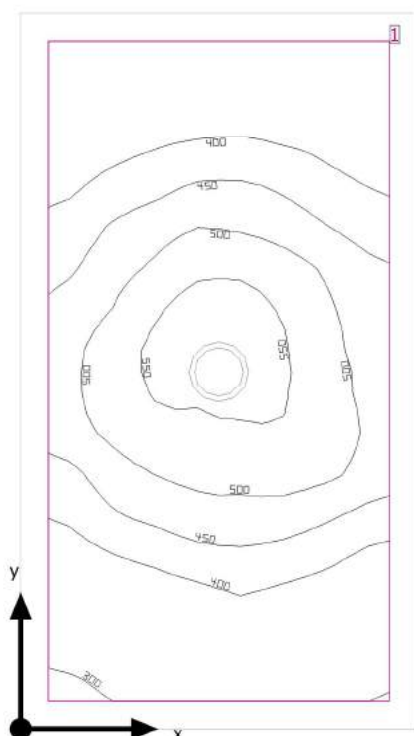
Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 25



12. Almacén



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 86.0%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (12. Almacén)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	434 (≥ 100)	292	577	0.67	0.51

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
1 Philips - DN140B IA1 D216 1 xLED20S/840 C	2200	22.0	100.0
Suma total de luminarias	2200	22.0	100.0

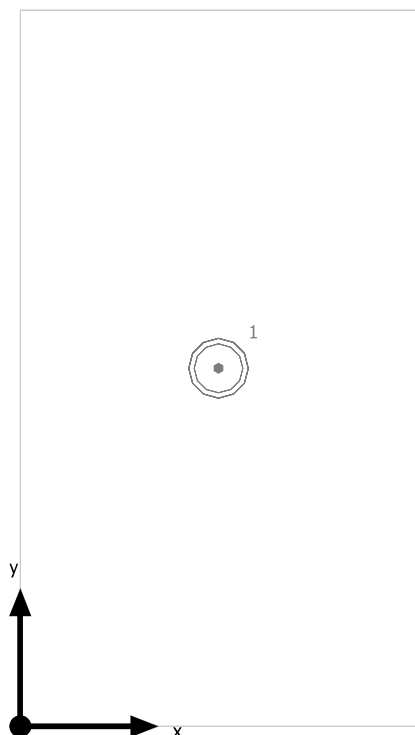
Potencia específica de conexión: 5.88 W/m² (Superficie de planta de la estancia 3.74 m²),
 Potencia específica de conexión: 7.39 W/m² = 1.70 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 2.97 m²)

Consumo: 1 kWh/a de un máximo de 150 kWh/a

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



12. Almacén

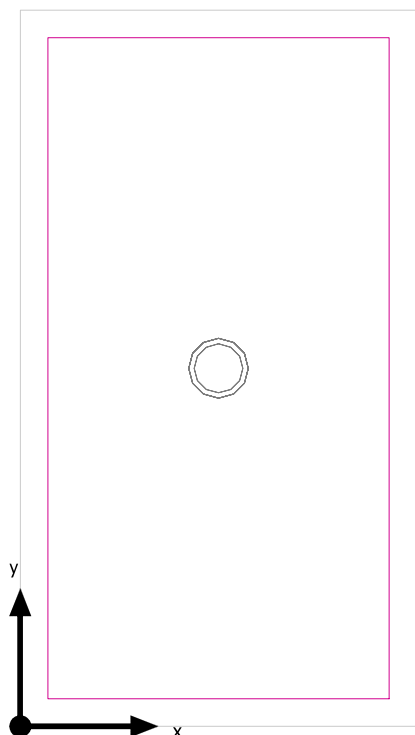


Philips DN140B IA1 D216 1 xLED20S/840 C

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	0.720	1.300	2.905	0.80



Plano útil (12. Almacén) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



Plano útil (12. Almacén): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

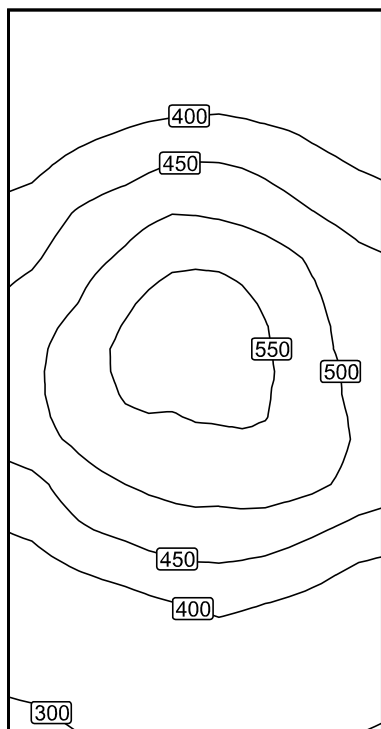
Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 434 lx (Nominal: ≥ 100 lx), Min: 292 lx, Max: 577 lx, Mín./medio: 0.67, Mín./máx.: 0.51

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m

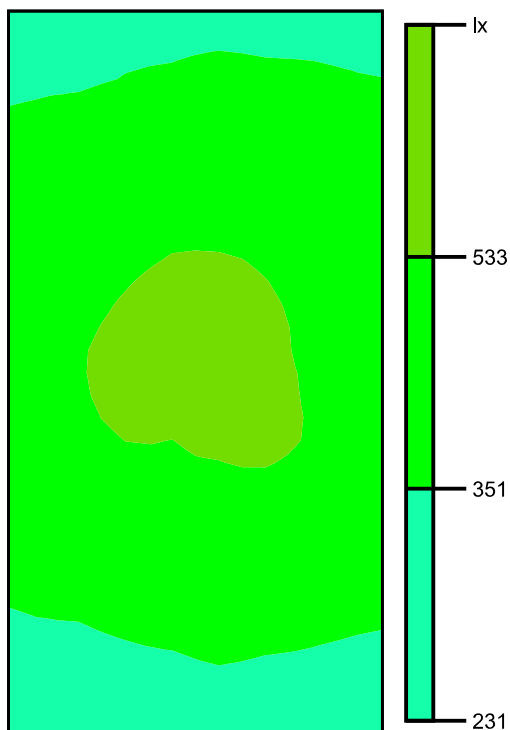


Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25

Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 25

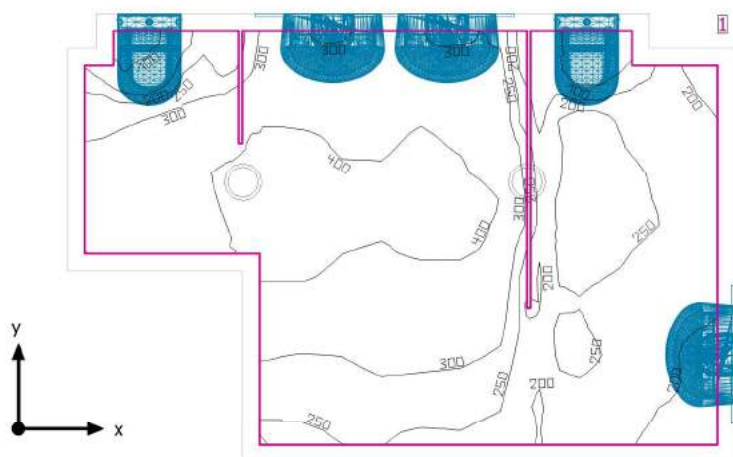


Sistema de valores [lx]

+333	+349	+357	+349
+401	+442	+446	+405
+466	+533	+540	+482
+509	567	+566	+504
+465	+514	+528	+501
+382	+419	+433	+398
313	+329	+335	+324

Escala: 1 : 25

13. Baño 1



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 73.1%, Paredes 85.0%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (13. Baño 1)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.100 m	298 (≥ 200)	39.1	438	0.13	0.089

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
2 Philips - DN140B IA1 D216 1 xLED20S/840 C	2200	22.0	100.0
Suma total de luminarias	4400	44.0	100.0

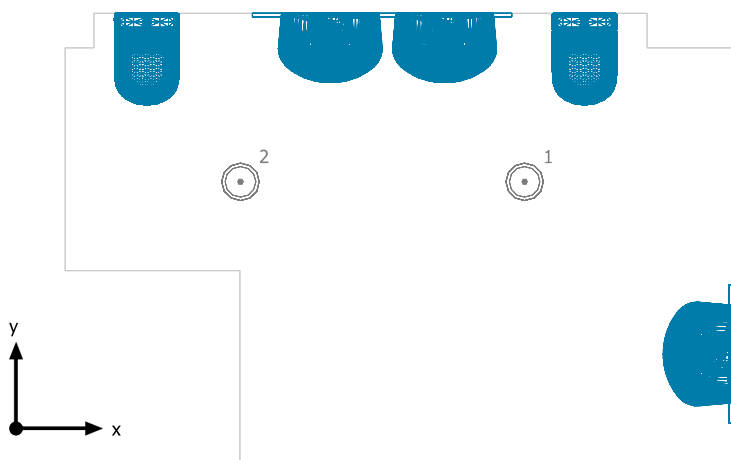
Potencia específica de conexión: 5.02 W/m² (Superficie de planta de la estancia 8.77 m²),
 Potencia específica de conexión: 5.89 W/m² = 1.98 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 7.47 m²)

Consumo: 9 kWh/a de un máximo de 350 kWh/a

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



13. Baño 1



Philips DN140B IA1 D216 1 xLED20S/840 C

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	2.942	1.426	2.905	0.80
2	1.298	1.426	2.905	0.80



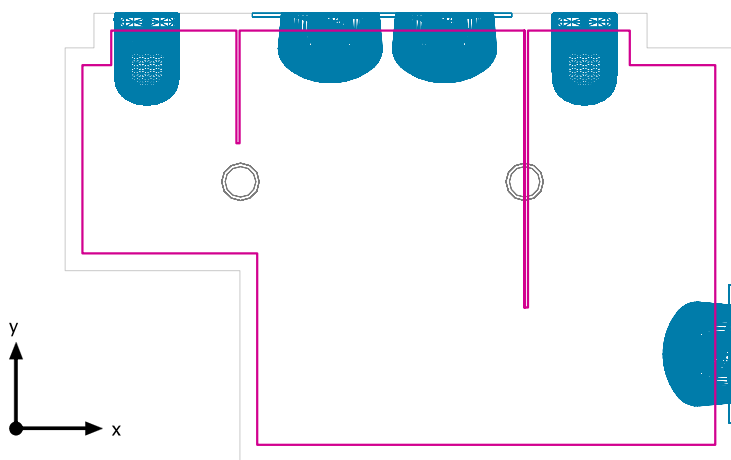
13. Baño 1

Baño 1





Plano útil (13. Baño 1) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



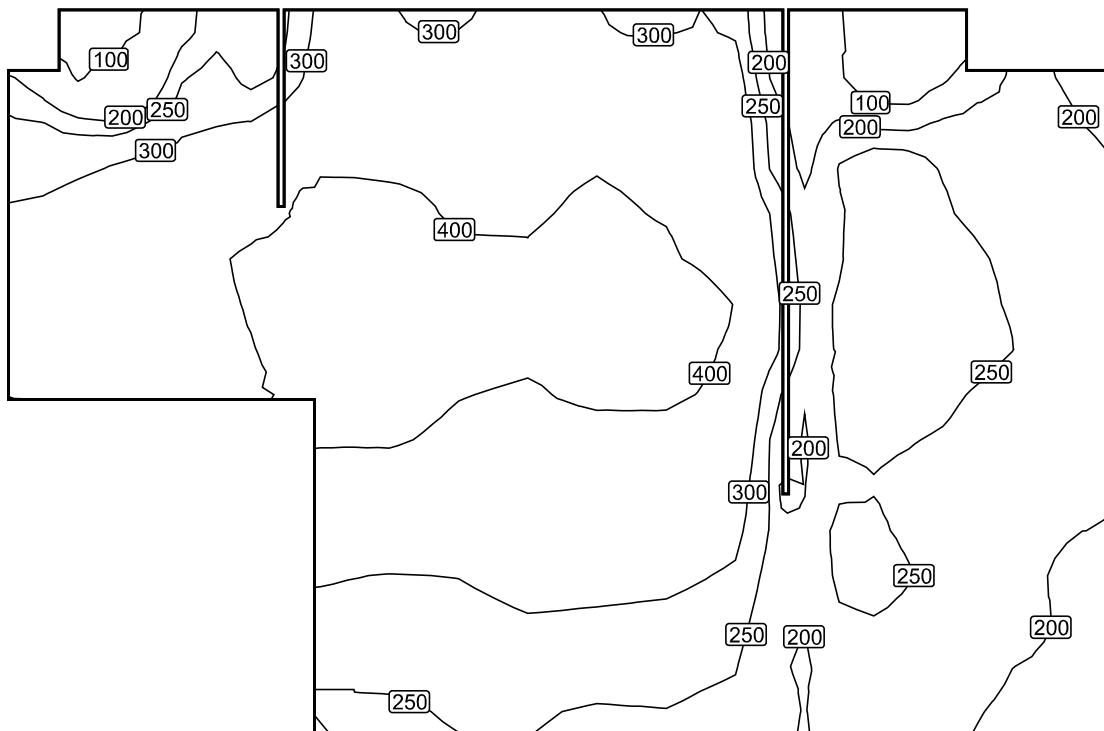
Plano útil (13. Baño 1): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 298 lx (Nominal: ≥ 200 lx), Min: 39.1 lx, Max: 438 lx, Mín./medio: 0.13, Mín./máx.: 0.089

Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.100 m

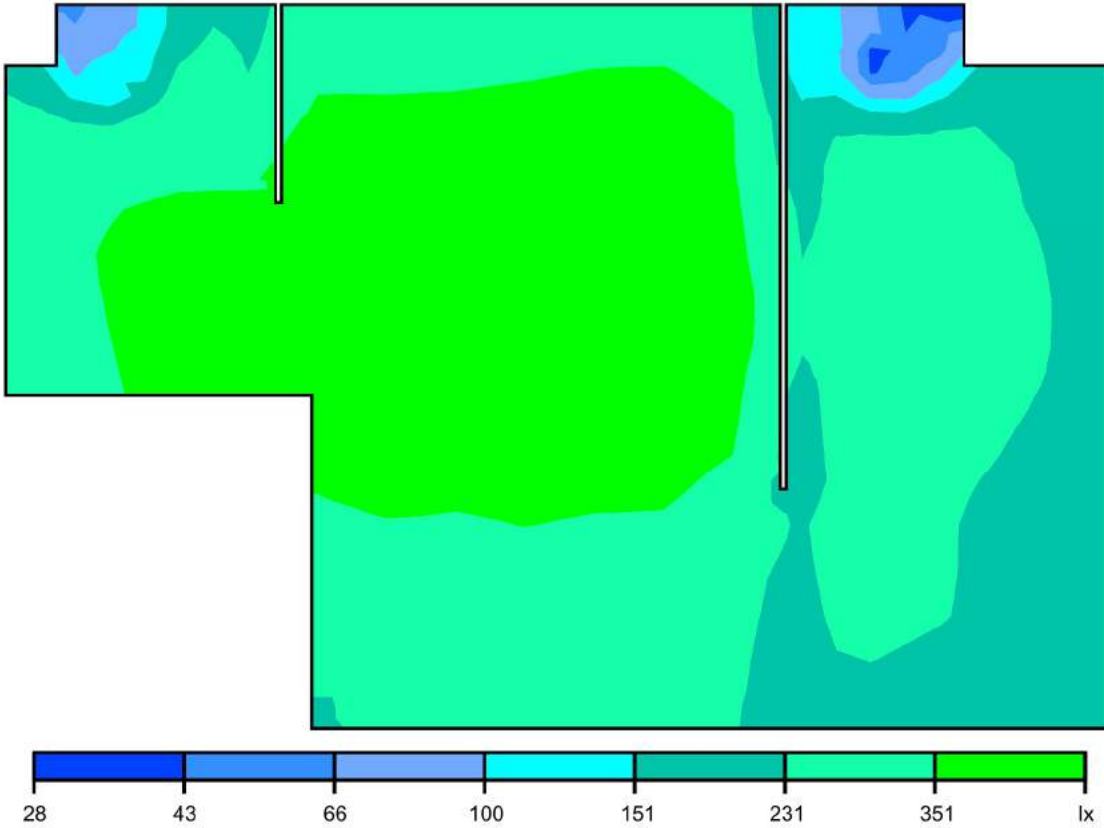
Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25

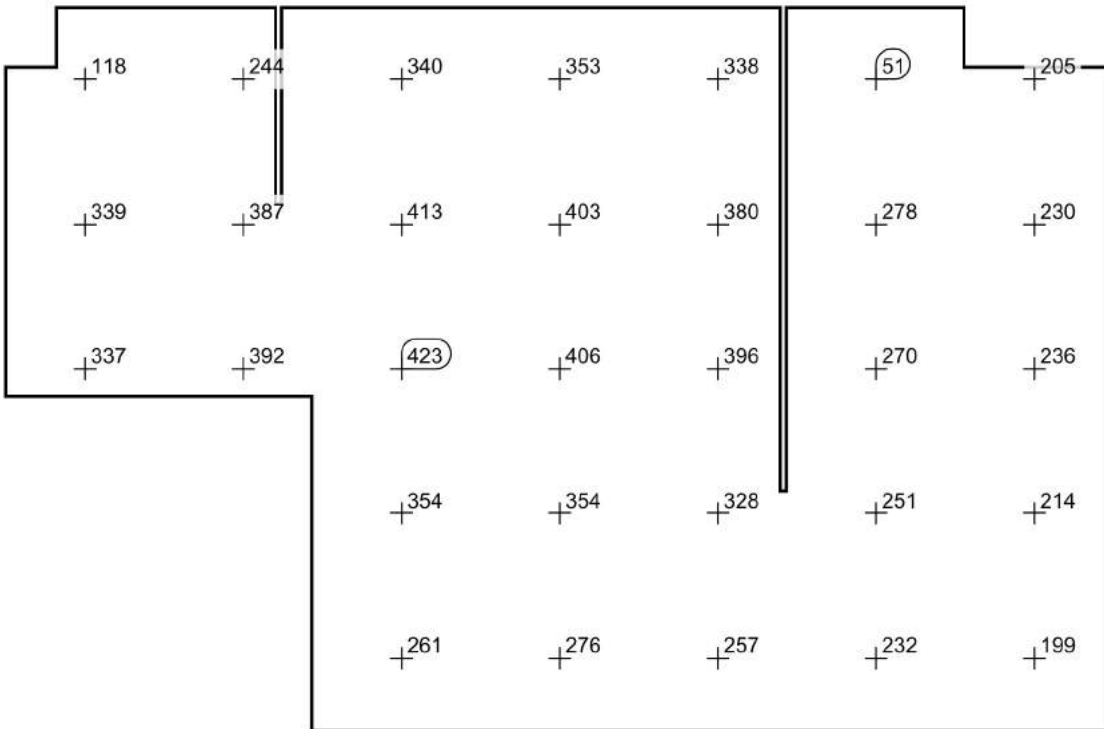


Colores falsos [lx]



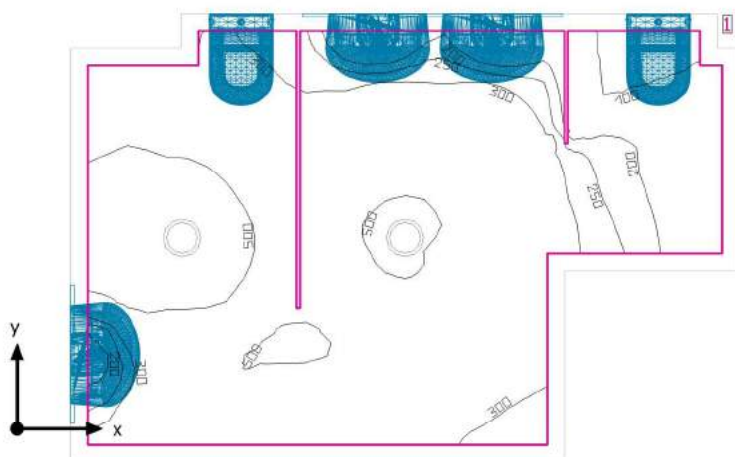
Escala: 1 : 25

Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 25

14. Baño 2



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 81.2%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (14. Baño 2)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	370 (≥ 200)	88.5	581	0.24	0.15

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
2 Philips - DN140B IA1 D216 1 xLED20S/840 C	2200	22.0	100.0
Suma total de luminarias	4400	44.0	100.0

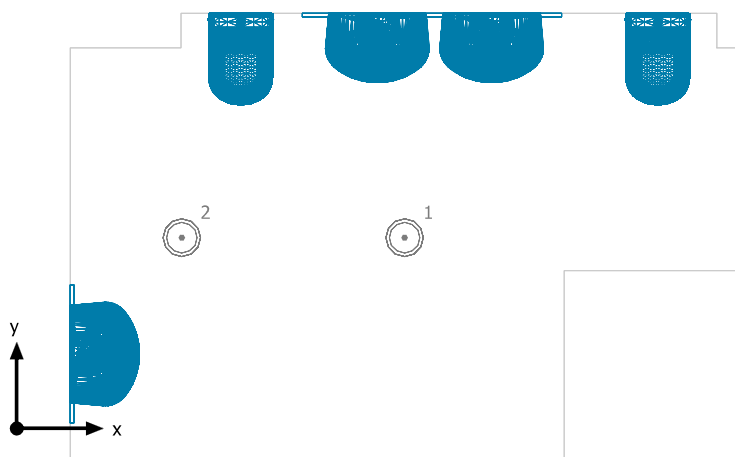
Potencia específica de conexión: 5.02 W/m² (Superficie de planta de la estancia 8.76 m²),
 Potencia específica de conexión: 5.90 W/m² = 1.60 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 7.46 m²)

Consumo: 7 kWh/a de un máximo de 350 kWh/a

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



14. Baño 2



Philips DN140B IA1 D216 1 xLED20S/840 C

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	2.243	1.103	2.905	0.80
2	0.954	1.103	2.905	0.80



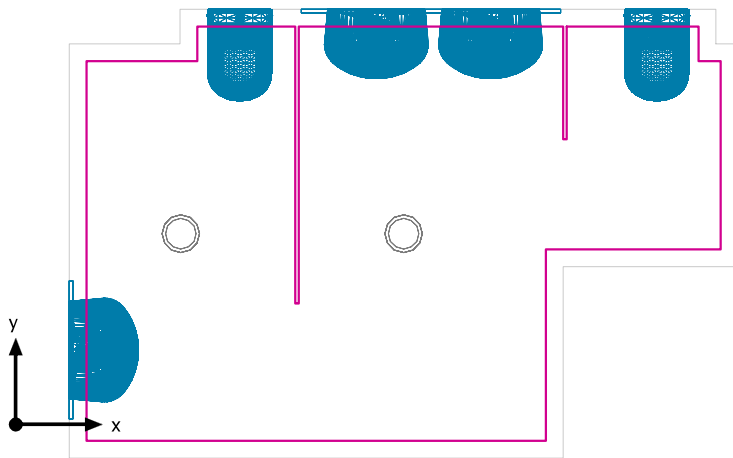
14. Baño 2

Baño 2





Plano útil (14. Baño 2) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



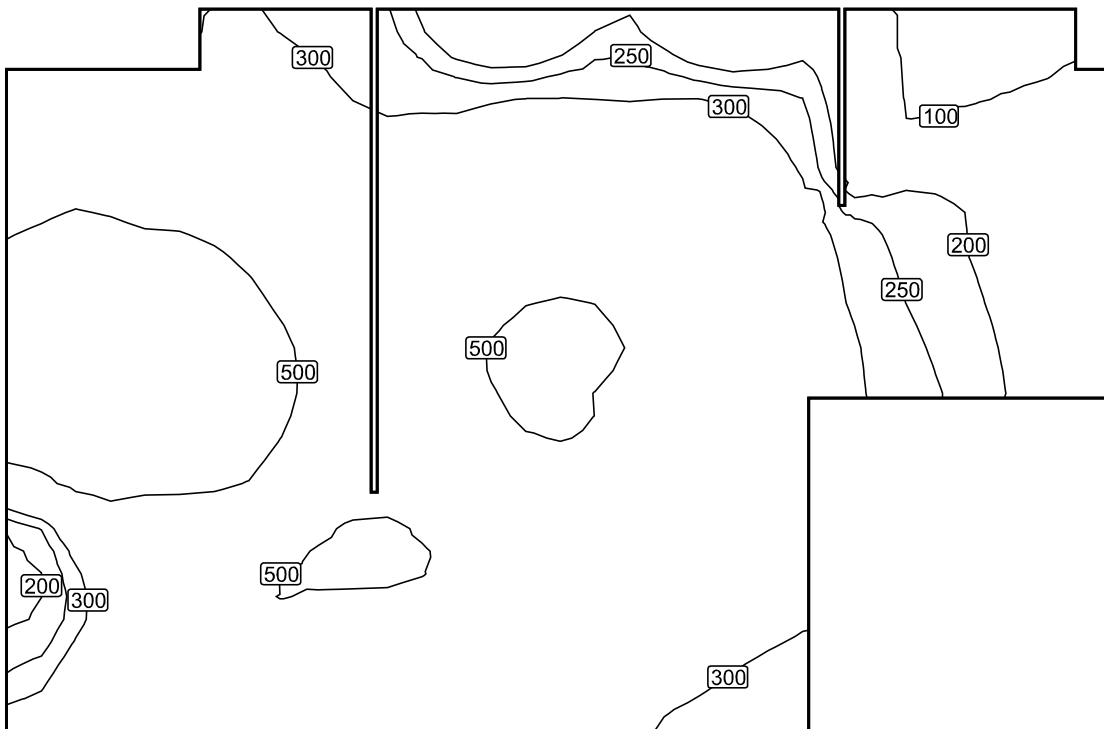
Plano útil (14. Baño 2): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 370 lx (Nominal: ≥ 200 lx), Min: 88.5 lx, Max: 581 lx, Mín./medio: 0.24, Mín./máx.: 0.15

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m

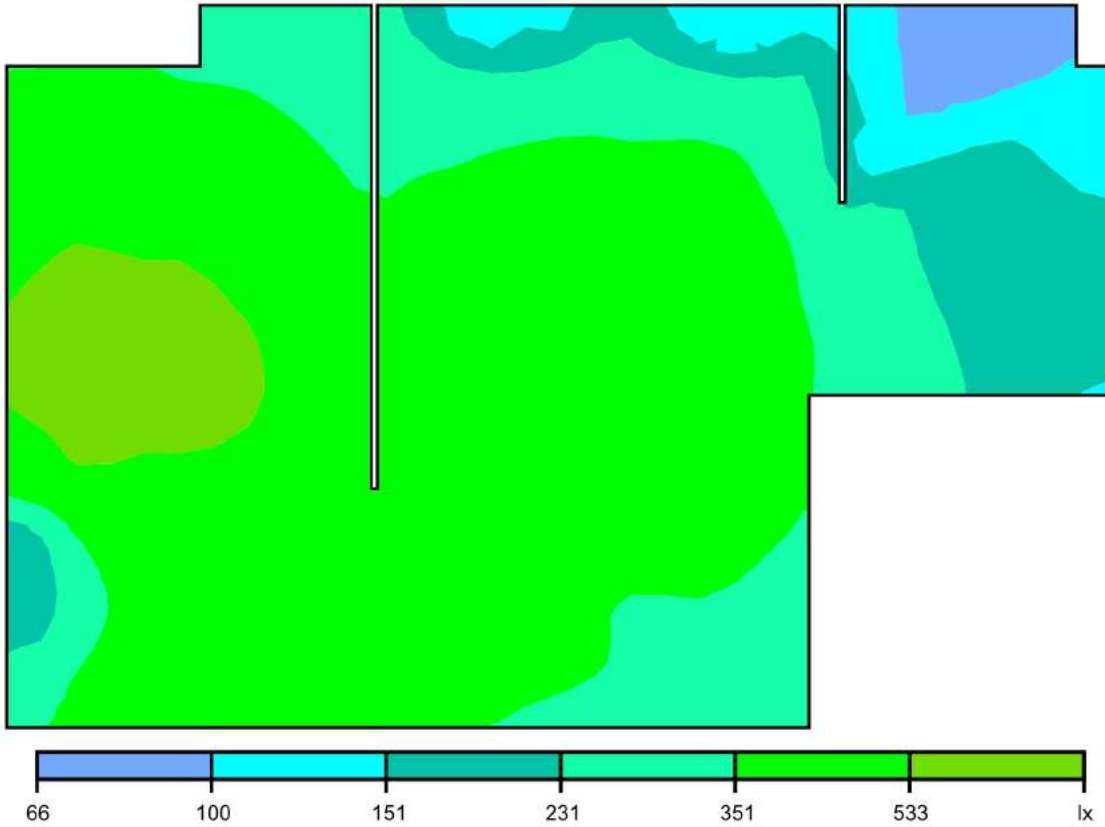
Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25

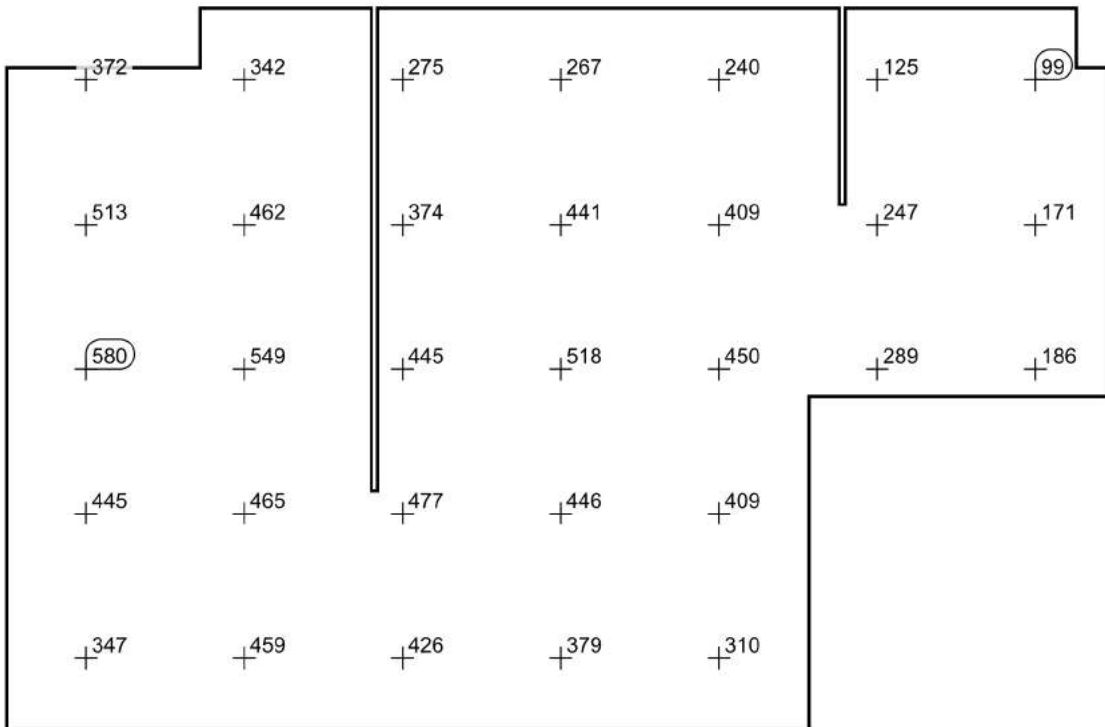


Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 25

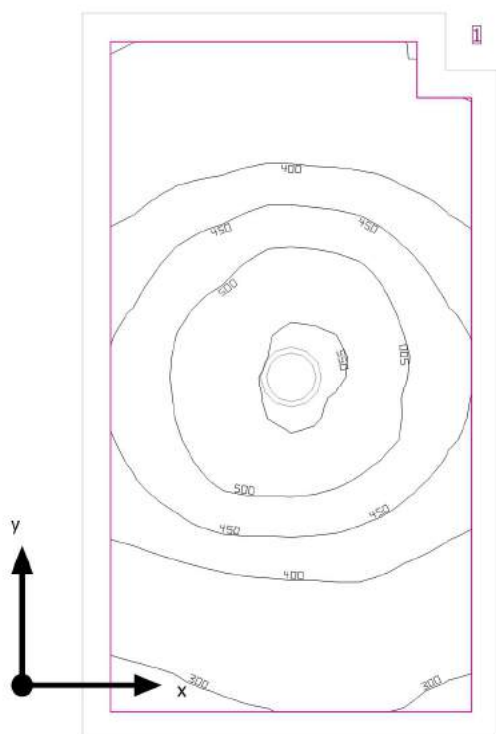
Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 25



15. Limpieza



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 84.4%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (15. Limpieza)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	421 (≥ 100)	282	558	0.67	0.51

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
1 Philips - DN140B IA1 D216 1 xLED20S/840 C	2200	22.0	100.0
Suma total de luminarias	2200	22.0	100.0

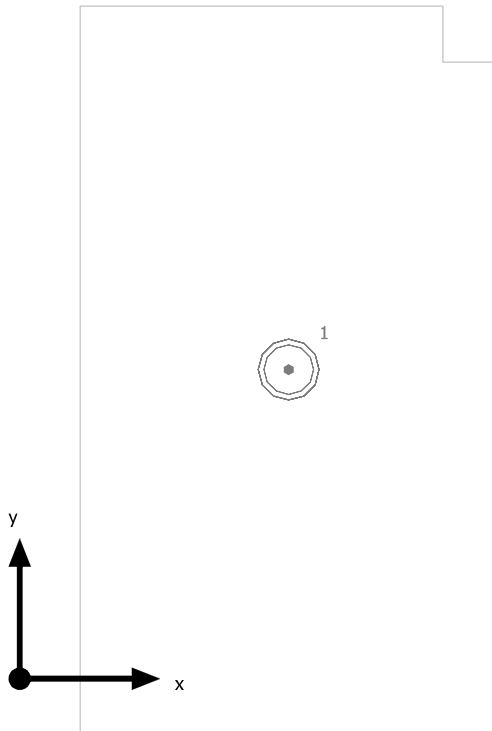
Potencia específica de conexión: 5.76 W/m² (Superficie de planta de la estancia 3.82 m²),
 Potencia específica de conexión: 7.23 W/m² = 1.72 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 3.04 m²)

Consumo: 1 kWh/a de un máximo de 150 kWh/a

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



15. Limpieza

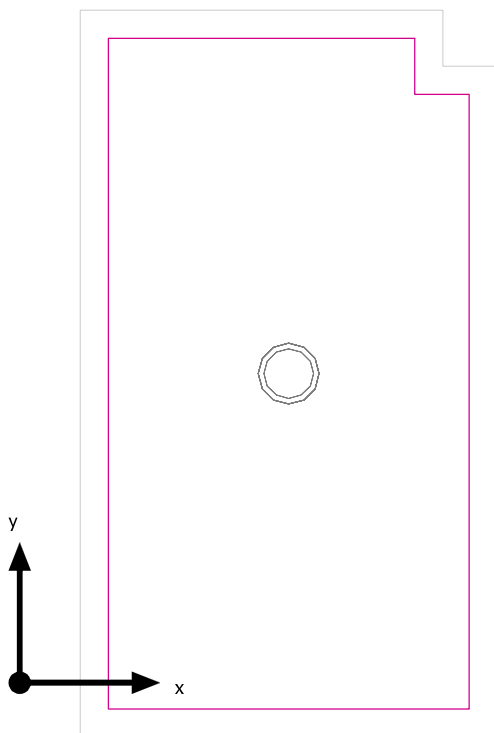


Philips DN140B IA1 D216 1 xLED20S/840 C

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	0.960	1.103	2.905	0.80



Plano útil (15. Limpieza) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



Plano útil (15. Limpieza): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

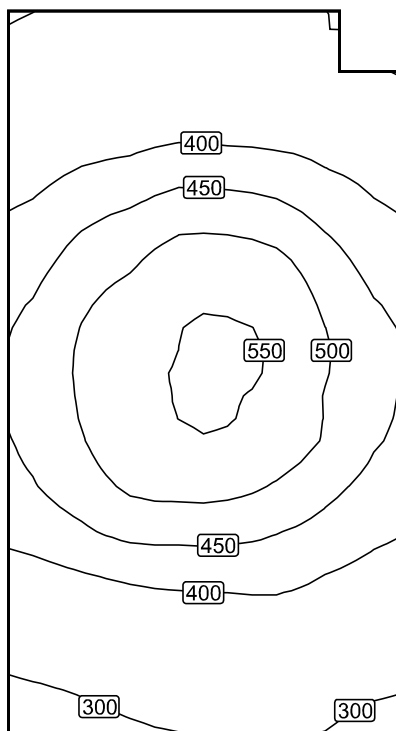
Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 421 lx (Nominal: ≥ 100 lx), Min: 282 lx, Max: 558 lx, Mín./medio: 0.67, Mín./máx.: 0.51

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m

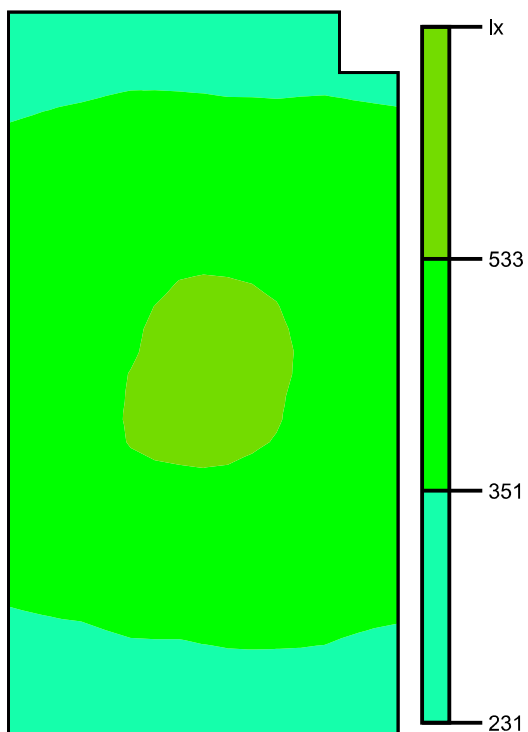


Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25

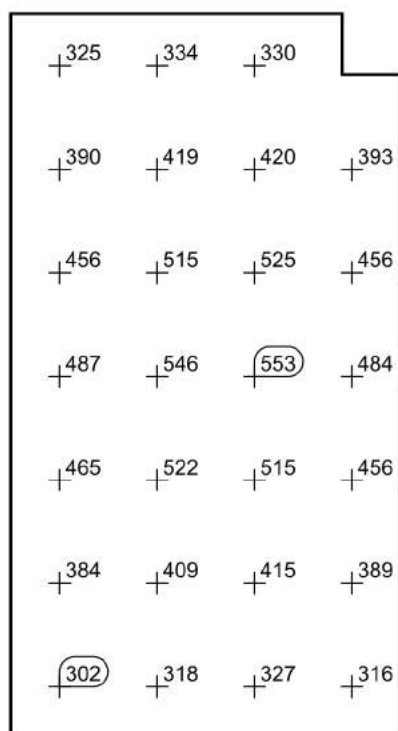
Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 25



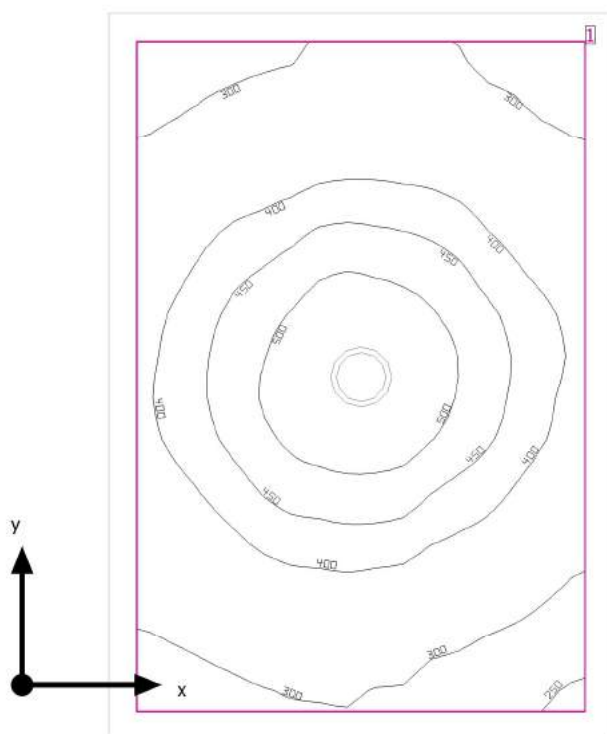
Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 25



16. Mantenimiento



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 86.0%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (16. Mantenimiento)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	387 (≥ 100)	244	547	0.63	0.45

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
1 Philips - DN140B IA1 D216 1 xLED20S/840 C	2200	22.0	100.0
Suma total de luminarias	2200	22.0	100.0

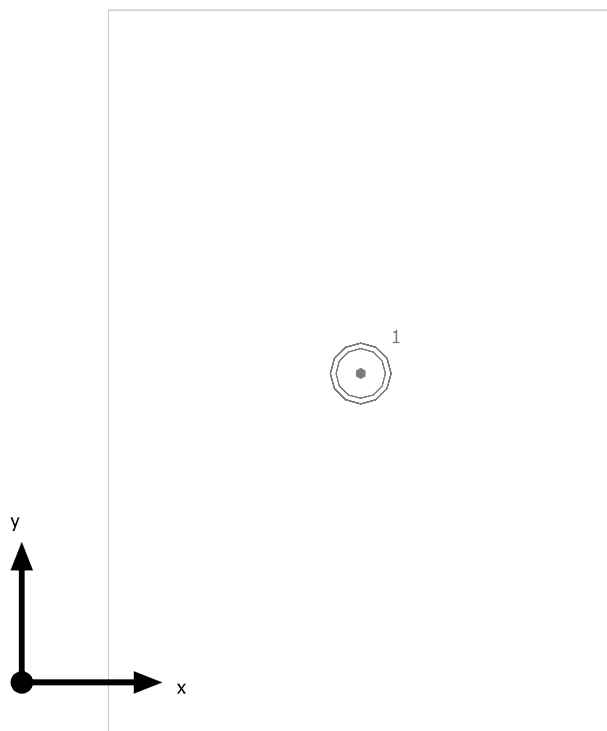
Potencia específica de conexión: 4.71 W/m² (Superficie de planta de la estancia 4.67 m²),
Potencia específica de conexión: 5.74 W/m² = 1.48 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 3.83 m²)

Consumo: 1 kWh/a de un máximo de 200 kWh/a

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



16. Mantenimiento

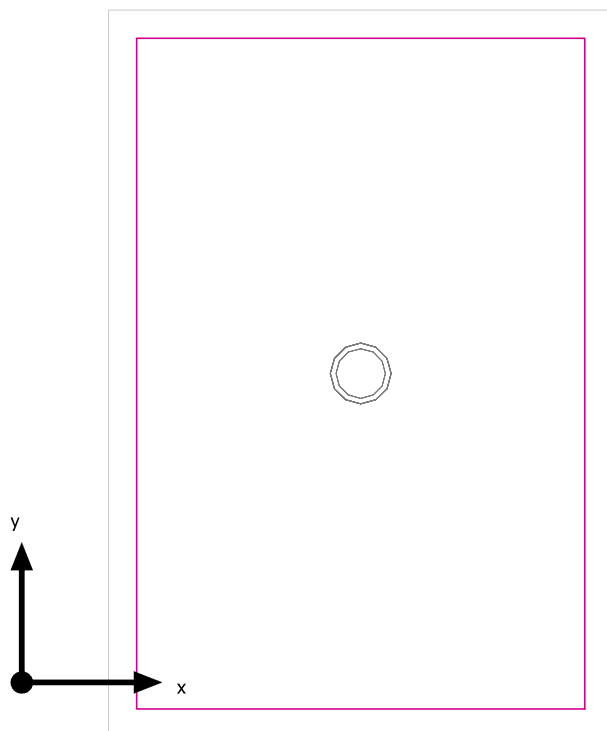


Philips DN140B IA1 D216 1 xLED20S/840 C

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	1.210	1.103	2.905	0.80



Plano útil (16. Mantenimiento) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



Plano útil (16. Mantenimiento): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

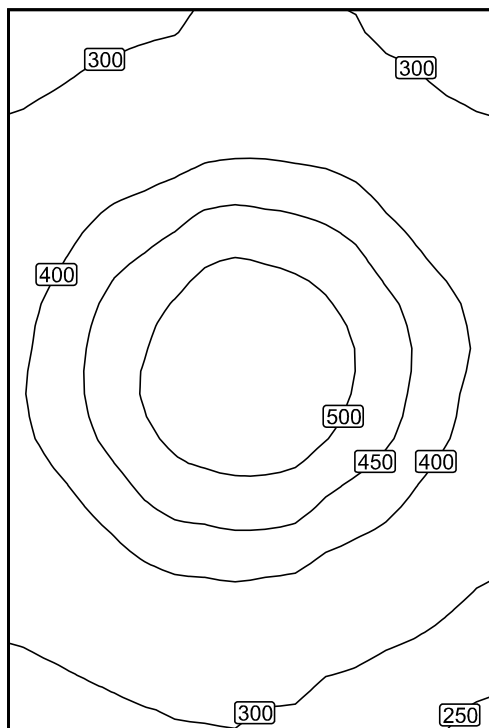
Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 387 lx (Nominal: ≥ 100 lx), Min: 244 lx, Max: 547 lx, Mín./medio: 0.63, Mín./máx.: 0.45

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m

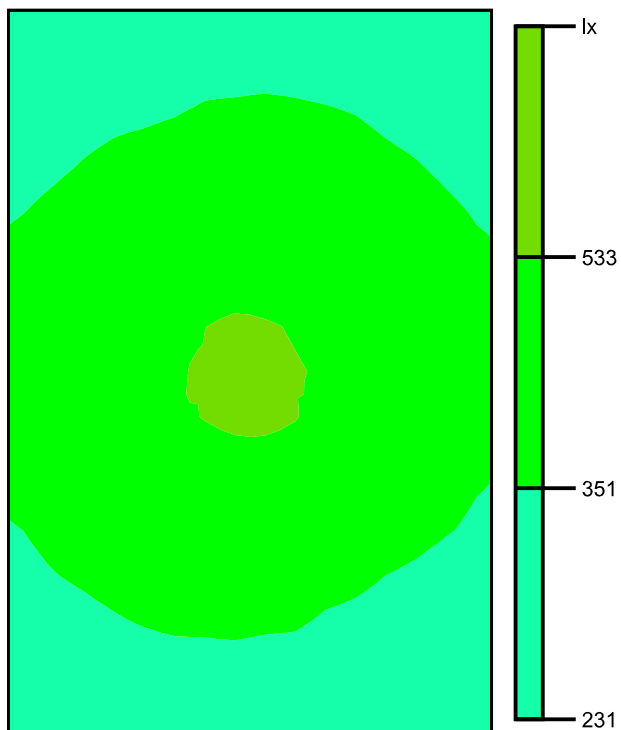


Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25

Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 25



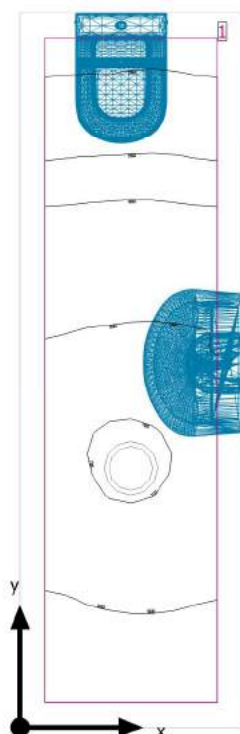
Sistema de valores [lx]

+287	+311	+331	+321	+283
+340	+381	+406	+390	+340
+397	+466	+506	+472	+394
+426	+510	+547	+506	+421
+398	+474	+502	+457	+386
+349	+390	+402	+369	+320
+293	+315	+319	+294	+267

Escala: 1 : 25



17. Baño Damas



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 75.8%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (17. Baño Damas)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 1.100 m, Zona marginal: 0.100 m	453 (≥ 200)	192	719	0.42	0.27

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
1 Philips - DN140B IA1 D216 1 xLED20S/840 C	2200	22.0	100.0
Suma total de luminarias	2200	22.0	100.0

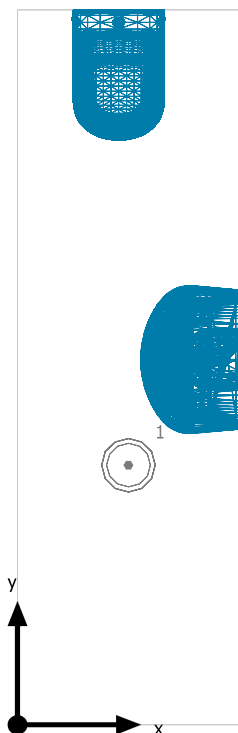
Potencia específica de conexión: 8.43 W/m² (Superficie de planta de la estancia 2.61 m²),
 Potencia específica de conexión: 11.64 W/m² = 2.57 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 1.89 m²)

Consumo: 2 - 4 kWh/a de un máximo de 100 kWh/a

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



17. Baño Damas



Philips DN140B IA1 D216 1 xLED20S/840 C

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	0.450	1.053	2.905	0.80



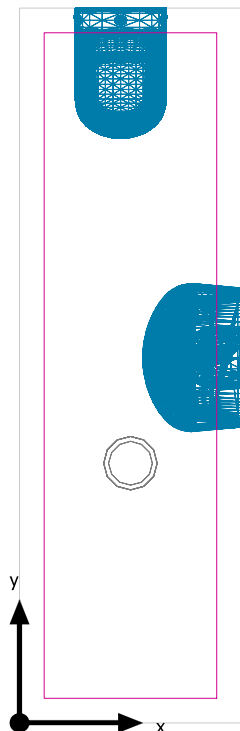
17. Baño Damas

Baño Damas





Plano útil (17. Baño Damas) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



Plano útil (17. Baño Damas): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

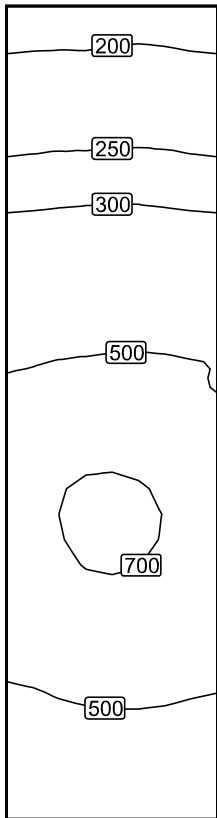
Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 453 lx (Nominal: ≥ 200 lx), Min: 192 lx, Max: 719 lx, Mín./medio: 0.42, Mín./máx.: 0.27

Altura: 1.100 m, Zona marginal: 0.100 m

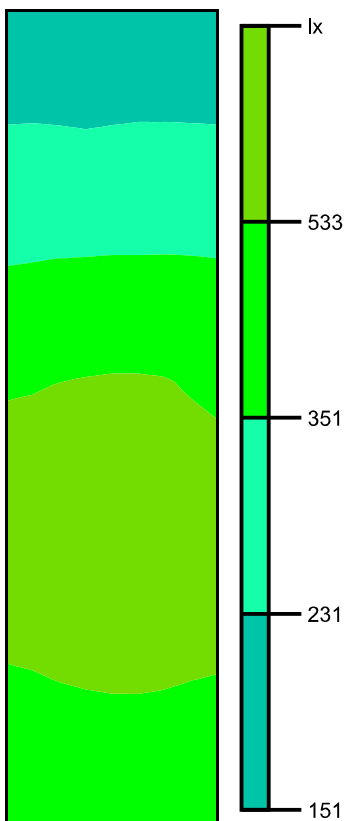


Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25

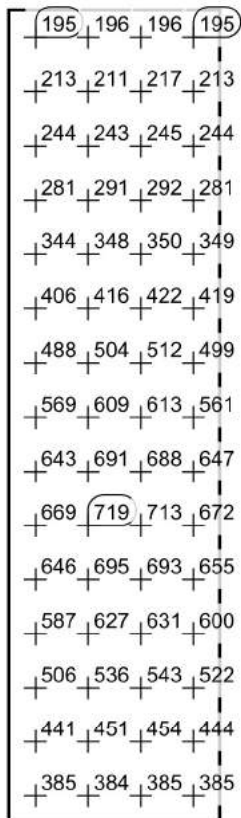
Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 25

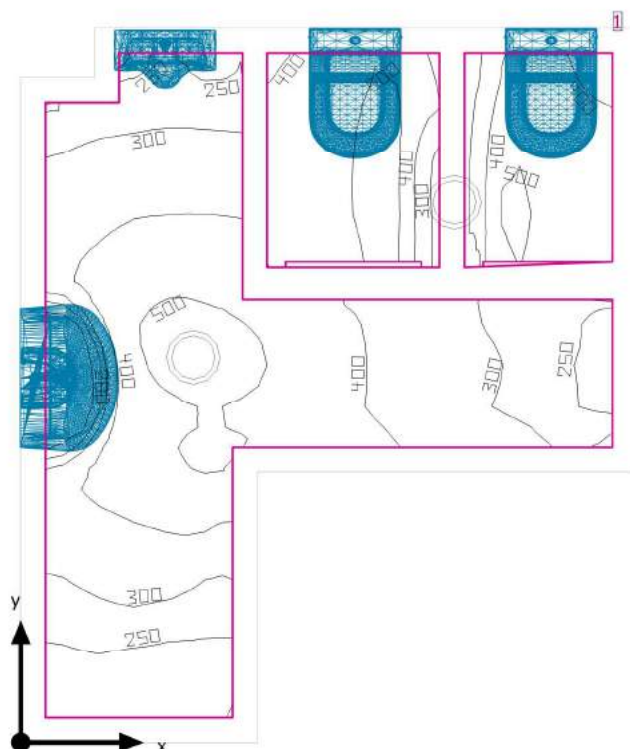


Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 25

18. Baño Caballeros



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 74.4%, Suelo 42.4%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (18. Baño Caballeros)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	405 (≥ 200)	144	522	0.36	0.28

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
2 Philips - DN140B IA1 D216 1 xLED20S/840 C	2200	22.0	100.0
Suma total de luminarias	4400	44.0	100.0

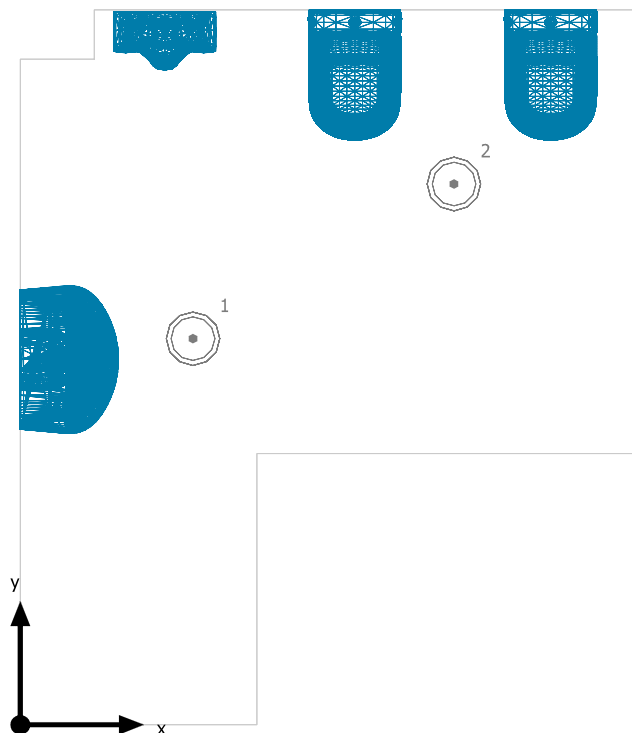
Potencia específica de conexión: 8.01 W/m² (Superficie de planta de la estancia 5.50 m²),
 Potencia específica de conexión: 10.78 W/m² = 2.66 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 4.08 m²)

Consumo: 4 - 7 kWh/a de un máximo de 200 kWh/a

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



18. Baño Caballeros



Philips DN140B IA1 D216 1 xLED20S/840 C

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	0.700	1.566	2.905	0.80
2	1.759	2.194	2.905	0.80



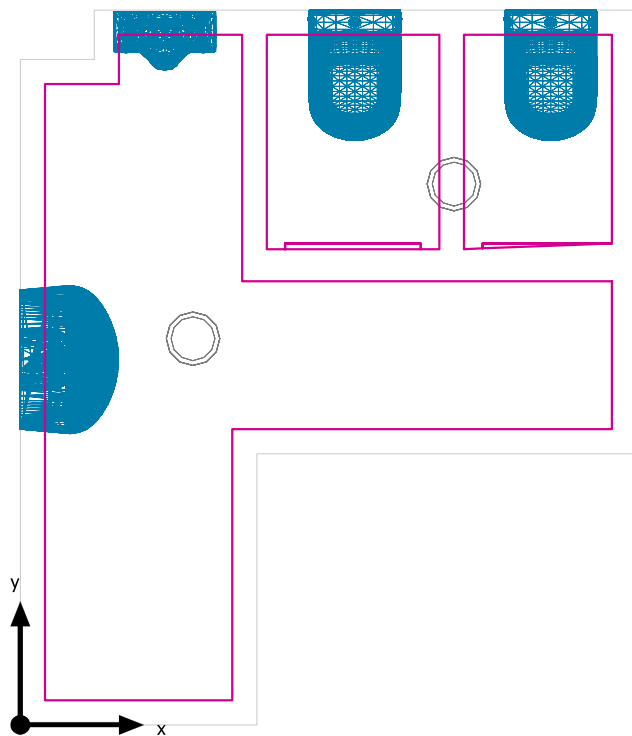
18. Baño Caballeros

Baño Caballeros





Plano útil (18. Baño Caballeros) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



Plano útil (18. Baño Caballeros): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

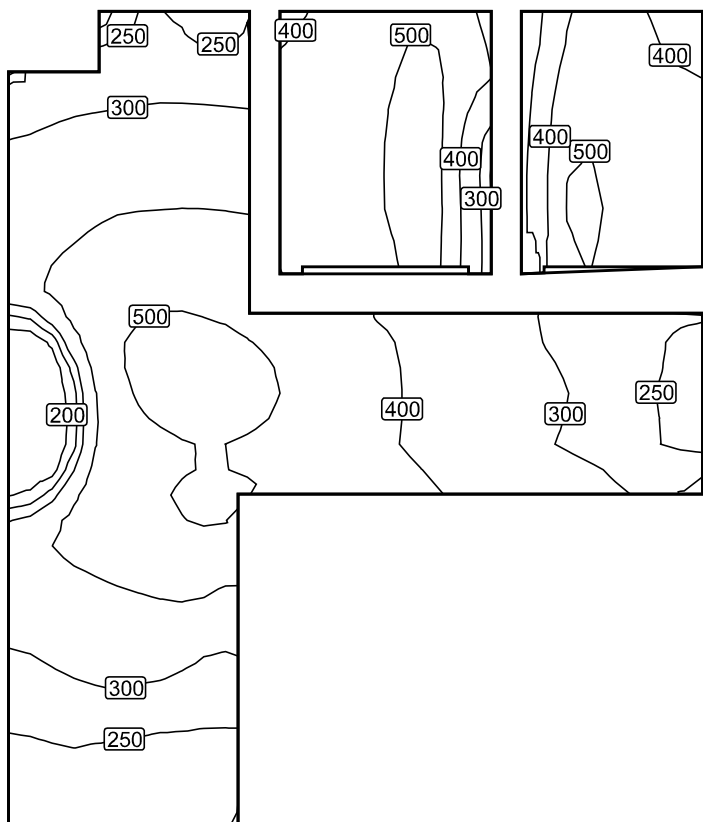
Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 405 lx (Nominal: ≥ 200 lx), Min: 144 lx, Max: 522 lx, Mín./medio: 0.36, Mín./máx.: 0.28

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m

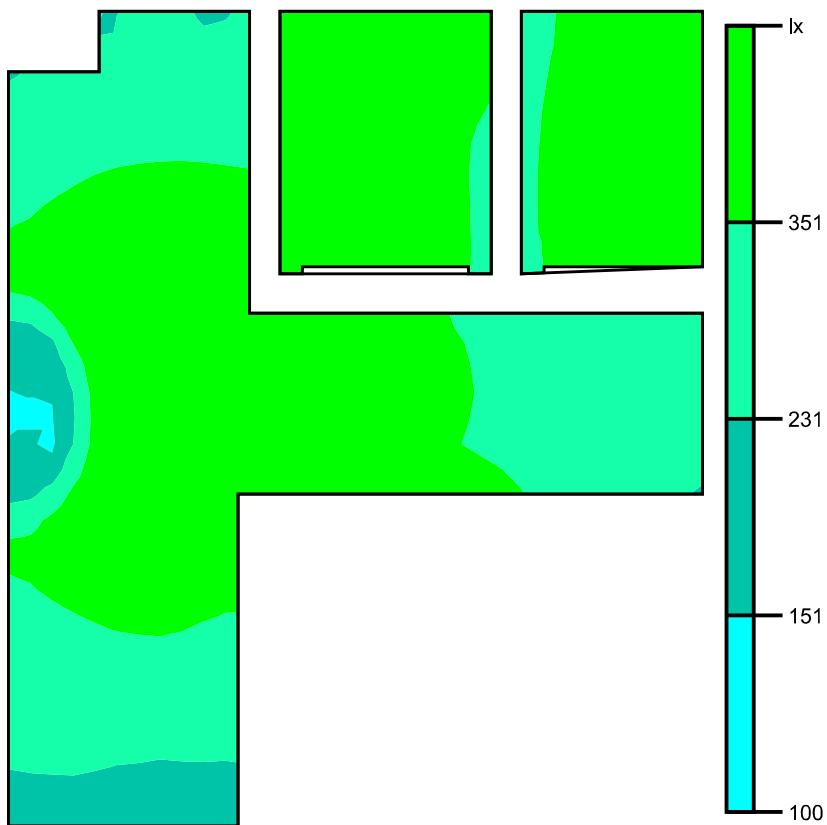


Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25

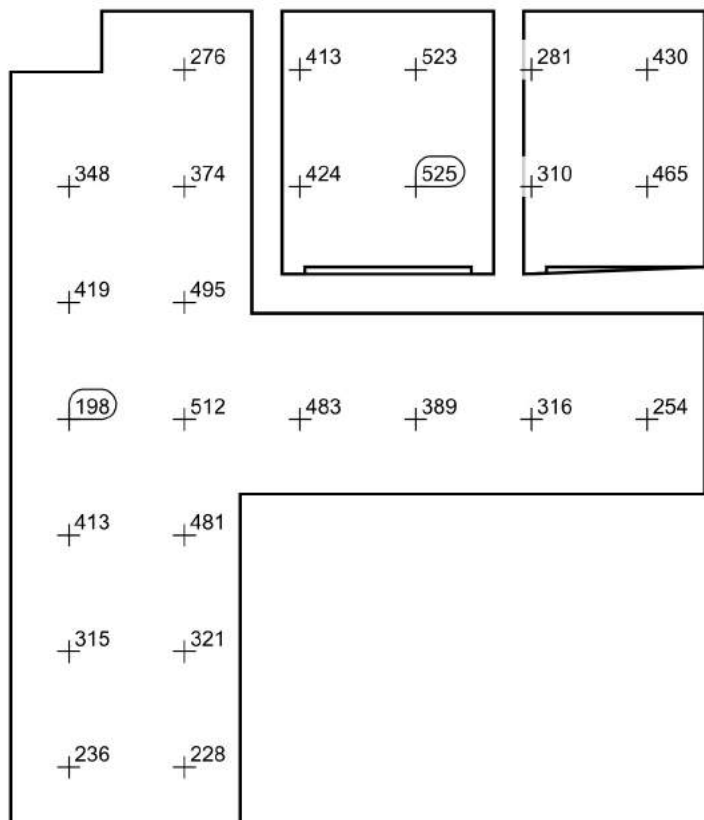
Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 25



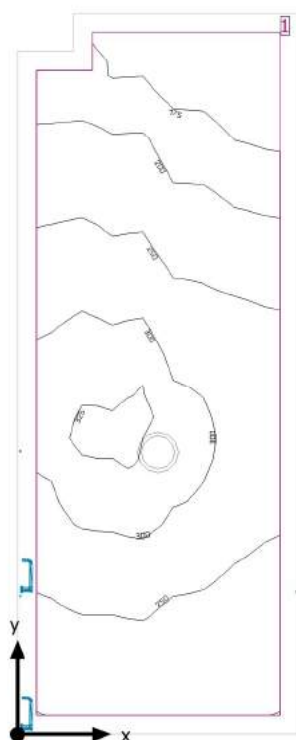
Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 25



19. Entrada



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 47.4%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (19. Entrada)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.100 m	248 (≥ 100)	153	328	0.62	0.47

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
1 Philips - DN140B IA1 D216 1 xLED20S/840 C	2200	22.0	100.0
Suma total de luminarias	2200	22.0	100.0

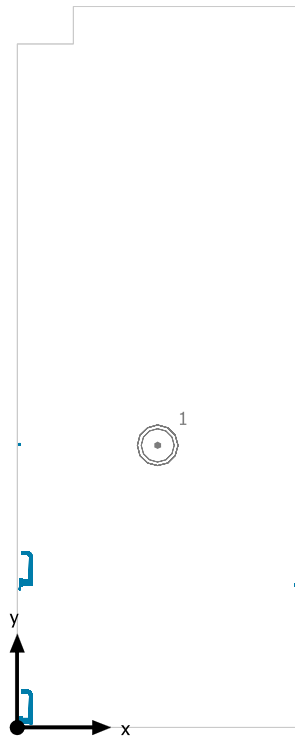
Potencia específica de conexión: 3.85 W/m² (Superficie de planta de la estancia 5.71 m²),
 Potencia específica de conexión: 4.70 W/m² = 1.90 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 4.68 m²)

Consumo: 15 - 24 kWh/a de un máximo de 250 kWh/a

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



19. Entrada



Philips DN140B IA1 D216 1 xLED20S/840 C

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	0.750	1.507	2.905	0.80



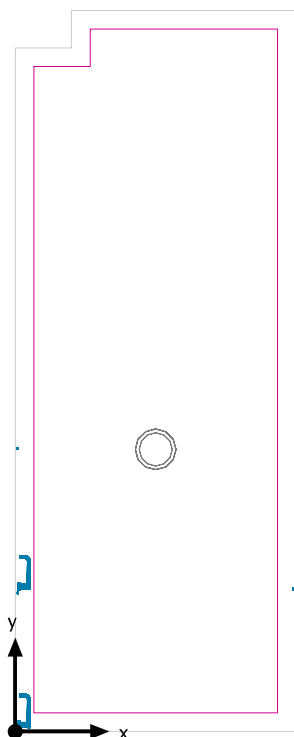
19. Entrada

19. Entrada





Plano útil (19. Entrada) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



Plano útil (19. Entrada): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

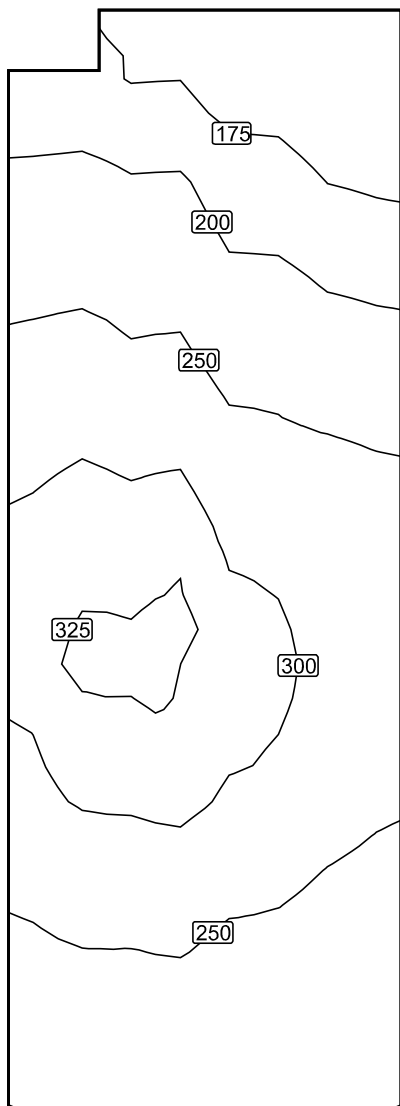
Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 248 lx (Nominal: ≥ 100 lx), Min: 153 lx, Max: 328 lx, Mín./medio: 0.62, Mín./máx.: 0.47

Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.100 m



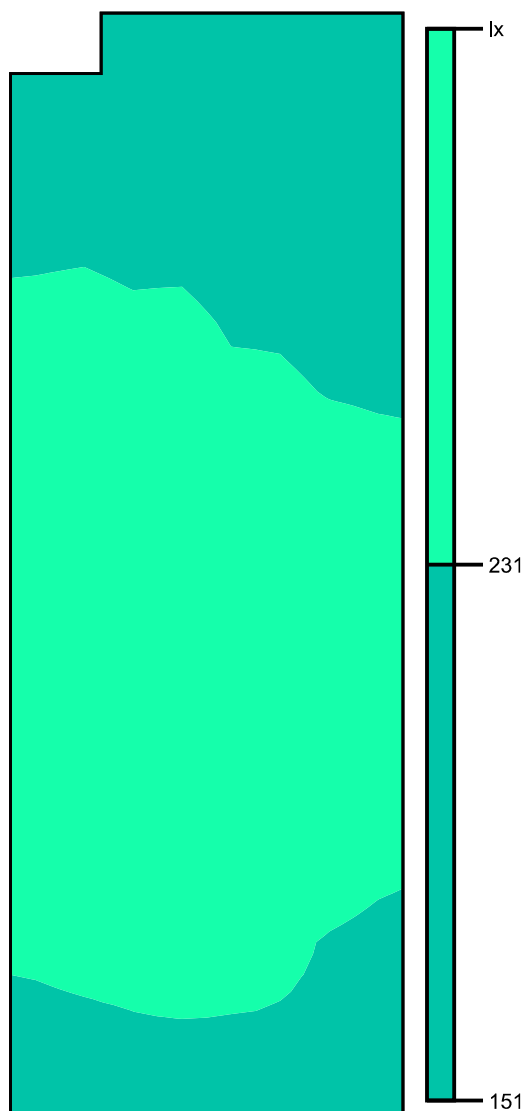
Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25



Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 25



Sistema de valores [lx]

	+175	+168	+161	+155
+189	+185	+180	+172	+164
+215	+208	+200	+188	+177
+237	+231	+222	+209	+195
+262	+258	+249	+233	+216
+288	+287	+276	+258	+249
+311	+314	+304	+282	+268
+314	+322	+317	+298	+271
+318	+328	+320	+305	+277
+302	+314	+312	+295	+270
+281	+291	+289	+275	+253
+255	+261	+259	+247	+229
+227	+235	+236	+231	+221
+206	+213	+215	+212	+206

Escala: 1 : 25

ANEXO IV: INFORME INSTALACIÓN LOW COST

Ciente:
Centro Universitario de la
Defensa

Proyecto elaborado por:
AF (CGA-EOF) D. Javier Vereda
Gorgé

Dirección de proyecto:
Dr. Xavier Núñez Nieto

Fecha:
08/03/2019

Escuela Naval Militar
Plaza de España S/N Marín
(Pontevedra) 36920

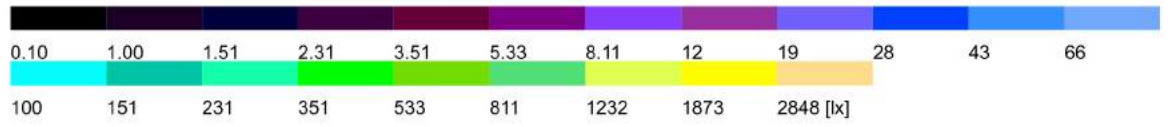
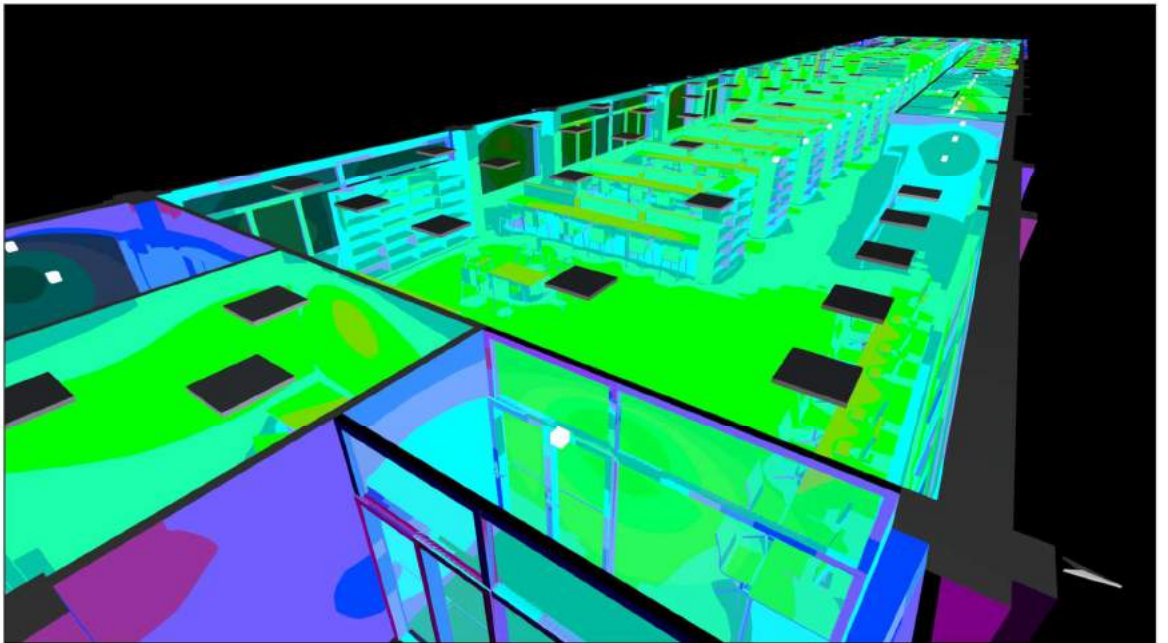
Plaza de España S/N Marín
(Pontevedra) 36920
jvereda@alumnos.uvigo.es



Instalación de alumbrado interior Low Cost de la biblioteca académica "Gabriel Císcar y Císcar" de la Escuela Naval Militar

Modelado fotométrico LED en 3d mediante tecnología BIM2BEM de la biblioteca académica "Gabriel Císcar y Císcar" en la Escuela Naval Militar







01. Biblioteca



Altura interior del local: 2.400 m hasta 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 59.9%, Suelo 45.6%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (01. Biblioteca)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.600 m	534 (≥ 500)	165	834	0.31	0.20

#	Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
5	DIALux - LED Panel Light LP24W 6000k	1749	24.0	72.9
24	DIALux - LED Panel Light LP24W 6000k	1749	24.0	72.9
48	LDVlighting - 606040BCW PANEL LED ARMSTRONG 40W 6000K	3658	39.6	92.4
13	LDVlighting - 606040BCW PANEL LED ARMSTRONG 40W 6000K	3658	39.6	92.4
	Suma total de luminarias	273859	3111.6	88.0

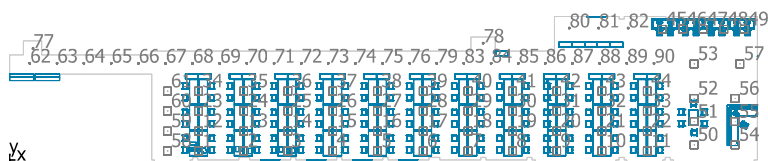
Potencia específica de conexión: 6.65 W/m² (Superficie de planta de la estancia 467.99 m²),
 Potencia específica de conexión: 8.53 W/m² = 1.60 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 364.83 m²)

Consumo: 8350 - 10250 kWh/a de un máximo de 16400 kWh/a

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



01. Biblioteca



LDVlighting 606040BCW PANEL LED ARMSTRONG 40W 6000K

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	14.735	0.710	2.800	0.80
2	18.275	0.710	2.800	0.80
3	21.704	0.710	2.800	0.80
4	25.214	0.710	2.800	0.80
5	28.723	0.710	2.800	0.80
6	32.288	0.710	2.800	0.80
7	35.773	0.710	2.800	0.80
8	39.252	0.710	2.800	0.80
9	42.706	0.710	2.800	0.80
10	46.228	0.710	2.800	0.80
11	49.768	0.710	2.800	0.80
12	14.735	2.267	2.800	0.80
13	18.275	2.267	2.800	0.80
14	21.704	2.267	2.800	0.80
15	25.214	2.267	2.800	0.80
16	28.723	2.267	2.800	0.80
17	32.288	2.267	2.800	0.80
18	35.773	2.267	2.800	0.80
19	39.252	2.267	2.800	0.80
20	42.706	2.267	2.800	0.80
21	46.228	2.267	2.800	0.80
22	49.768	2.267	2.800	0.80
23	14.735	3.823	2.800	0.80
24	18.275	3.823	2.800	0.80
25	21.704	3.823	2.800	0.80
26	25.214	3.823	2.800	0.80
27	28.723	3.823	2.800	0.80
28	32.288	3.823	2.800	0.80
29	35.773	3.823	2.800	0.80
30	39.252	3.823	2.800	0.80
31	42.706	3.823	2.800	0.80
32	46.228	3.823	2.800	0.80
33	49.768	3.823	2.800	0.80
34	14.735	5.379	2.800	0.80
35	18.275	5.379	2.800	0.80
36	21.704	5.379	2.800	0.80
37	25.214	5.379	2.800	0.80
38	28.723	5.379	2.800	0.80
39	32.288	5.379	2.800	0.80
40	35.773	5.379	2.800	0.80
41	39.252	5.379	2.800	0.80
42	42.706	5.379	2.800	0.80



Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
43	46.228	5.379	2.800	0.80
44	49.768	5.379	2.800	0.80
45	50.959	10.208	2.800	0.80
46	52.559	10.208	2.800	0.80
47	54.159	10.208	2.800	0.80
48	55.759	10.208	2.800	0.80
49	57.359	10.208	2.800	0.80
50	53.426	1.193	2.800	0.80
51	53.426	2.998	2.800	0.80
52	53.426	4.803	2.800	0.80
53	53.426	7.507	2.800	0.80
54	56.637	1.193	2.800	0.80
55	56.637	2.998	2.800	0.80
56	56.637	4.803	2.800	0.80
57	57.009	7.507	2.800	0.80
58	12.309	0.710	2.800	0.80
59	12.309	2.267	2.800	0.80
60	12.309	3.823	2.800	0.80
61	12.309	5.379	2.800	0.80

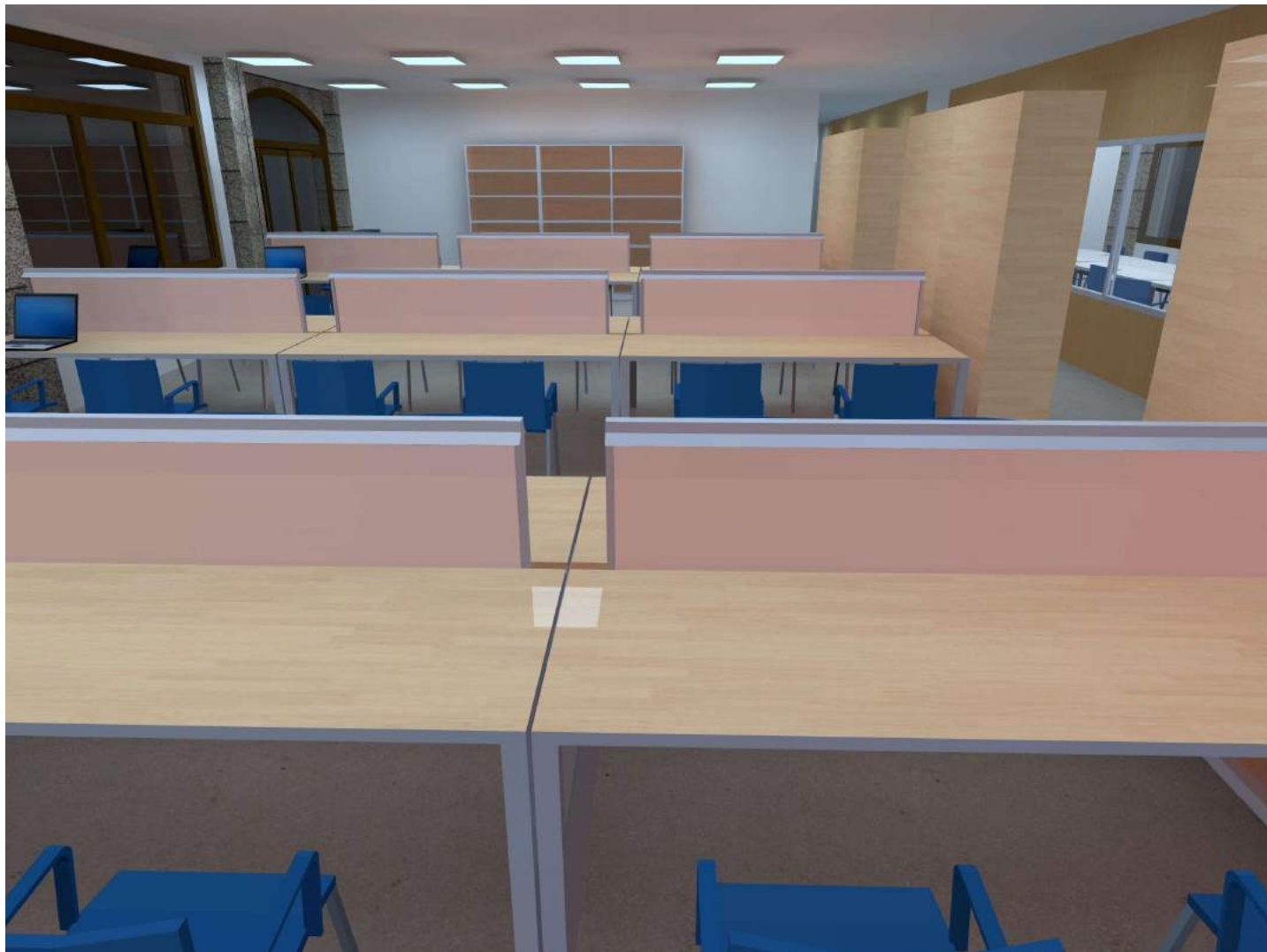
DIALux LED Panel Light LP24W 6000k

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
62	1.567	7.557	2.900	0.80
63	3.685	7.557	2.900	0.80
64	5.804	7.557	2.900	0.80
65	7.922	7.557	2.900	0.80
66	10.041	7.557	2.900	0.80
67	12.159	7.557	2.900	0.80
68	14.278	7.557	2.900	0.80
69	16.396	7.557	2.900	0.80
70	18.515	7.557	2.900	0.80
71	20.633	7.557	2.900	0.80
72	22.752	7.557	2.900	0.80
73	24.870	7.557	2.900	0.80
74	26.988	7.557	2.900	0.80
75	29.107	7.557	2.900	0.80
76	31.225	7.557	2.900	0.80
77	1.809	8.707	2.900	0.80
78	36.959	9.123	2.900	0.80
79	33.344	7.557	2.900	0.80
80	43.670	10.307	2.900	0.80
81	45.970	10.307	2.900	0.80
82	48.271	10.307	2.900	0.80
83	35.462	7.557	2.900	0.80
84	37.581	7.557	2.900	0.80
85	39.699	7.557	2.900	0.80
86	41.818	7.557	2.900	0.80
87	43.936	7.557	2.900	0.80
88	46.055	7.557	2.900	0.80
89	48.173	7.557	2.900	0.80
90	50.291	7.557	2.900	0.80



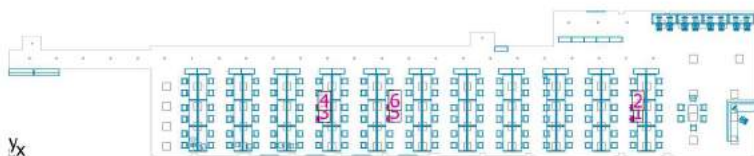
01. Biblioteca

Biblioteca





01. Bilioteca



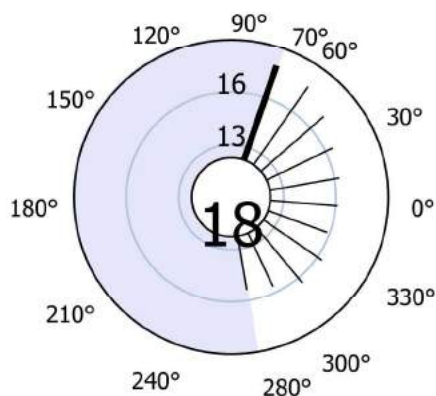
General

Puntos	Resultado	Valor
1 Punto de cálculo 8	Intensidad lumínica horizontal [lx] Altura: 1.200 m	570
2 Punto de cálculo 14	Intensidad lumínica horizontal [lx] Altura: 1.200 m	582
3 Punto de cálculo 22	Intensidad lumínica horizontal [lx] Altura: 1.200 m	652
4 Punto de cálculo 23	Intensidad lumínica horizontal [lx] Altura: 1.200 m	656
5 Punto de cálculo 24	Intensidad lumínica horizontal [lx] Altura: 1.200 m	647
6 Punto de cálculo 25	Intensidad lumínica horizontal [lx] Altura: 1.200 m	652

Evaluación del deslumbramiento

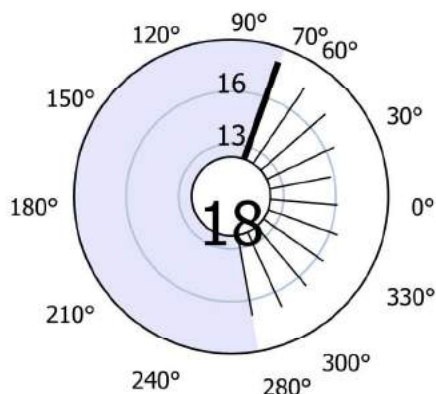
1 Punto de cálculo 8

UGR
 Máx. deslumbramiento a: 430°
 Max: 17.9
 Valor límite: ≤19.0
 Área del ángulo visual: 280° - 80°
 Amplitud de paso: 15°
 Altura: 1.200 m



2 Punto de cálculo 14

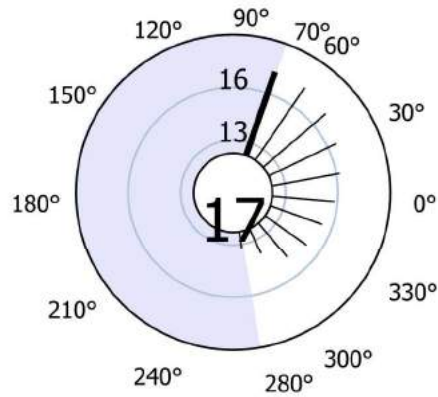
UGR
 Máx. deslumbramiento a: 430°
 Max: 18.2
 Valor límite: ≤19.0
 Área del ángulo visual: 280° - 80°
 Amplitud de paso: 15°
 Altura: 1.200 m





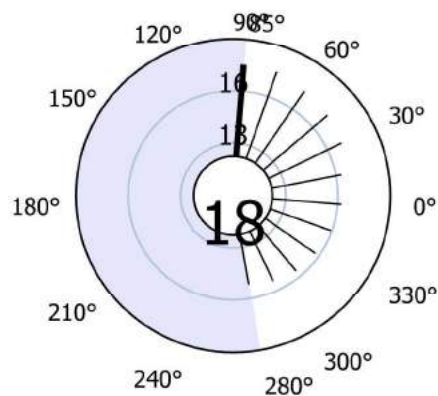
3 Punto de cálculo 22

UGR
Máx. deslumbramiento a: 430°
Max: 17.2
Valor límite: ≤ 19.0
Área del ángulo visual: 280° - 80°
Amplitud de paso: 15°
Altura: 1.200 m



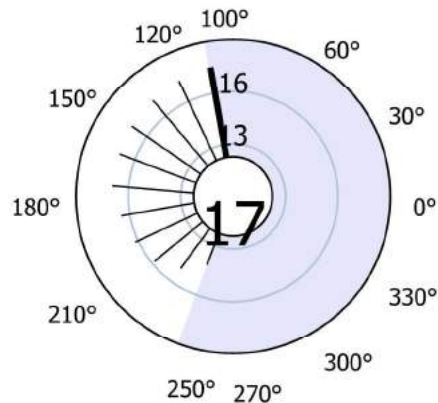
4 Punto de cálculo 23

UGR
Máx. deslumbramiento a: 445°
Max: 17.5
Valor límite: ≤ 19.0
Área del ángulo visual: 280° - 90°
Amplitud de paso: 15°
Altura: 1.200 m



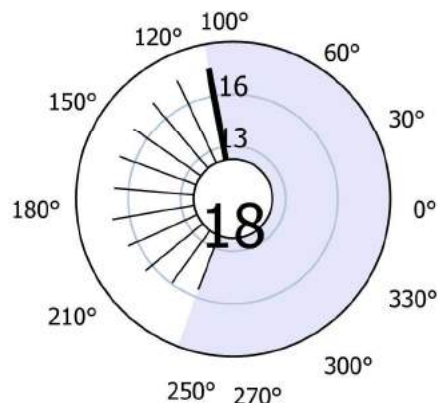
5 Punto de cálculo 24

UGR
Máx. deslumbramiento a: 100°
Max: 17.4
Valor límite: ≤ 19.0
Área del ángulo visual: 100° - 260°
Amplitud de paso: 15°
Altura: 1.200 m



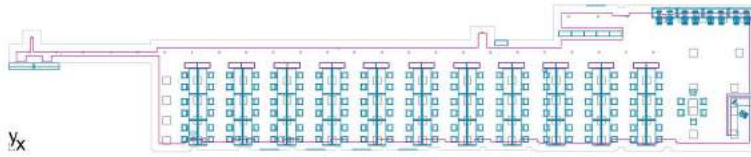
6 Punto de cálculo 25

UGR
Máx. deslumbramiento a: 100°
Max: 17.5
Valor límite: ≤ 19.0
Área del ángulo visual: 100° - 260°
Amplitud de paso: 15°
Altura: 1.200 m





Plano útil (01. Biblioteca) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)

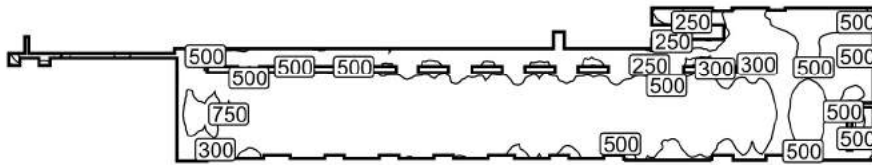


Plano útil (01. Biblioteca): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

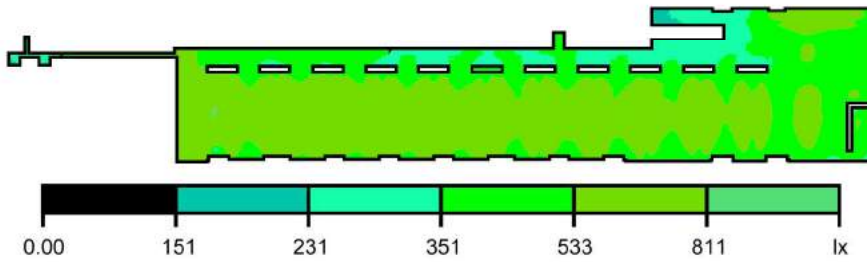
Media: 534 lx (Nominal: ≥ 500 lx), Min: 165 lx, Max: 834 lx, Min./medio: 0.31, Min./máx.: 0.20
 Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.600 m

Isolíneas [lx]



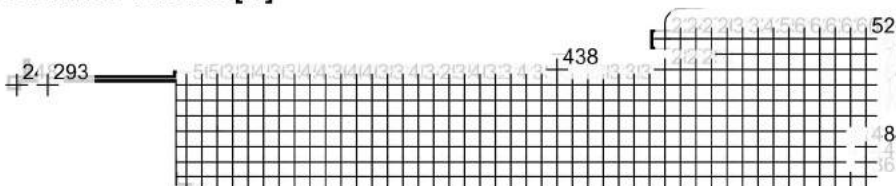
Escala: 1 : 500

Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 500

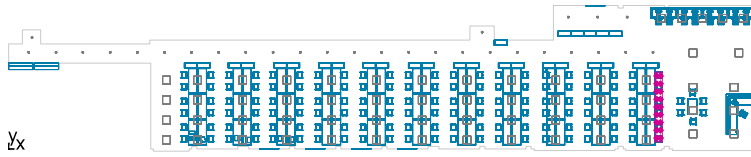
Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 500



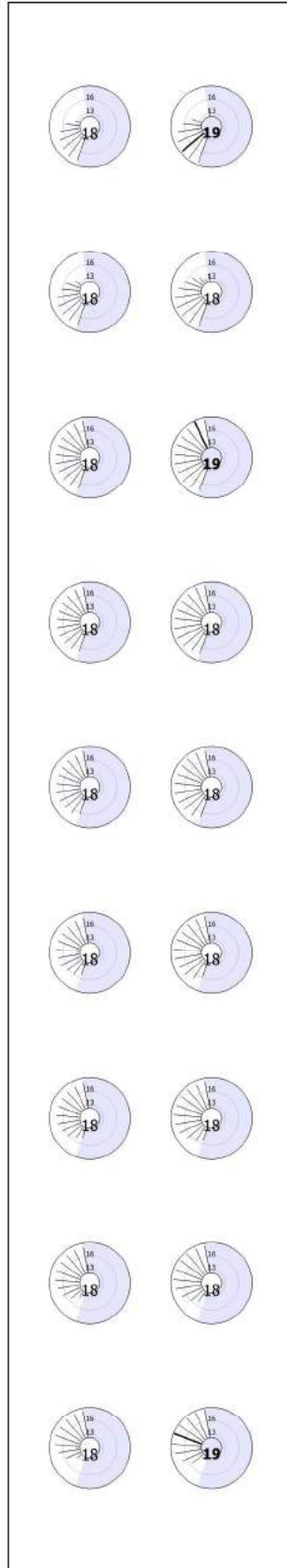
UGR Mesa Cerca / UGR



UGR Mesa Cerca: UGR (Trama)

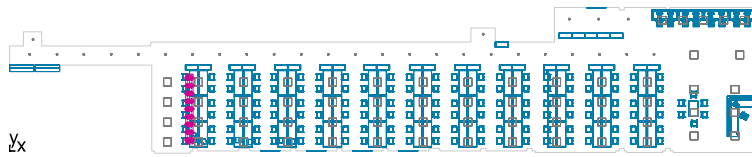
Escena de luz: Escena de luz 1

Máx. deslumbramiento a: 160°, Max: 18.8, Valor límite: ≤ 19.0 , Área del ángulo visual: 100° - 260°, Amplitud de paso: 15°, Altura: 1.200 m





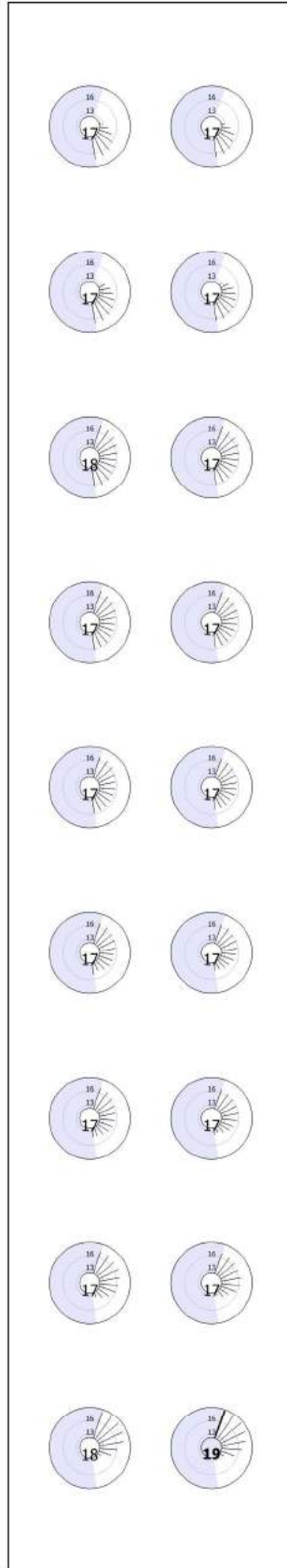
UGR Mesa Final / UGR



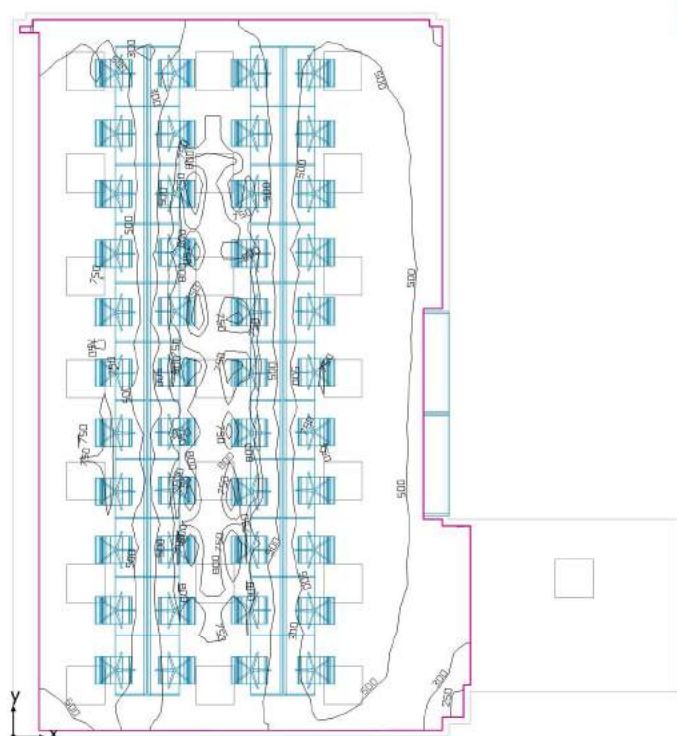
UGR Mesa Final: UGR (Trama)

Escena de luz: Escena de luz 1

Máx. deslumbramiento a: 430°, Max: 18.8, Valor límite: ≤ 19.0 , Área del ángulo visual: 280° - 80°, Amplitud de paso: 15°, Altura: 1.200 m



02. Estudio



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 83.3%, Suelo 6.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (02. Estudio)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	603 (≥ 500)	225	870	0.37	0.26

#	Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
22	LDVlighting - 606040BCW PANEL LED ARMSTRONG 40W 6000K	3658	39.6	92.4
	Suma total de luminarias	80476	871.2	92.4

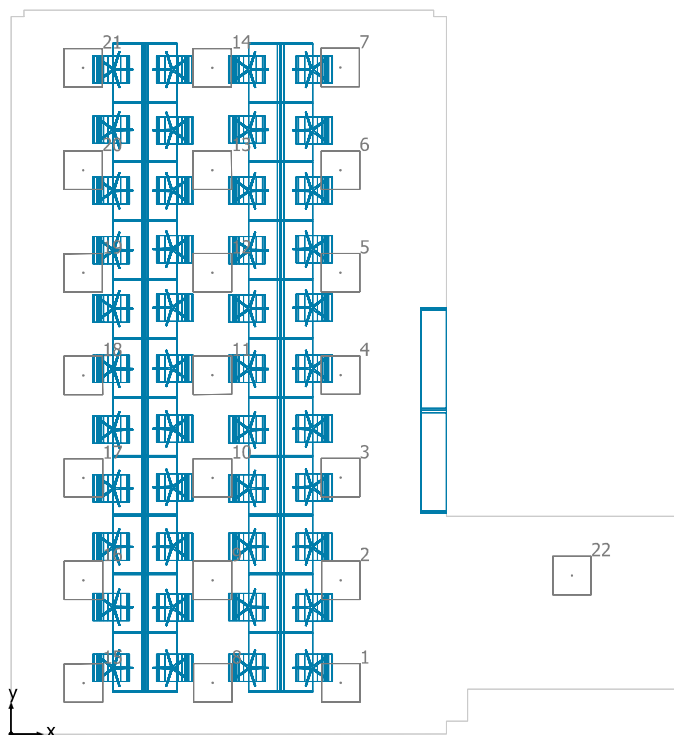
Potencia específica de conexión: 10.05 W/m² (Superficie de planta de la estancia 86.70 m²),
 Potencia específica de conexión: 12.41 W/m² = 2.06 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 70.22 m²)

Consumo: 2100 - 2850 kWh/a de un máximo de 3050 kWh/a

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



02. Estudio



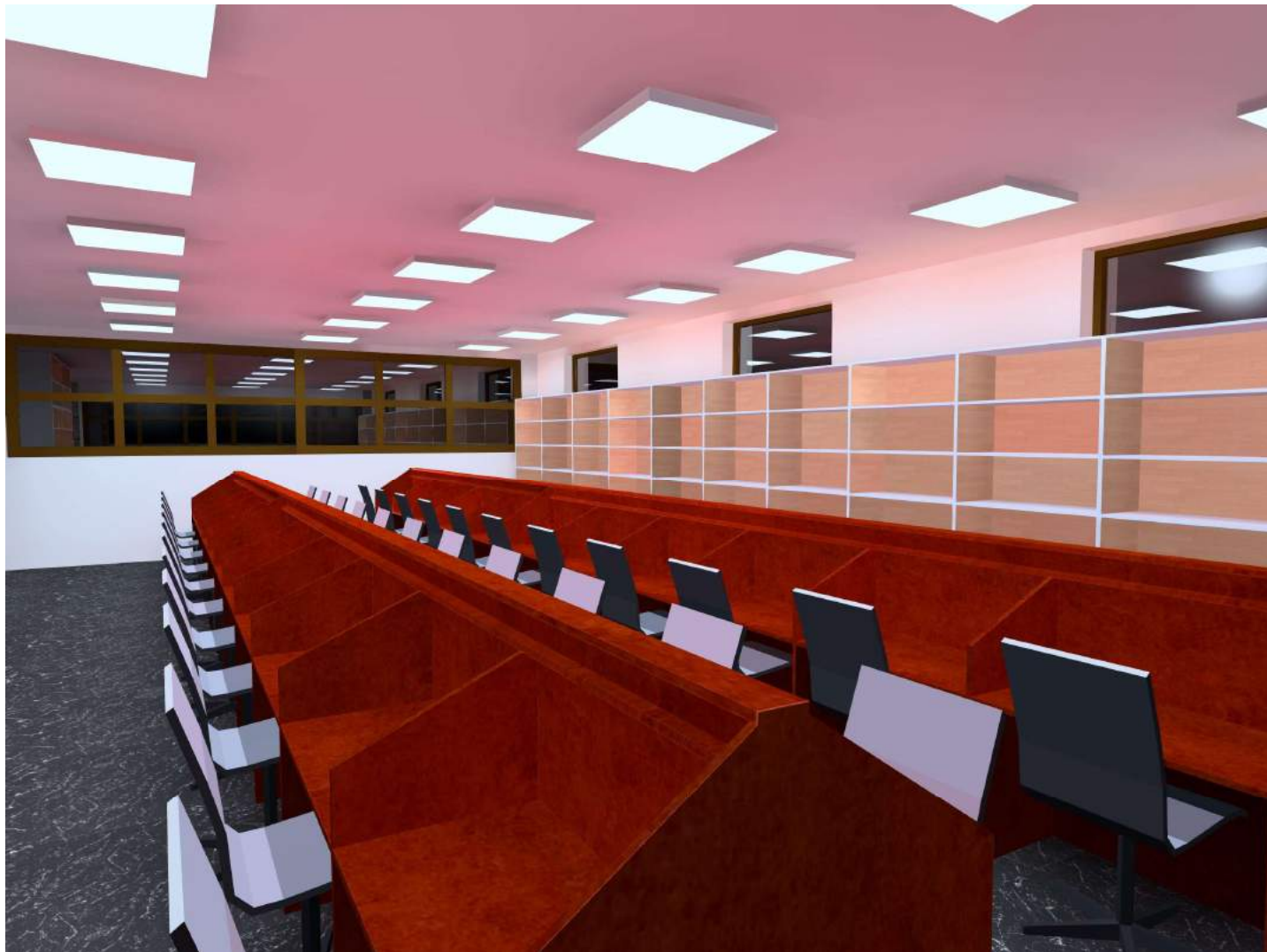
LDVlighting 606040BCW PANEL LED ARMSTRONG 40W 6000K

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	5.149	0.804	2.800	0.80
2	5.148	2.405	2.800	0.80
3	5.147	4.006	2.800	0.80
4	5.146	5.606	2.800	0.80
5	5.145	7.207	2.800	0.80
6	5.144	8.808	2.800	0.80
7	5.142	10.408	2.800	0.80
8	3.149	0.803	2.800	0.80
9	3.148	2.403	2.800	0.80
10	3.147	4.004	2.800	0.80
11	3.146	5.605	2.800	0.80
12	3.145	7.206	2.800	0.80
13	3.144	8.806	2.800	0.80
14	3.142	10.407	2.800	0.80
15	1.133	0.801	2.800	0.80
16	1.132	2.402	2.800	0.80
17	1.130	4.003	2.800	0.80
18	1.129	5.603	2.800	0.80
19	1.128	7.204	2.800	0.80
20	1.127	8.805	2.800	0.80
21	1.126	10.405	2.800	0.80
22	8.759	2.479	2.800	0.80



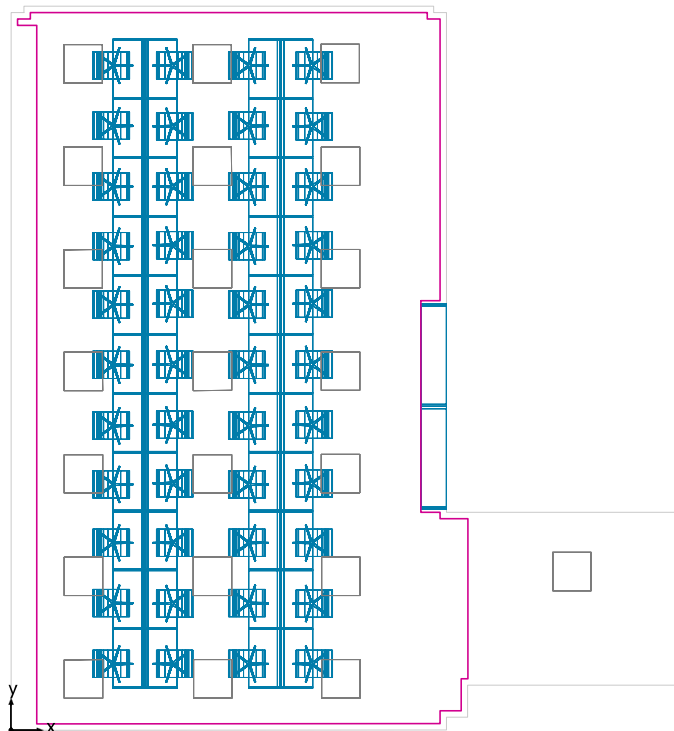
02. Estudio

Estudio





Plano útil (02. Estudio) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



Plano útil (02. Estudio): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

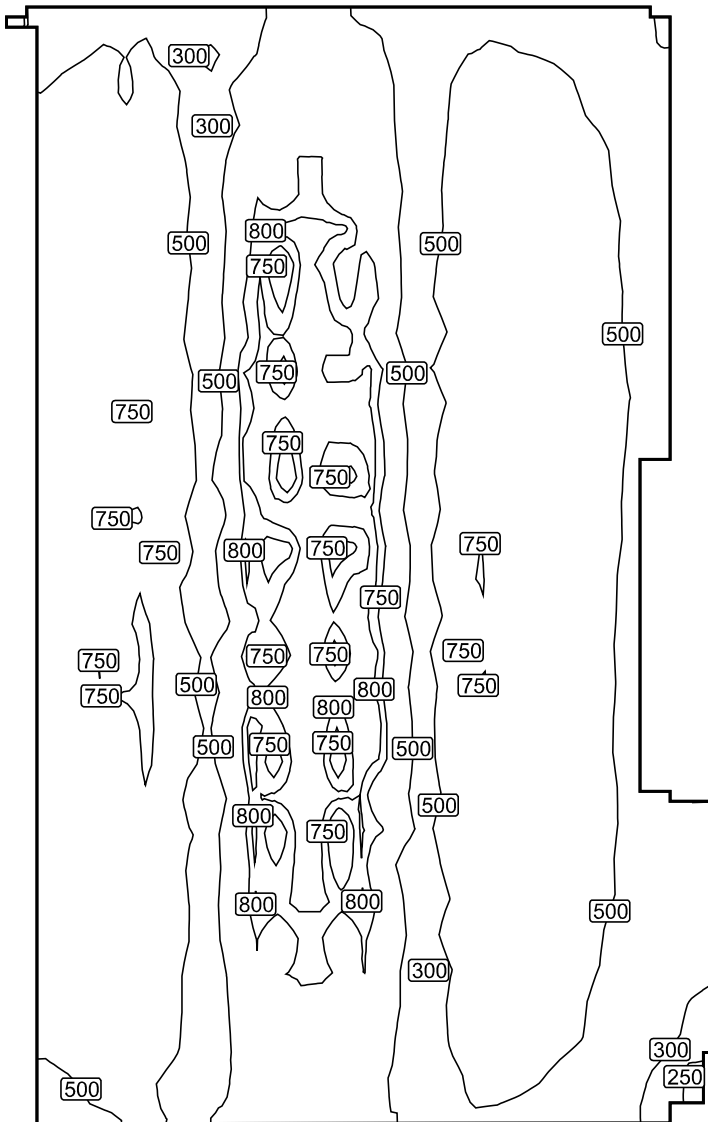
Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 603 lx (Nominal: ≥ 500 lx), Min: 225 lx, Max: 870 lx, Mín./medio: 0.37, Mín./máx.: 0.26

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m



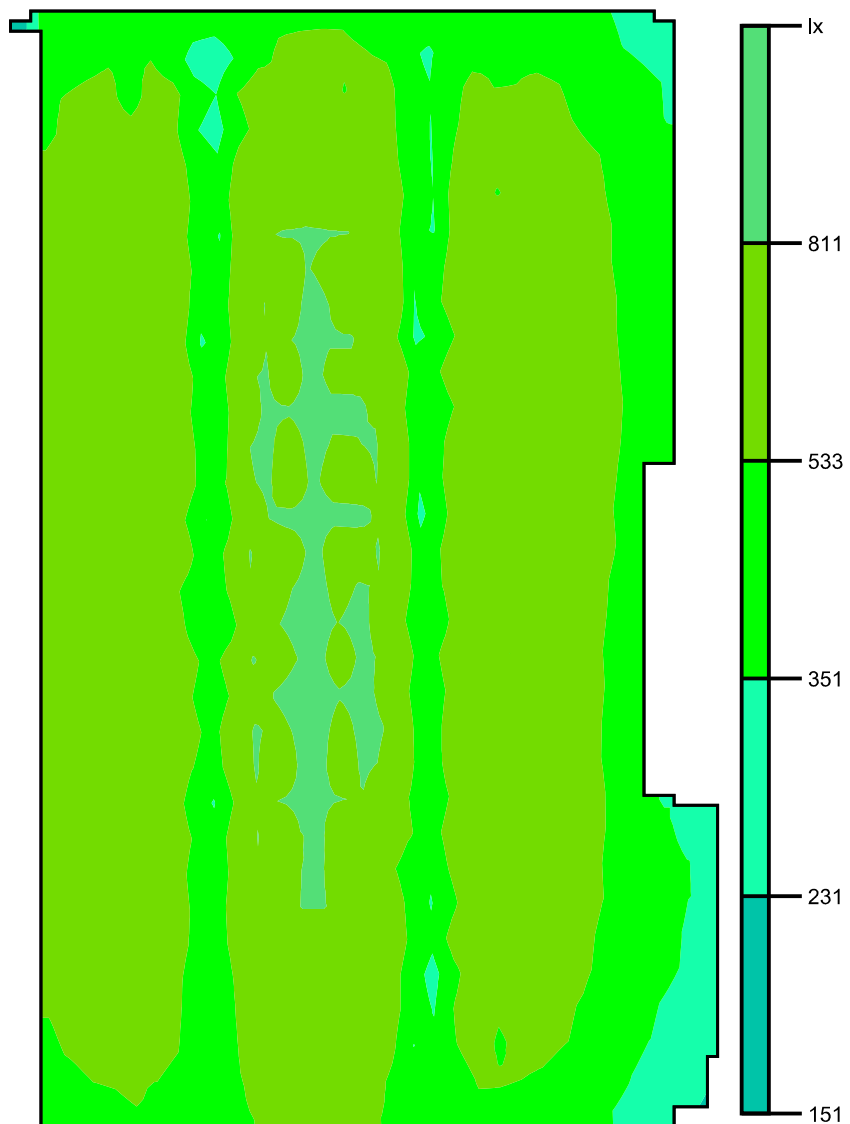
Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 75



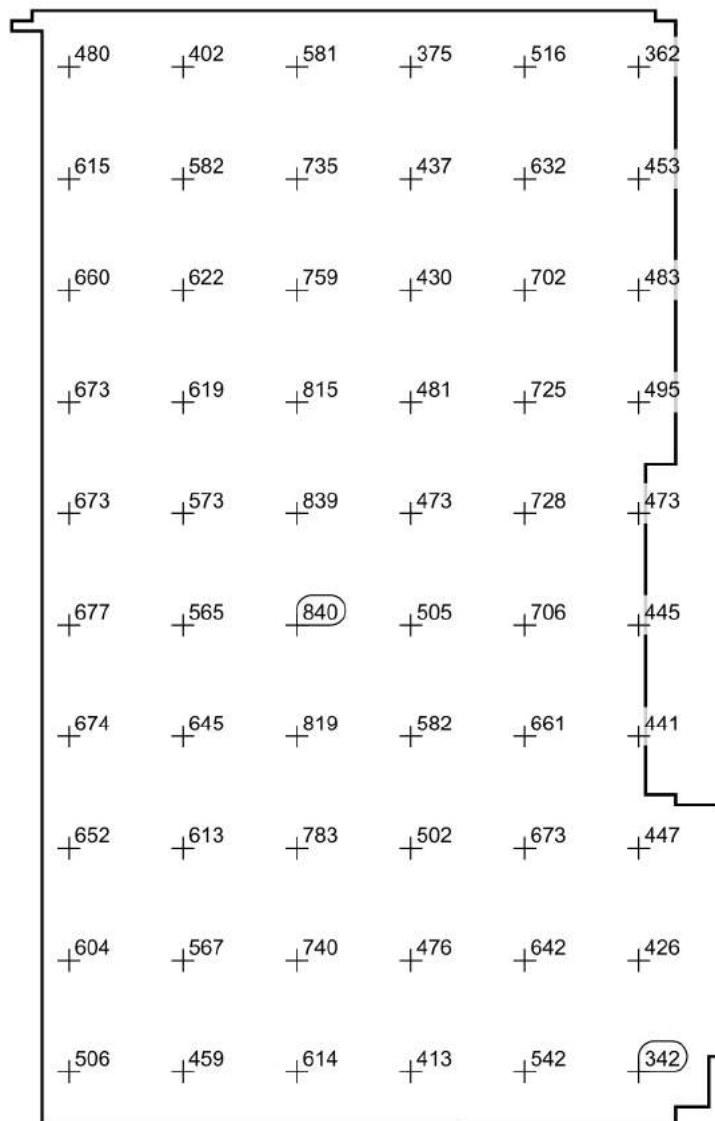
Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 75



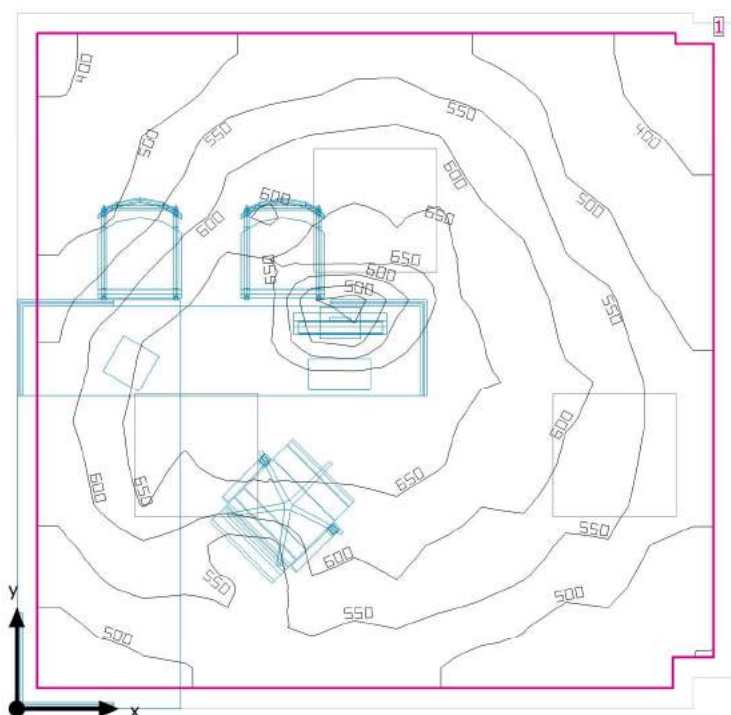
Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 75



03. Despacho Bibliotecario



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 79.2%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (03. Despacho Bibliotecario)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	559 (≥ 500)	353	696	0.63	0.51

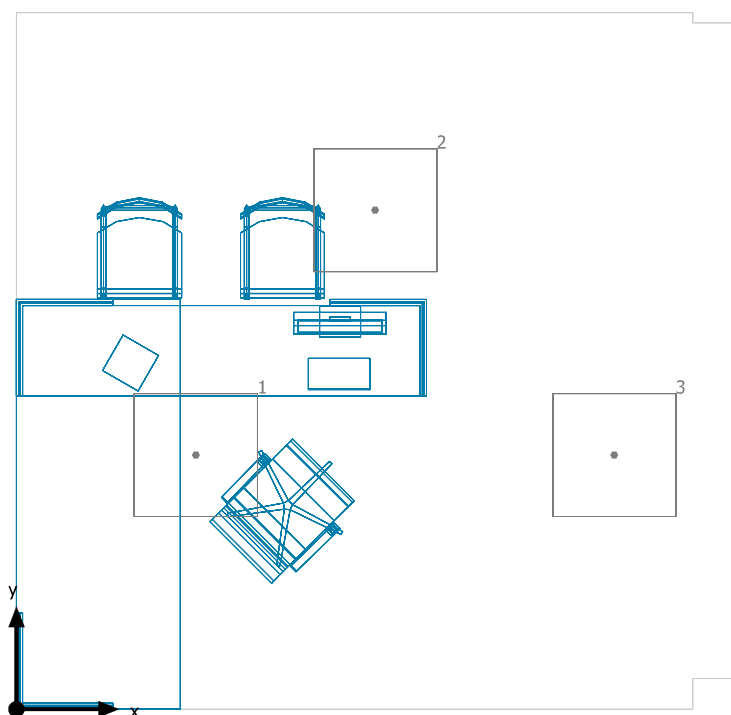
# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
3 LDVlighting - 606040BCW PANEL LED ARMSTRONG 40W 6000K	3658	39.6	92.4
Suma total de luminarias	10974	118.8	92.4

Potencia específica de conexión: 10.02 W/m² (Superficie de planta de la estancia 11.86 m²),
 Potencia específica de conexión: 11.29 W/m² = 2.02 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 10.52 m²)

Consumo: 290 - 390 kWh/a de un máximo de 450 kWh/a

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

03. Despacho Bibliotecario



LDVlighting 606040BCW PANEL LED ARMSTRONG 40W 6000K

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	0.875	1.240	2.800	0.80
2	1.750	2.436	2.800	0.80
3	2.917	1.240	2.800	0.80



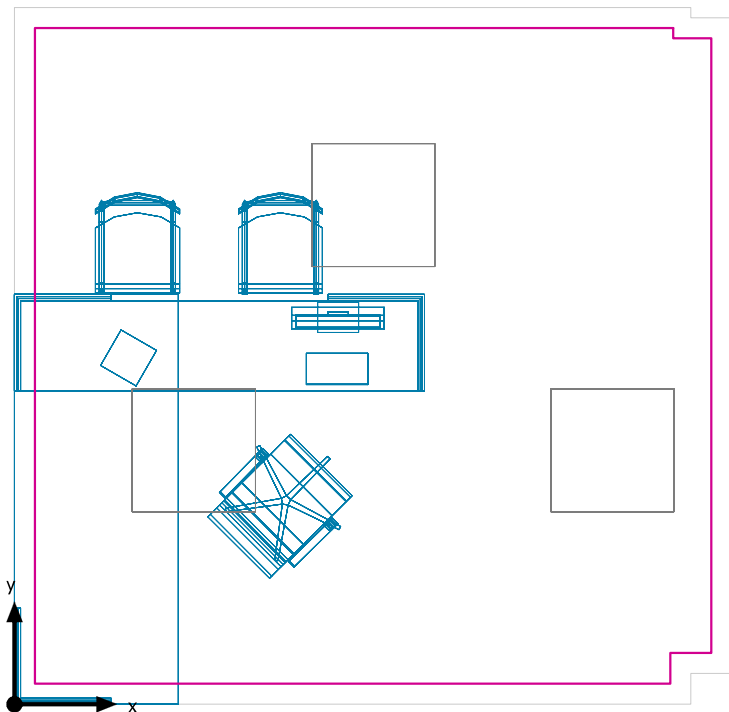
03. Despacho Bibliotecario

Despacho Bibliotecario





Plano útil (03. Despacho Bibliotecario) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



Plano útil (03. Despacho Bibliotecario): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

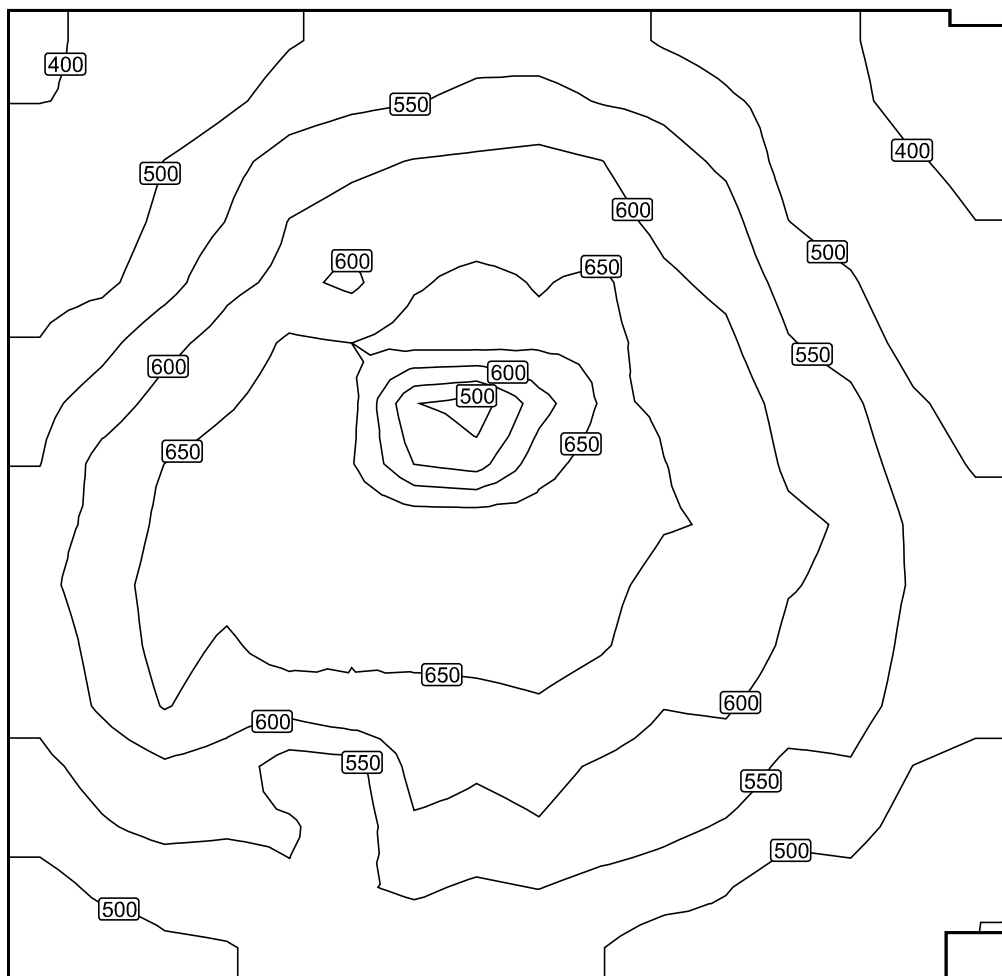
Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 559 lx (Nominal: ≥ 500 lx), Min: 353 lx, Max: 696 lx, Mín./medio: 0.63, Mín./máx.: 0.51

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m



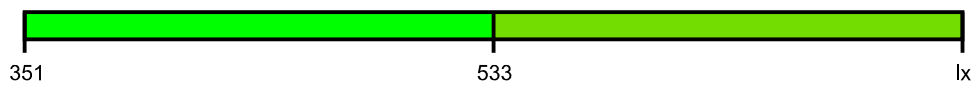
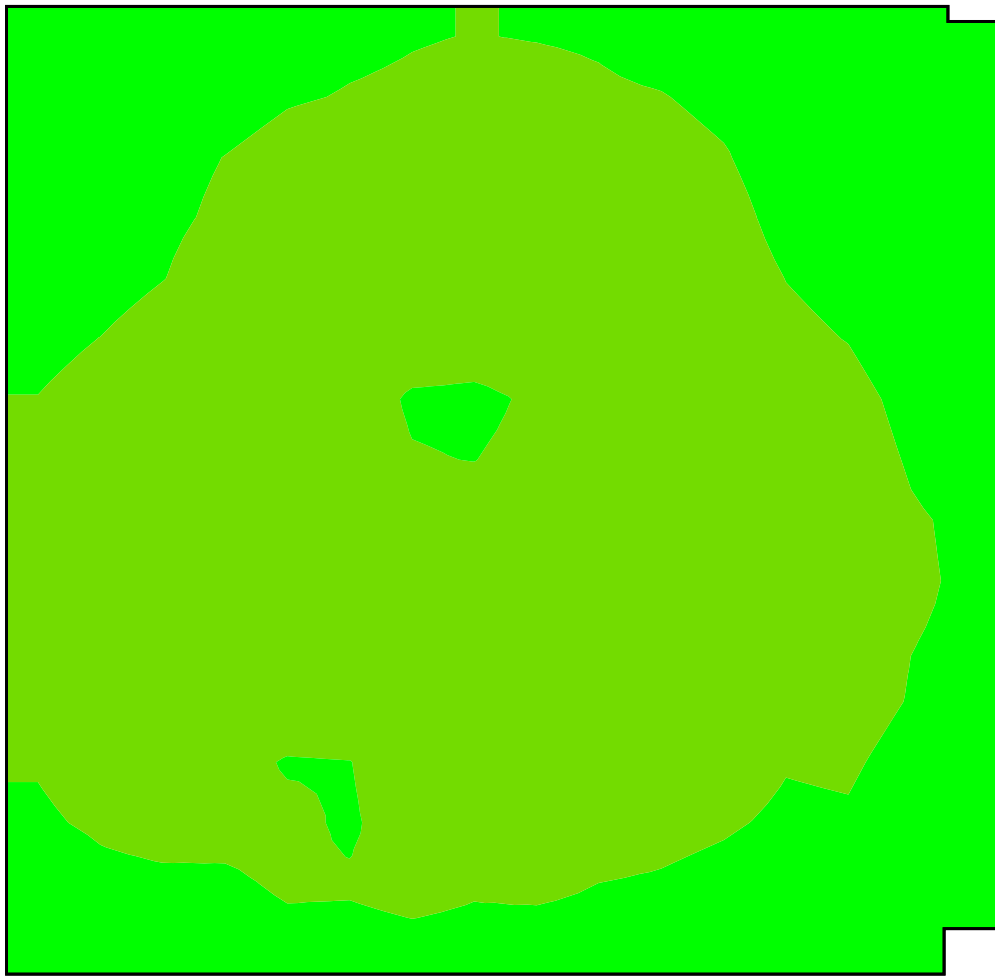
Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25



Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 25

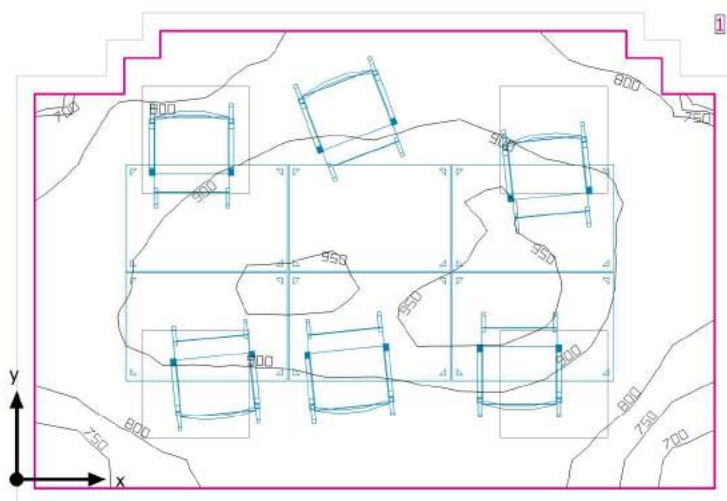


Sistema de valores [lx]

+403	+478	+532	+551	+525	+458	+362
+460	+548	+620	+628	+593	+497	+416
+531	+624	+649	+637	+640	+558	+474
+597	+669	+664	+633	+656	+600	+524
+603	+649	+660	+671	+636	+594	+531
+556	+578	+547	+607	+583	+538	+493
+488	+512	+533	+532	+509	+465	+428

Escala: 1 : 25

04. Seminario 1



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 76.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Min./medio	Min./máx.
1 Plano útil (04. Seminario 1)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	865 (≥ 750)	675	970	0.78	0.70

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
4 LDVlighting - 606040BCW PANEL LED ARMSTRONG 40W 6000K	3658	39.6	92.4
Suma total de luminarias	14632	158.4	92.4

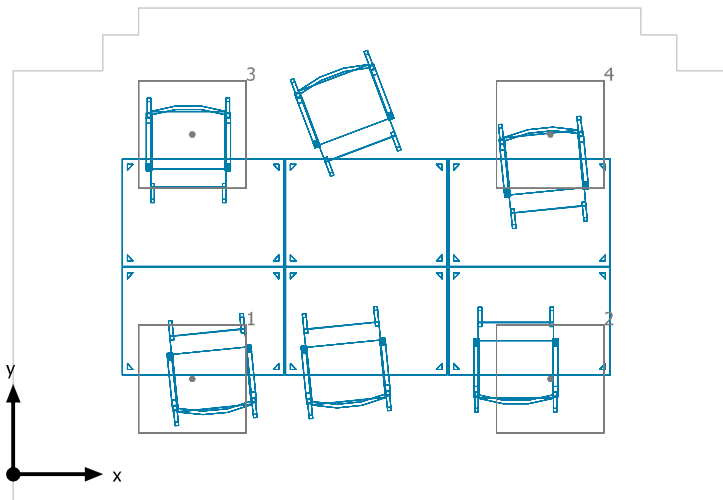
Potencia específica de conexión: 14.88 W/m² (Superficie de planta de la estancia 10.65 m²),
 Potencia específica de conexión: 16.97 W/m² = 1.96 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 9.34 m²)

Consumo: 39 kWh/a de un máximo de 400 kWh/a

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



04. Seminario 1



LDVlighting 606040BCW PANEL LED ARMSTRONG 40W 6000K

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	0.998	0.532	2.800	0.80
2	2.995	0.532	2.800	0.80
3	0.998	1.895	2.800	0.80
4	2.995	1.895	2.800	0.80



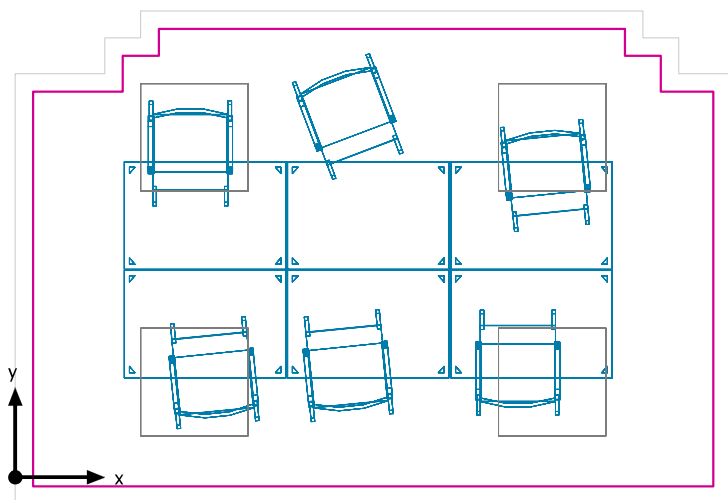
04. Seminario 1

Seminario 1





Plano útil (04. Seminario 1) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



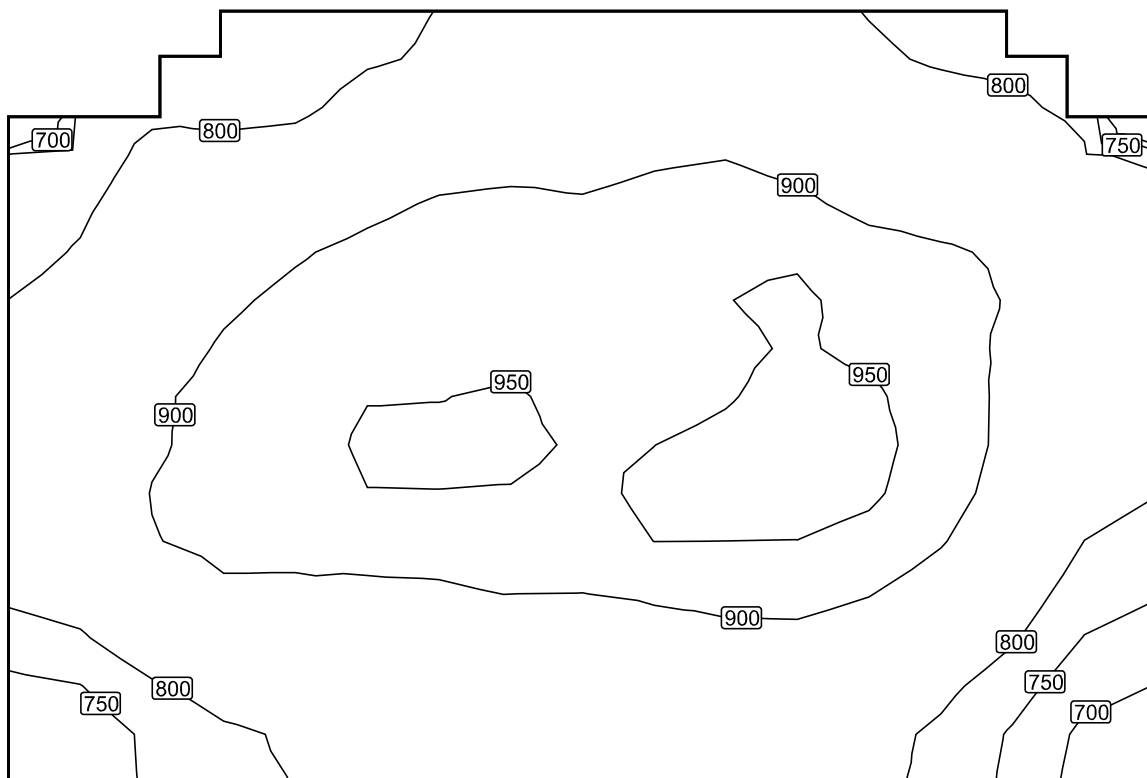
Plano útil (04. Seminario 1): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 865 lx (Nominal: ≥ 750 lx), Min: 675 lx, Max: 970 lx, Mín./medio: 0.78, Mín./máx.: 0.70

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m

Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25



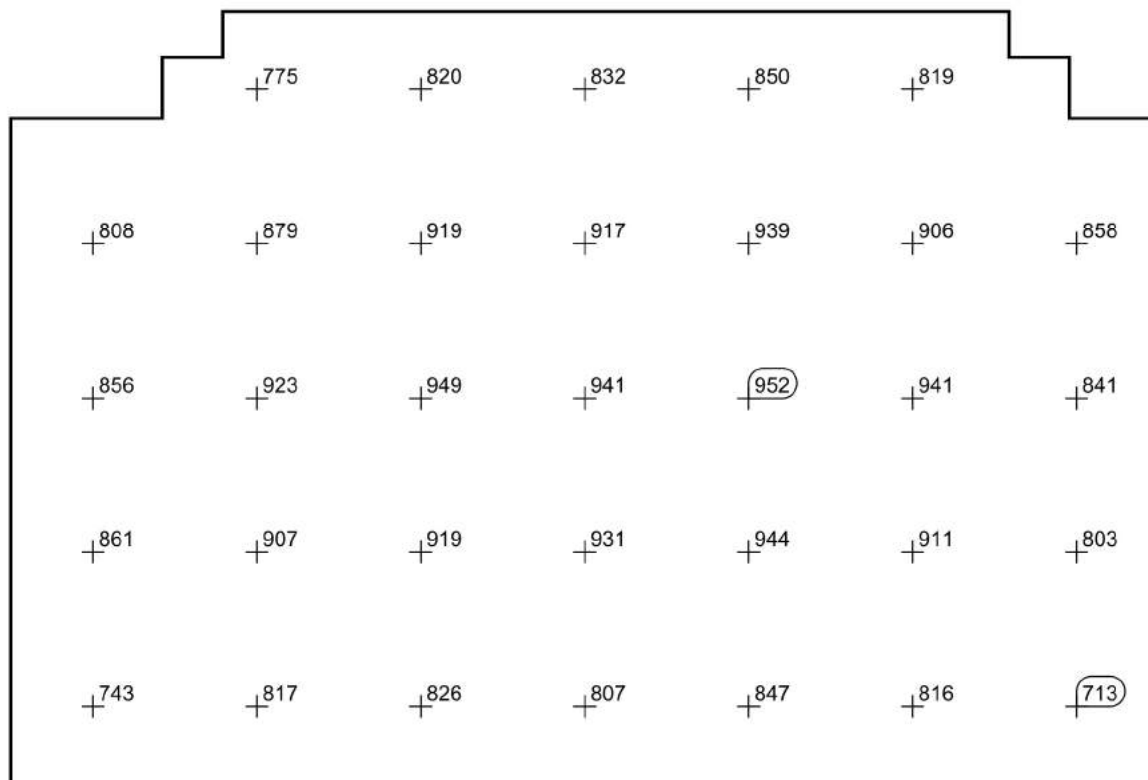
Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 25



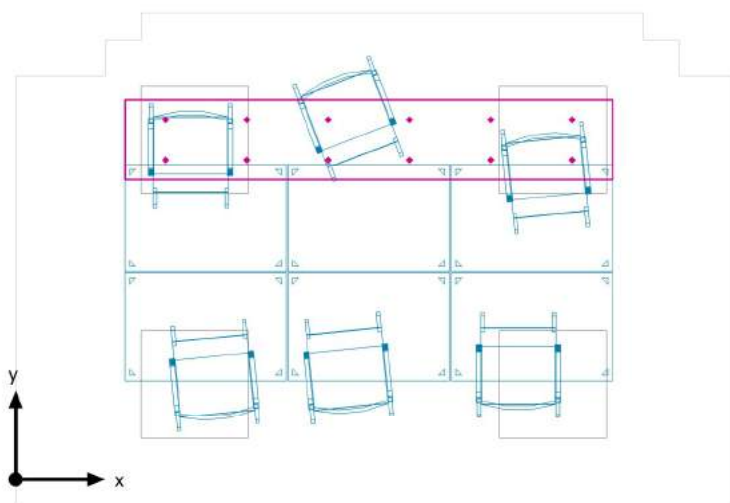
Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 25



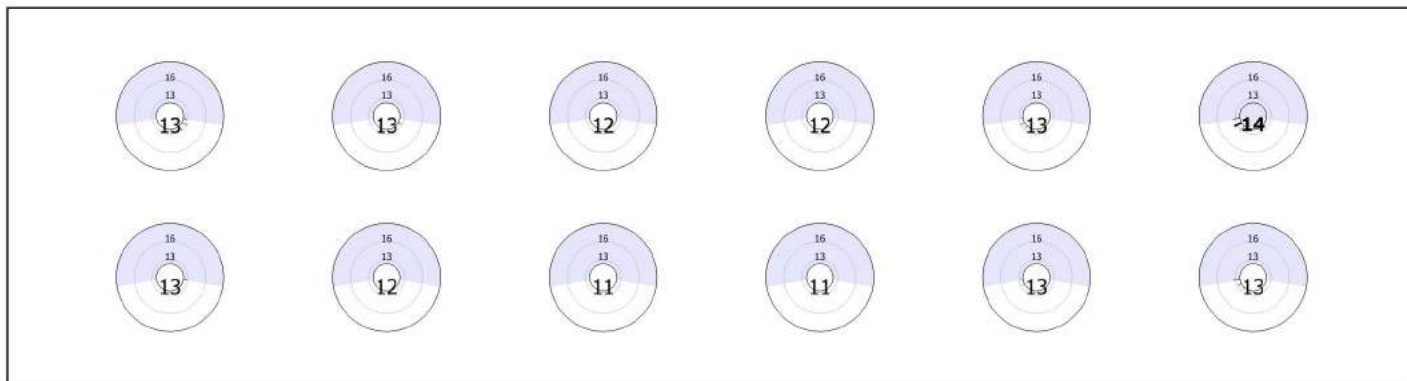
Seminario 1 / UGR



Seminario 1: UGR (Trama)

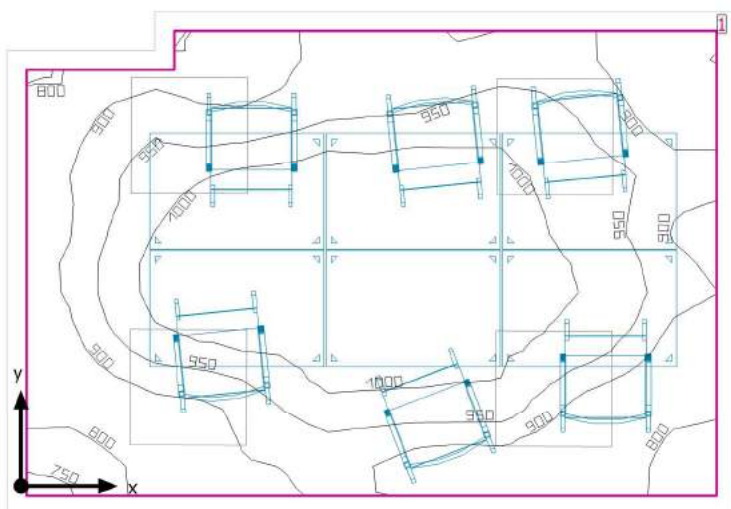
Escena de luz: Escena de luz 1

Máx. deslumbramiento a: 210°, Max: 13.5, Valor límite: ≤19.0, Área del ángulo visual: 190° - 350°, Amplitud de paso: 20°, Altura: 1.200 m





05. Seminario 2



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 78.2%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (05. Seminario 2)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	937 (≥ 750)	745	1047	0.80	0.71

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
4 LDVlighting - 606040BCW PANEL LED ARMSTRONG 40W 6000K	3658	39.6	92.4
Suma total de luminarias	14632	158.4	92.4

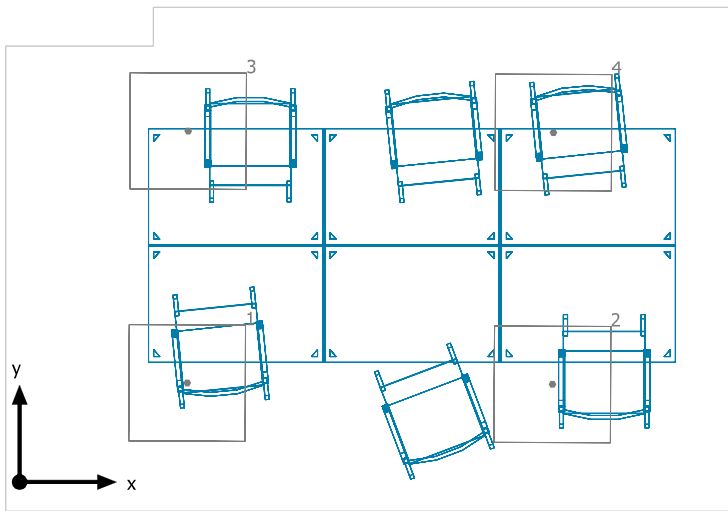
Potencia específica de conexión: 16.45 W/m² (Superficie de planta de la estancia 9.63 m²),
 Potencia específica de conexión: 18.87 W/m² = 2.01 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 8.40 m²)

Consumo: 39 kWh/a de un máximo de 350 kWh/a

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



05. Seminario 2



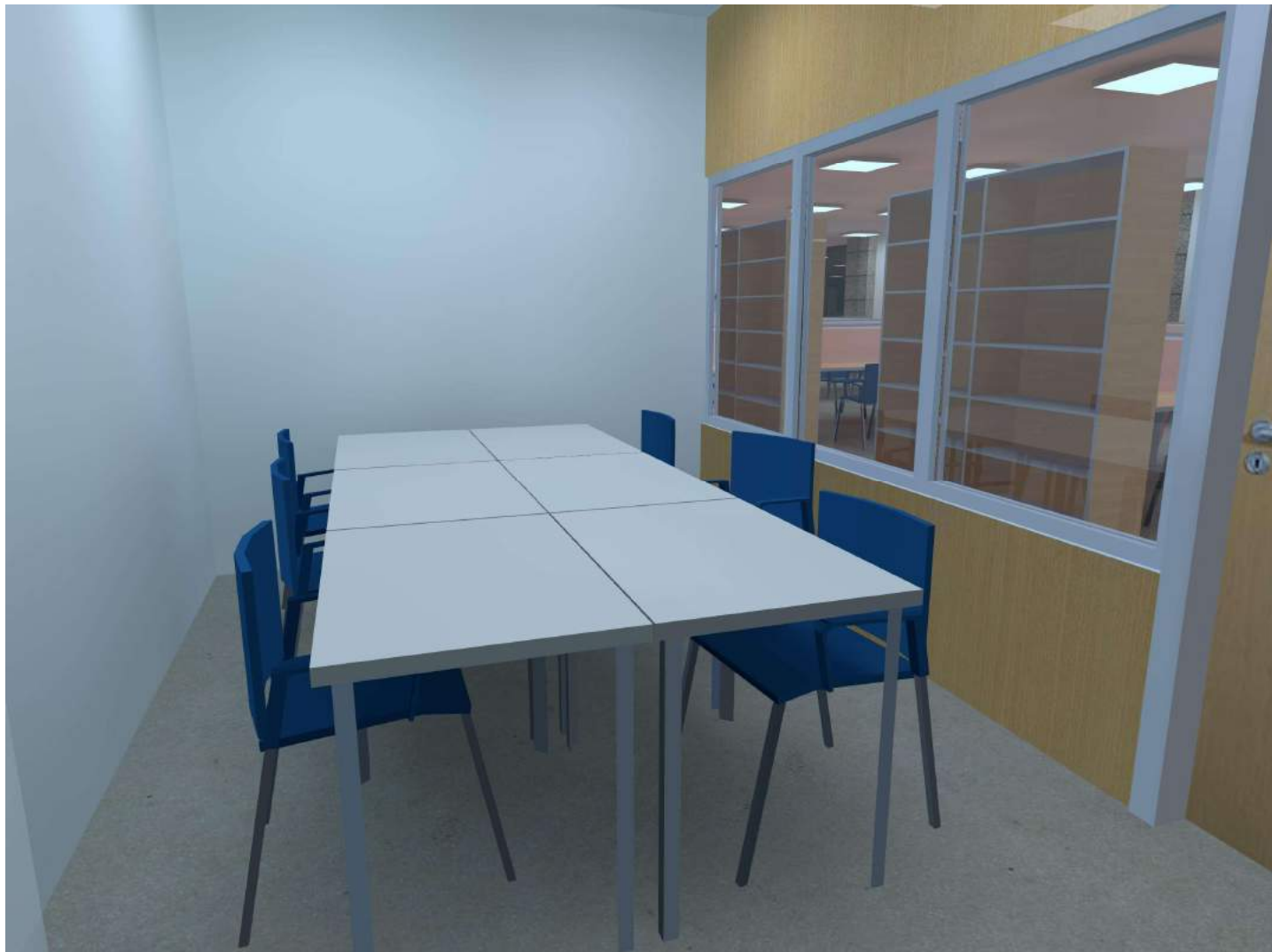
LDVlighting 606040BCW PANEL LED ARMSTRONG 40W 6000K

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	0.865	0.511	2.800	0.80
2	2.750	0.504	2.800	0.80
3	0.870	1.811	2.800	0.80
4	2.755	1.804	2.800	0.80



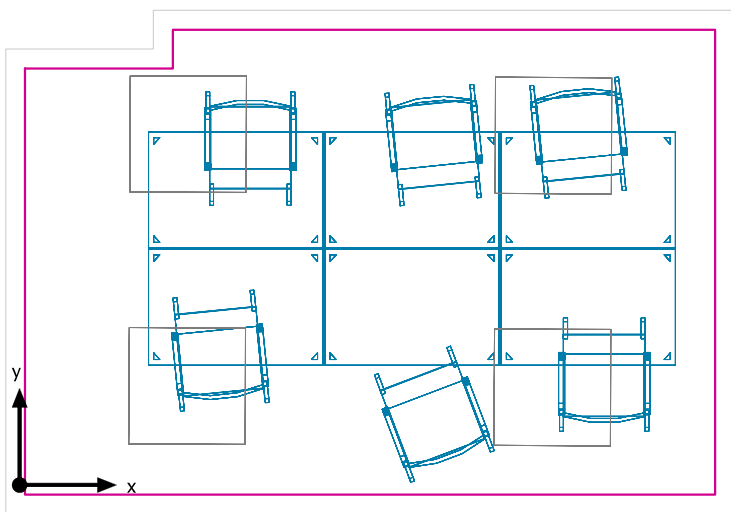
05. Seminario 2

Seminario 2





Plano útil (05. Seminario 2) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



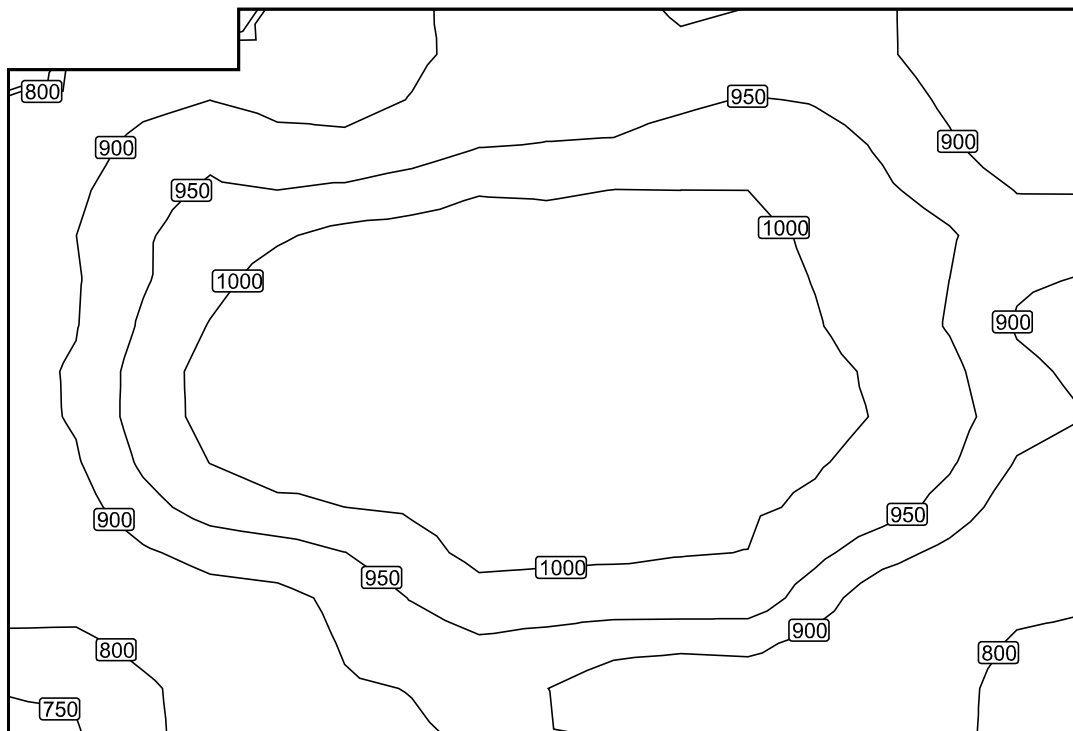
Plano útil (05. Seminario 2): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 937 lx (Nominal: ≥ 750 lx), Min: 745 lx, Max: 1047 lx, Min./medio: 0.80, Min./máx.: 0.71

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m

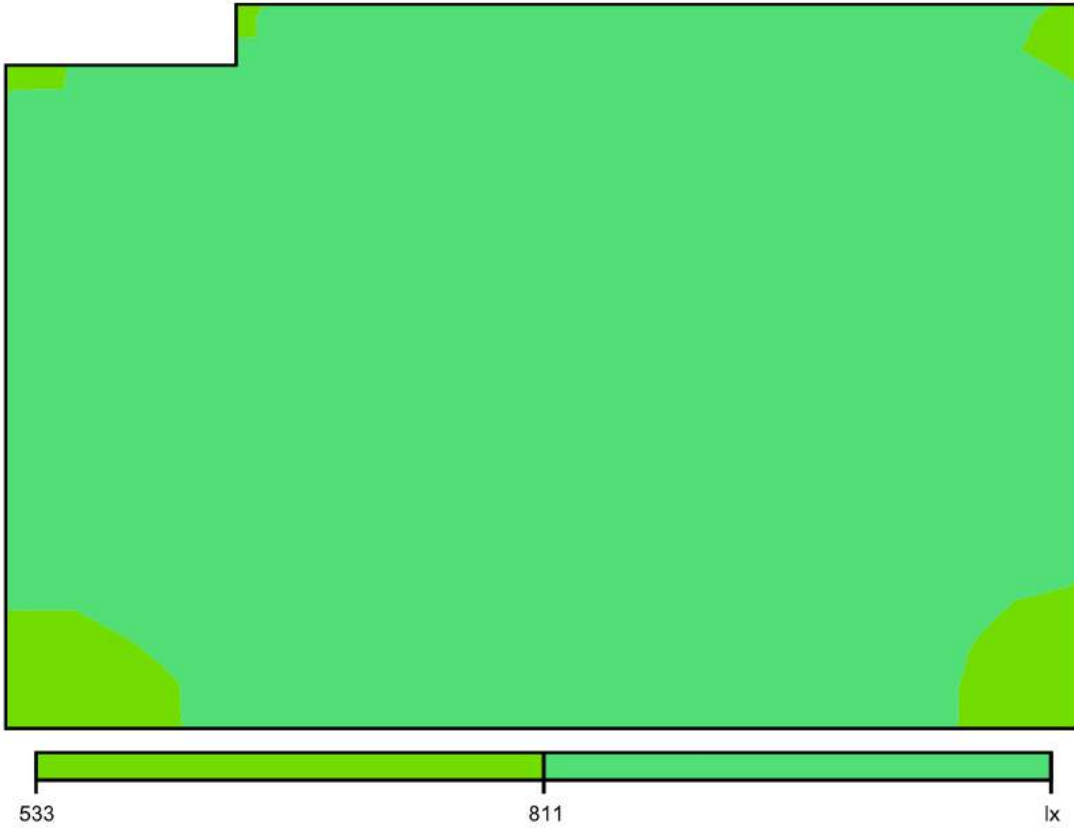
Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25

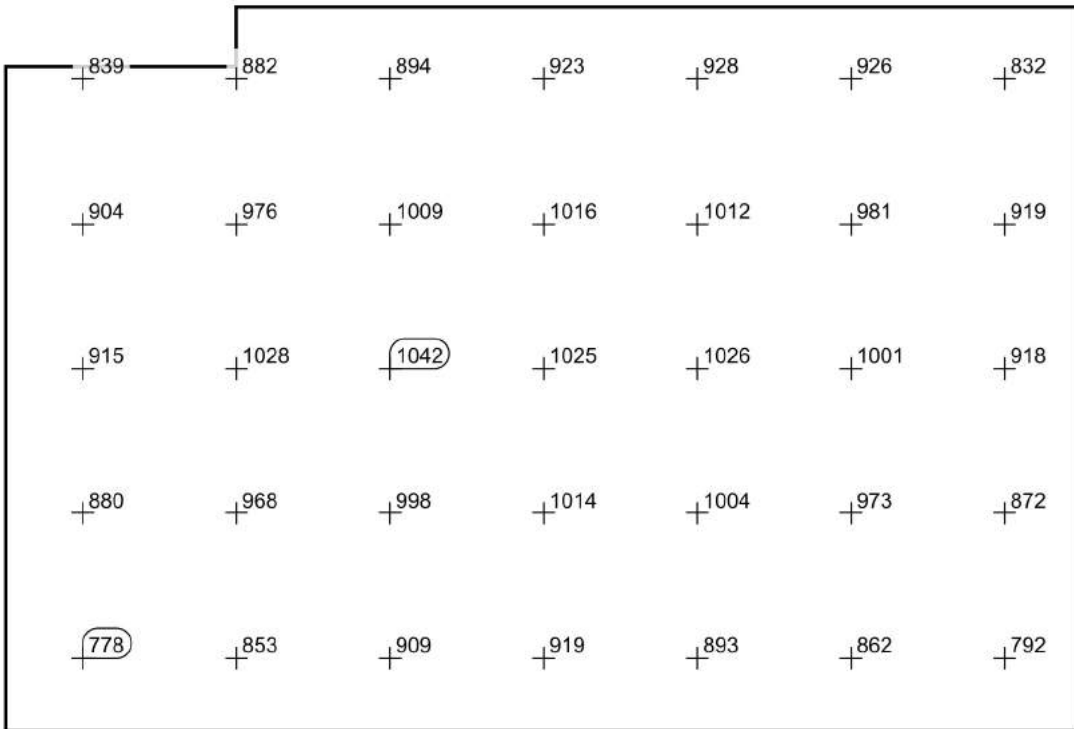


Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 25

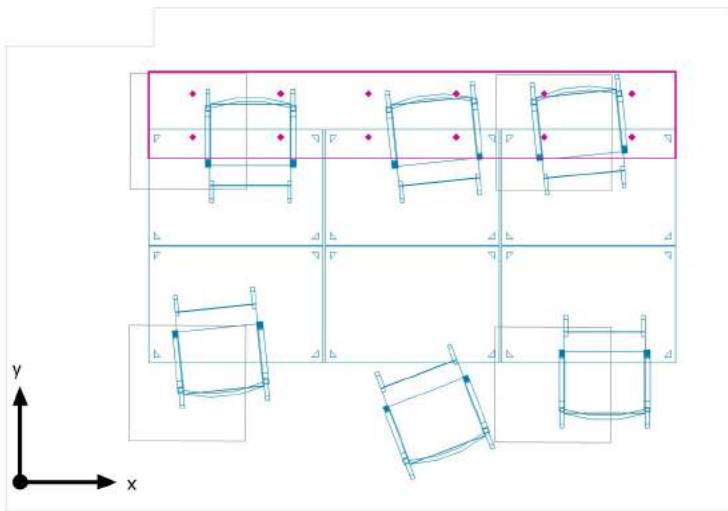
Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 25



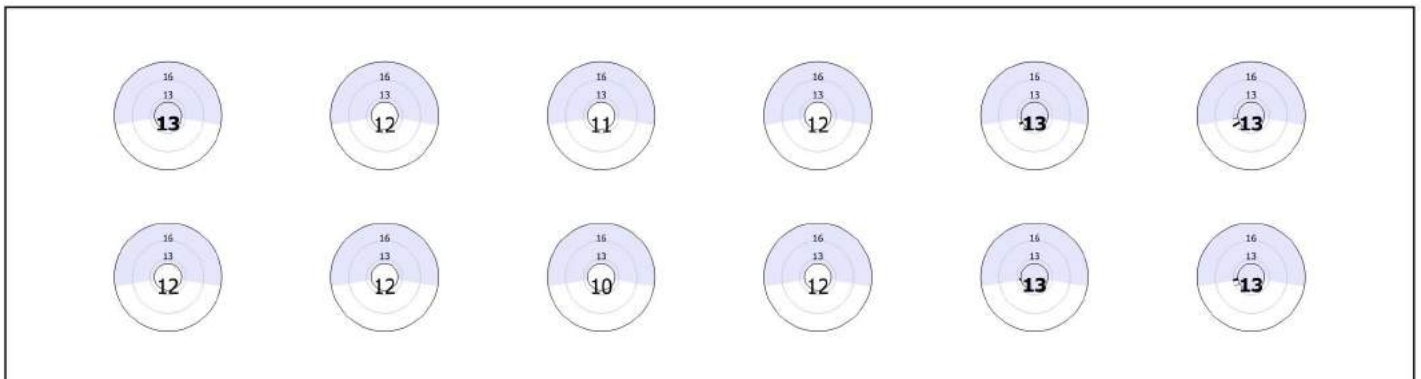
Seminario 2 / UGR



Seminario 2: UGR (Trama)

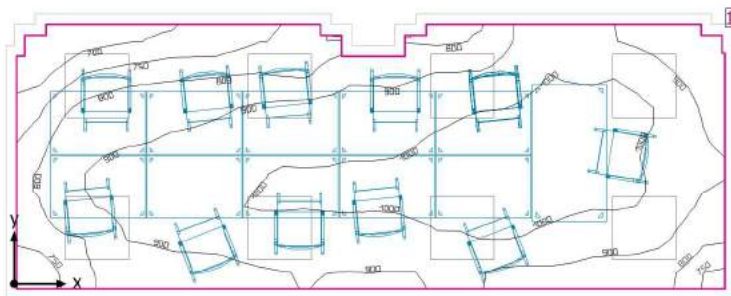
Escena de luz: Escena de luz 1

Máx. deslumbramiento a: 210°, Max: 13.4, Valor límite: ≤ 19.0 , Área del ángulo visual: 190° - 350°, Amplitud de paso: 20°, Altura: 1.200 m





06. Seminario 3



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 65.5%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (06. Seminario 3)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	909 (≥ 750)	627	1054	0.69	0.59

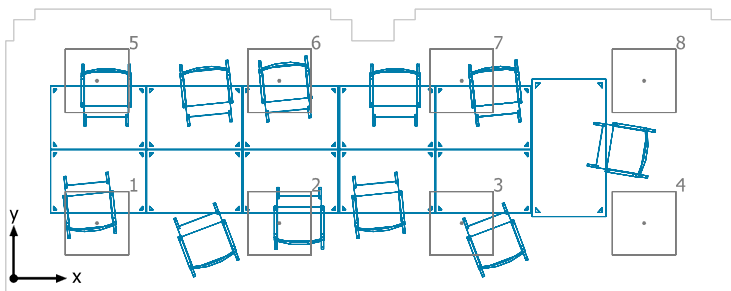
# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
8 LDVlighting - 606040BCW PANEL LED ARMSTRONG 40W 6000K	3658	39.6	92.4
Suma total de luminarias	29264	316.8	92.4

Potencia específica de conexión: 17.21 W/m² (Superficie de planta de la estancia 18.41 m²),
 Potencia específica de conexión: 19.24 W/m² = 2.12 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 16.47 m²)

Consumo: 55 - 79 kWh/a de un máximo de 650 kWh/a

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

06. Seminario 3



LDVlighting 606040BCW PANEL LED ARMSTRONG 40W 6000K

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	0.788	0.523	2.800	0.80
2	2.514	0.523	2.800	0.80
3	4.239	0.523	2.800	0.80
4	5.965	0.523	2.800	0.80
5	0.788	1.870	2.800	0.80
6	2.514	1.870	2.800	0.80
7	4.239	1.870	2.800	0.80
8	5.965	1.870	2.800	0.80



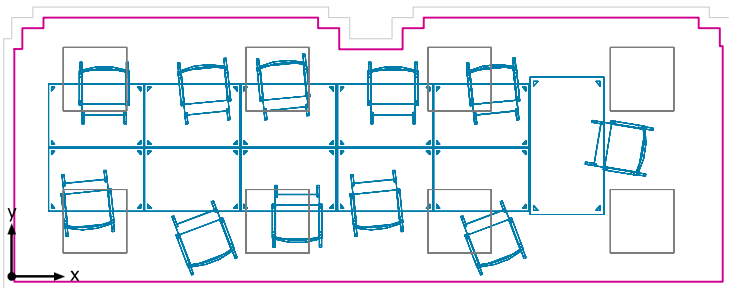
06. Seminario 3

Seminario 3





Plano útil (06. Seminario 3) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



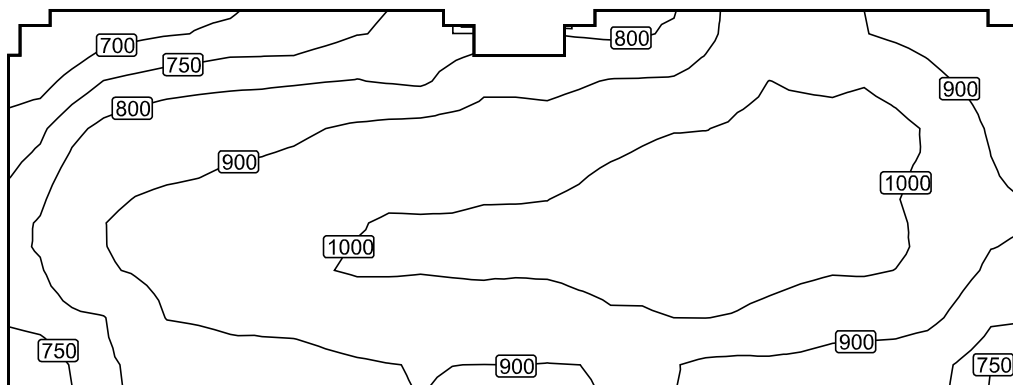
Plano útil (06. Seminario 3): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 909 lx (Nominal: ≥ 750 lx), Min: 627 lx, Max: 1054 lx, Mín./medio: 0.69, Mín./máx.: 0.59

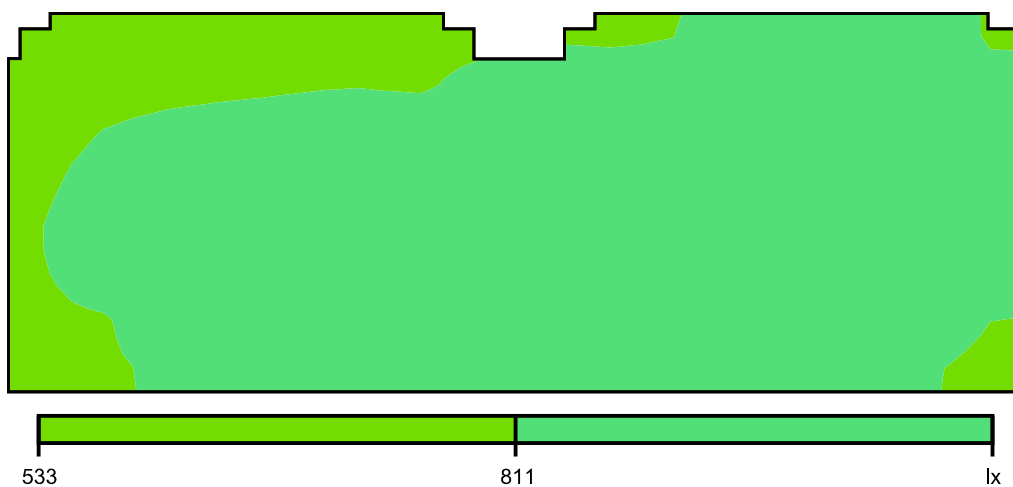
Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m

Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 50

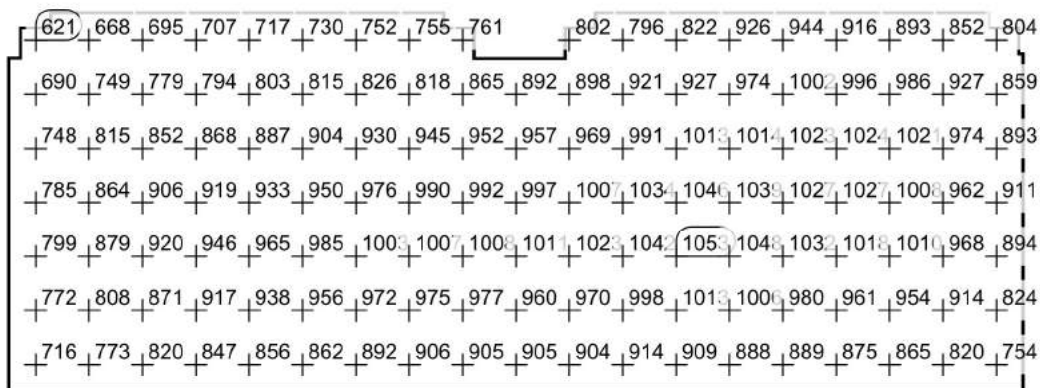
Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 50

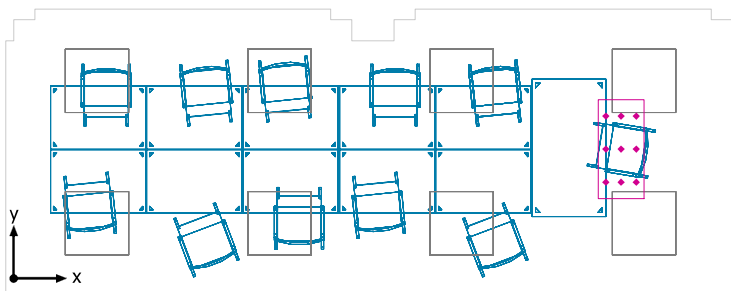


Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 50

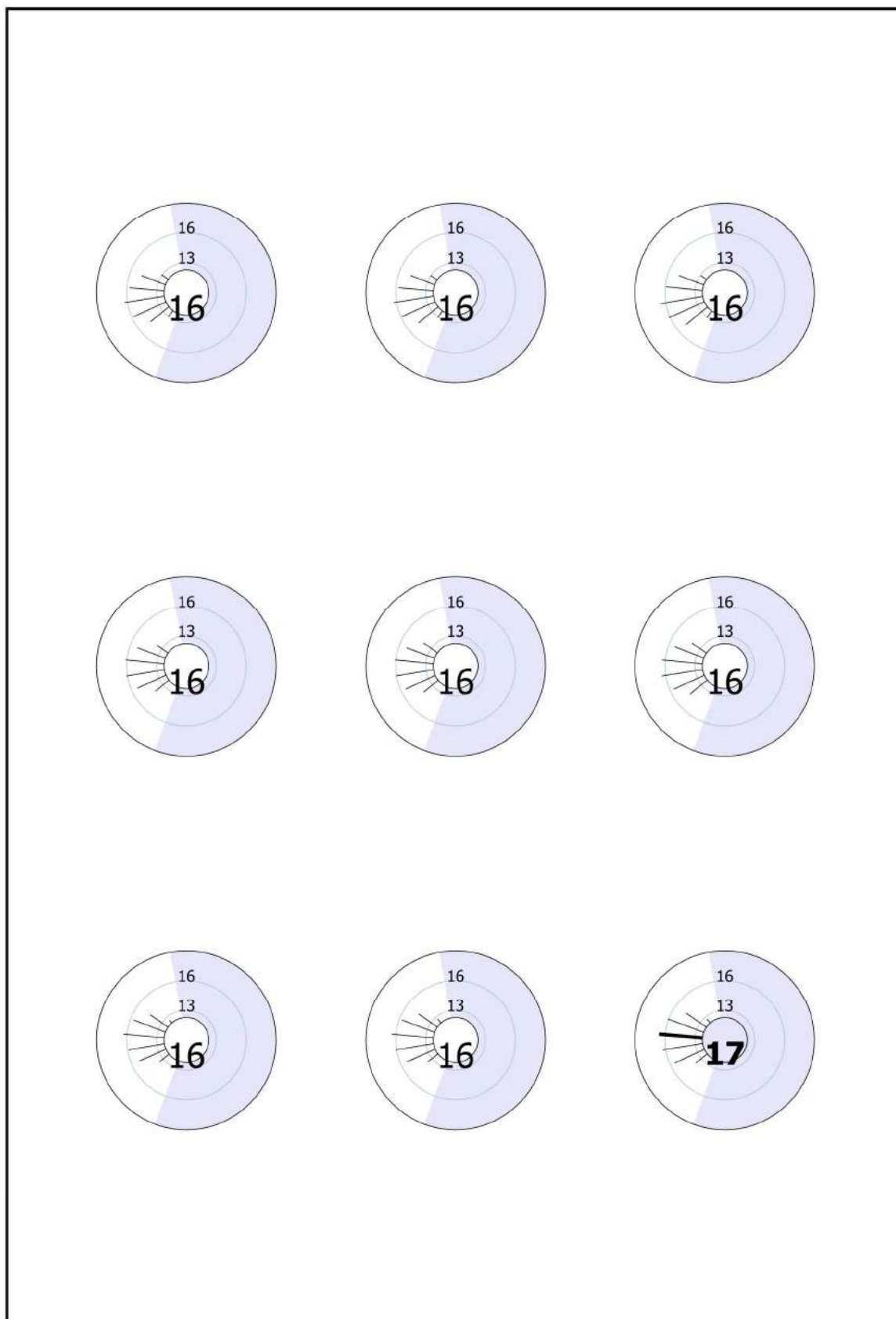
Seminario 3 / UGR



Seminario 3: UGR (Trama)

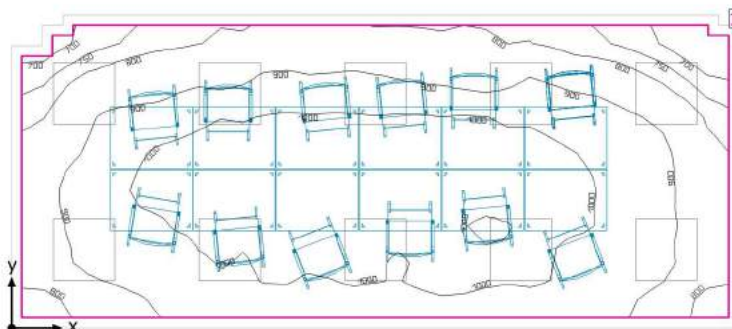
Escena de luz: Escena de luz 1

Máx. deslumbramiento a: 175°, Max: 16.6, Valor límite: ≤ 19.0 , Área del ángulo visual: 100° - 260°, Amplitud de paso: 15°, Altura: 1.200 m





07. Seminario 4



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 68.7%, Suelo 6.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Min./medio	Min./máx.
1 Plano útil (07. Seminario 4)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	932 (≥ 750)	637	1064	0.68	0.60

#	Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
10	LDVlighting - 606040BCW PANEL LED ARMSTRONG 40W 6000K	3658	39.6	92.4
	Suma total de luminarias	36580	396.0	92.4

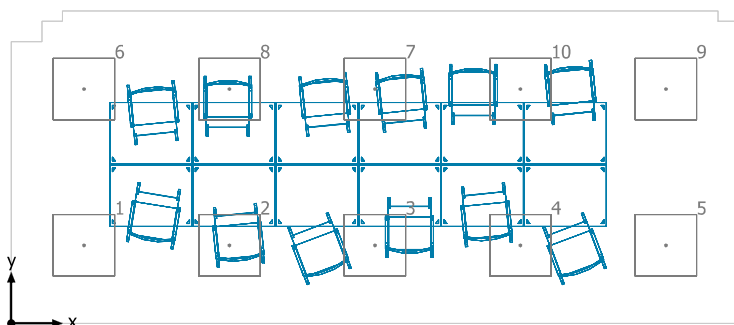
Potencia específica de conexión: 18.40 W/m² (Superficie de planta de la estancia 21.53 m²),
 Potencia específica de conexión: 20.27 W/m² = 2.17 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 19.54 m²)

Consumo: 59 - 99 kWh/a de un máximo de 800 kWh/a

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



07. Seminario 4



LDVlighting 606040BCW PANEL LED ARMSTRONG 40W 6000K

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	0.710	0.762	2.800	0.80
2	2.130	0.762	2.800	0.80
3	3.550	0.762	2.800	0.80
4	4.970	0.762	2.800	0.80
5	6.390	0.762	2.800	0.80
6	0.710	2.287	2.800	0.80
7	3.550	2.287	2.800	0.80
8	2.130	2.287	2.800	0.80
9	6.390	2.287	2.800	0.80
10	4.970	2.287	2.800	0.80

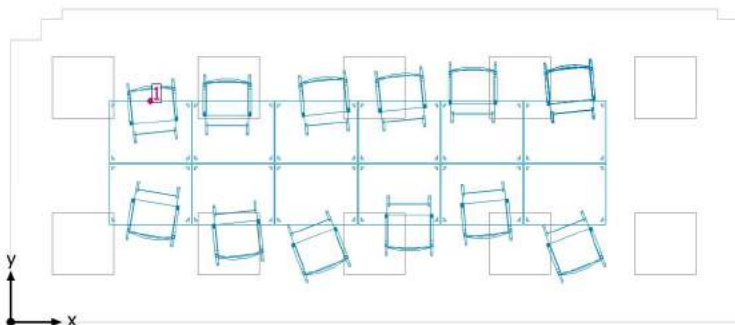


07. Seminario 4

Seminario 4



07. Seminario 4

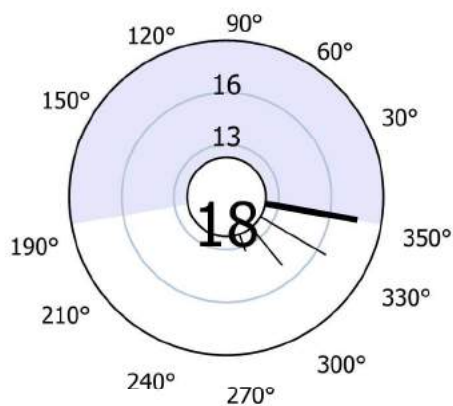


Evaluación del deslumbramiento

Puntos

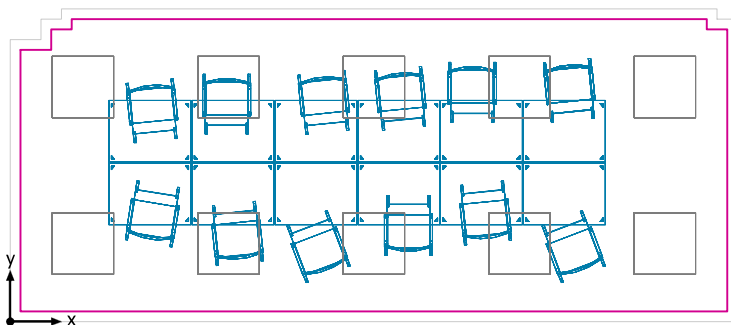
1 Punto de cálculo 28

UGR
Máx. deslumbramiento a: 350°
Max: 17.7
Valor límite: ≤ 19.0
Área del ángulo visual: 190° - 350°
Amplitud de paso: 20°
Altura: 1.200 m





Plano útil (07. Seminario 4) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



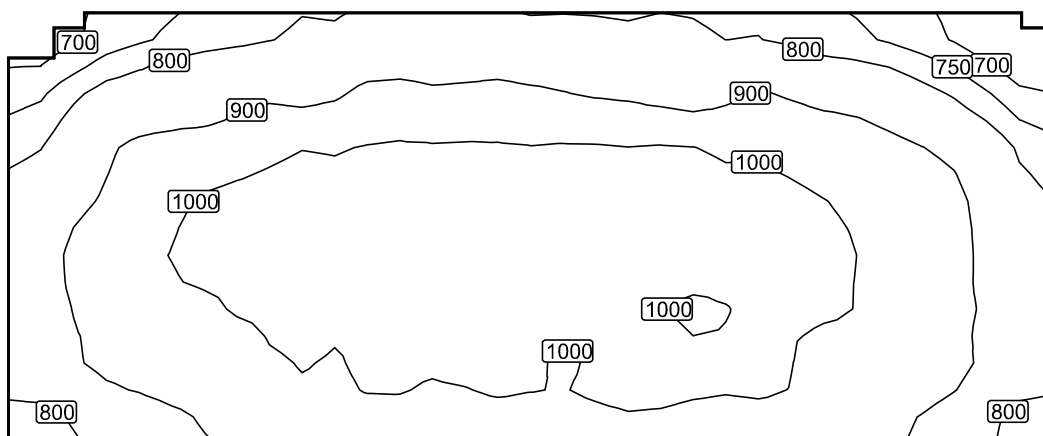
Plano útil (07. Seminario 4): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 932 lx (Nominal: ≥ 750 lx), Min: 637 lx, Max: 1064 lx, Min./medio: 0.68, Min./máx.: 0.60

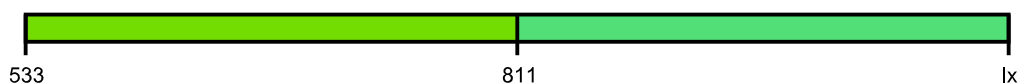
Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m

Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 50

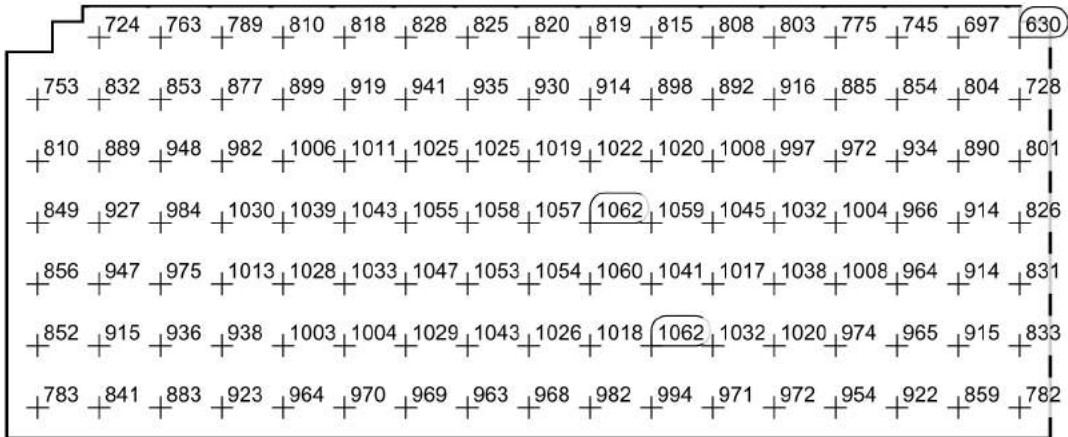
Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 50

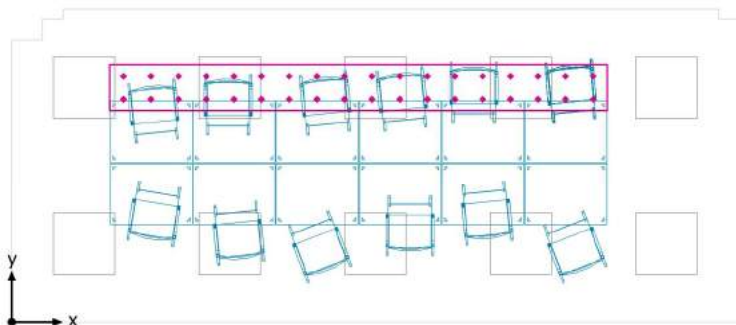


Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 50

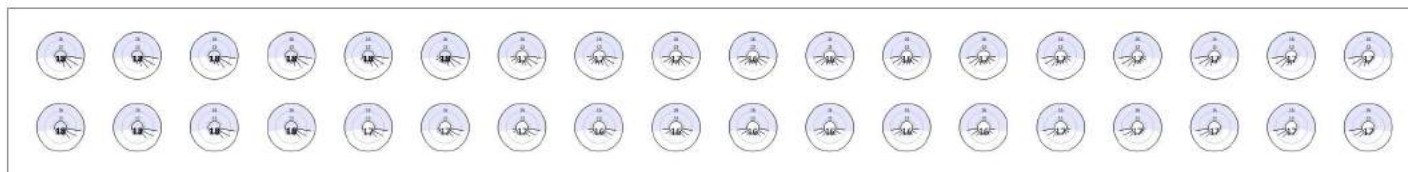
Seminario 4 / UGR



Seminario 4: UGR (Trama)

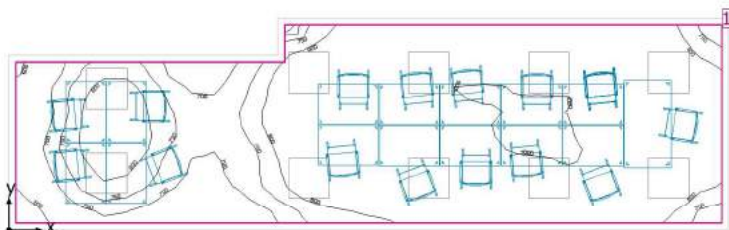
Escena de luz: Escena de luz 1

Máx. deslumbramiento a: 350°, Max: 18.3, Valor límite: ≤19.0, Área del ángulo visual: 190° - 350°, Amplitud de paso: 20°, Altura: 1.200 m





08. Seminario 5



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 80.5%, Suelo 6.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (08. Seminario 5)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	849 (≥ 750)	565	1011	0.67	0.56

#	Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
10	LDVlighting - 606040BCW PANEL LED ARMSTRONG 40W 6000K	3658	39.6	92.4
	Suma total de luminarias	36580	396.0	92.4

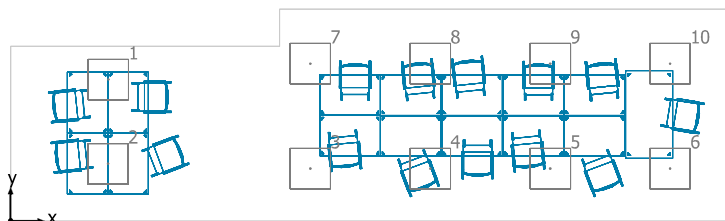
Potencia específica de conexión: 12.57 W/m² (Superficie de planta de la estancia 31.50 m²),
 Potencia específica de conexión: 13.76 W/m² = 1.62 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 28.77 m²)

Consumo: 99 kWh/a de un máximo de 1150 kWh/a

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



08. Seminario 5



LDVlighting 606040BCW PANEL LED ARMSTRONG 40W 6000K

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	1.455	2.104	2.800	0.80
2	1.450	0.852	2.800	0.80
3	4.458	0.780	2.800	0.80
4	6.242	0.780	2.800	0.80
5	8.025	0.780	2.800	0.80
6	9.808	0.780	2.800	0.80
7	4.458	2.340	2.800	0.80
8	6.242	2.340	2.800	0.80
9	8.025	2.340	2.800	0.80
10	9.808	2.340	2.800	0.80



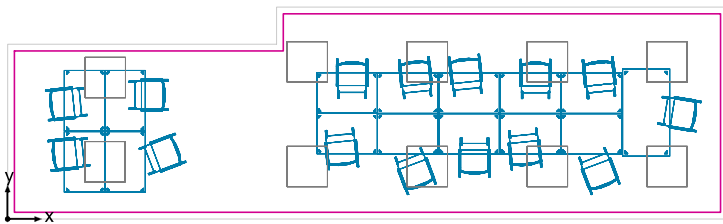
08. Seminario 5

Seminario 5





Plano útil (08. Seminario 5) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



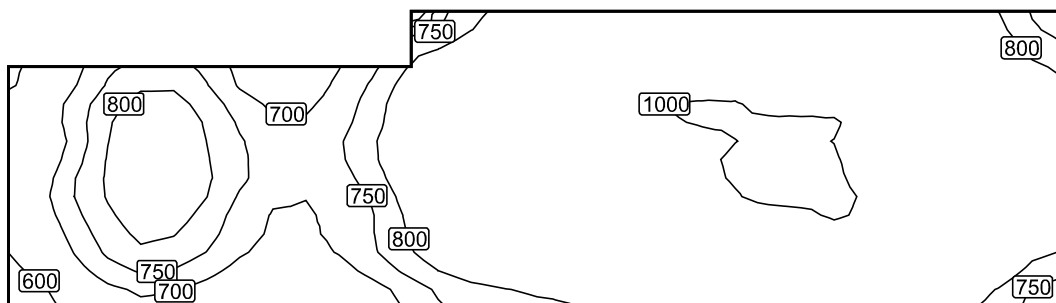
Plano útil (08. Seminario 5): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 849 lx (Nominal: ≥ 750 lx), Min: 565 lx, Max: 1011 lx, Mín./medio: 0.67, Mín./máx.: 0.56

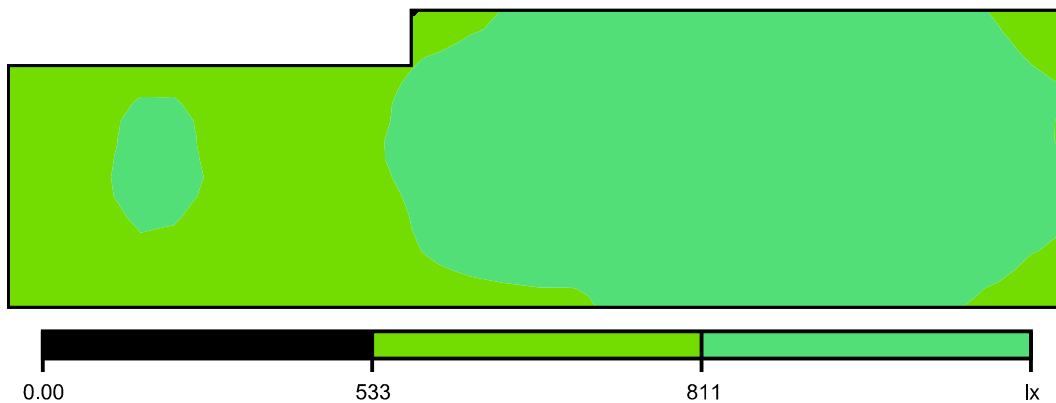
Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m

Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 75

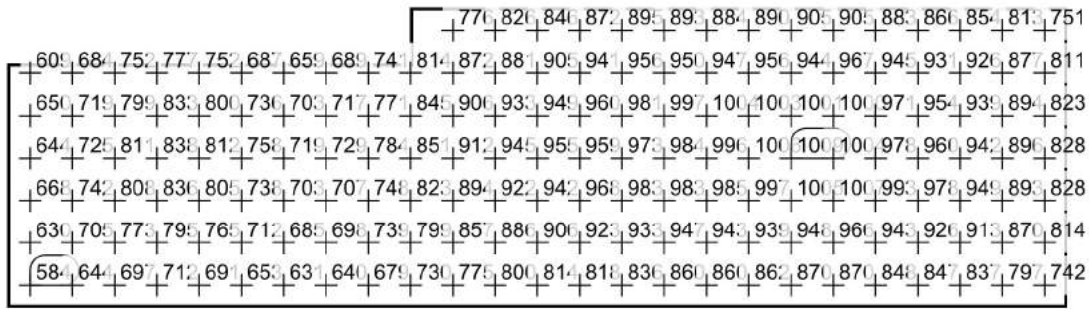
Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 75



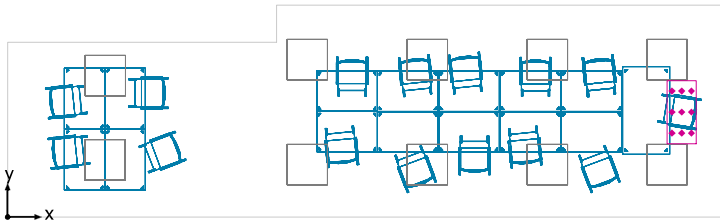
Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 75



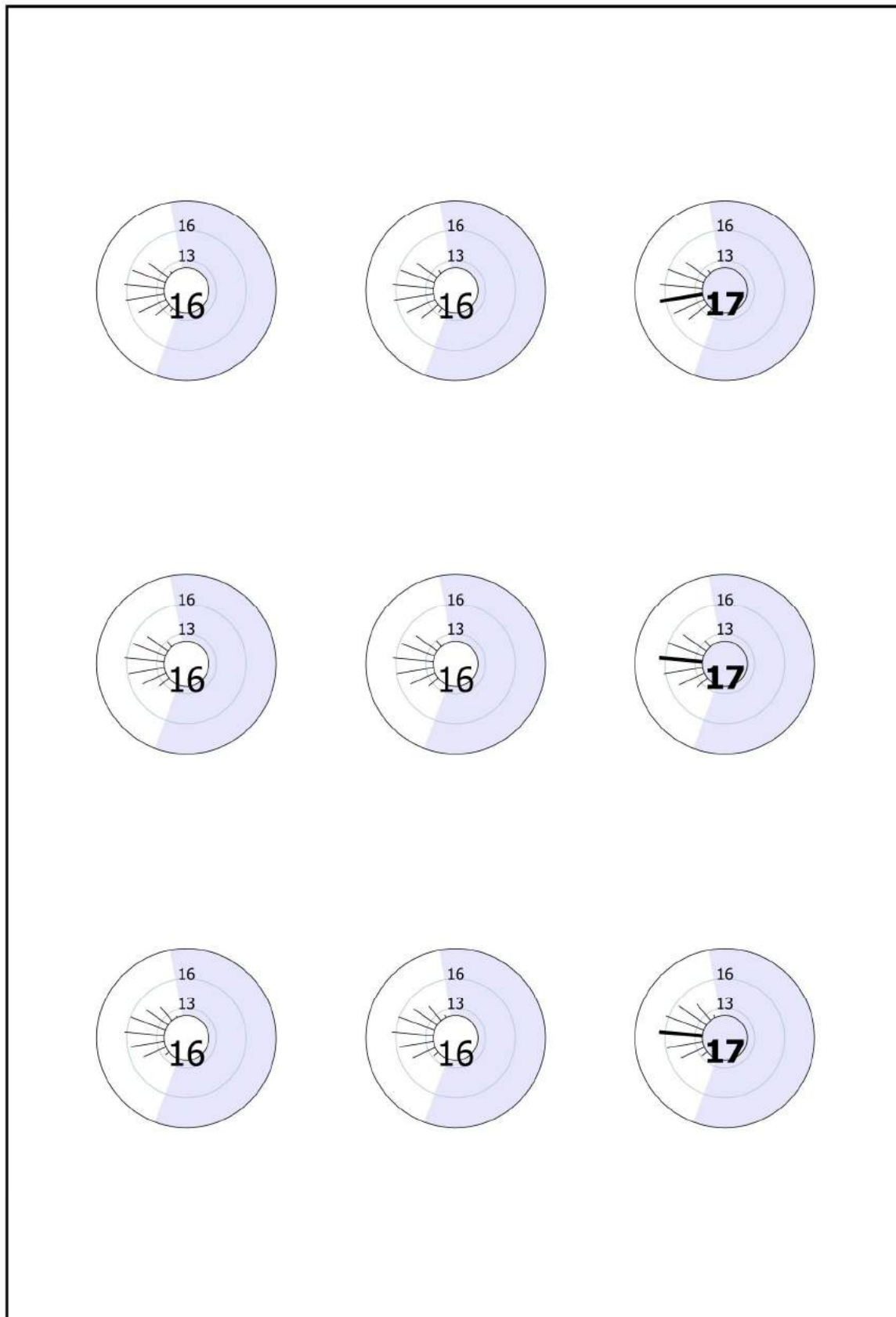
Seminario 5 Cerca / UGR



Seminario 5 Cerca: UGR (Trama)

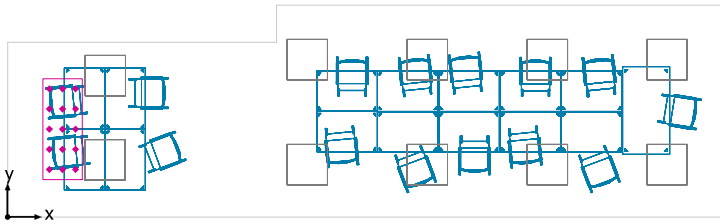
Escena de luz: Escena de luz 1

Máx. deslumbramiento a: 175°, Max: 16.6, Valor límite: ≤ 19.0 , Área del ángulo visual: 100° - 260°, Amplitud de paso: 15°, Altura: 1.200 m





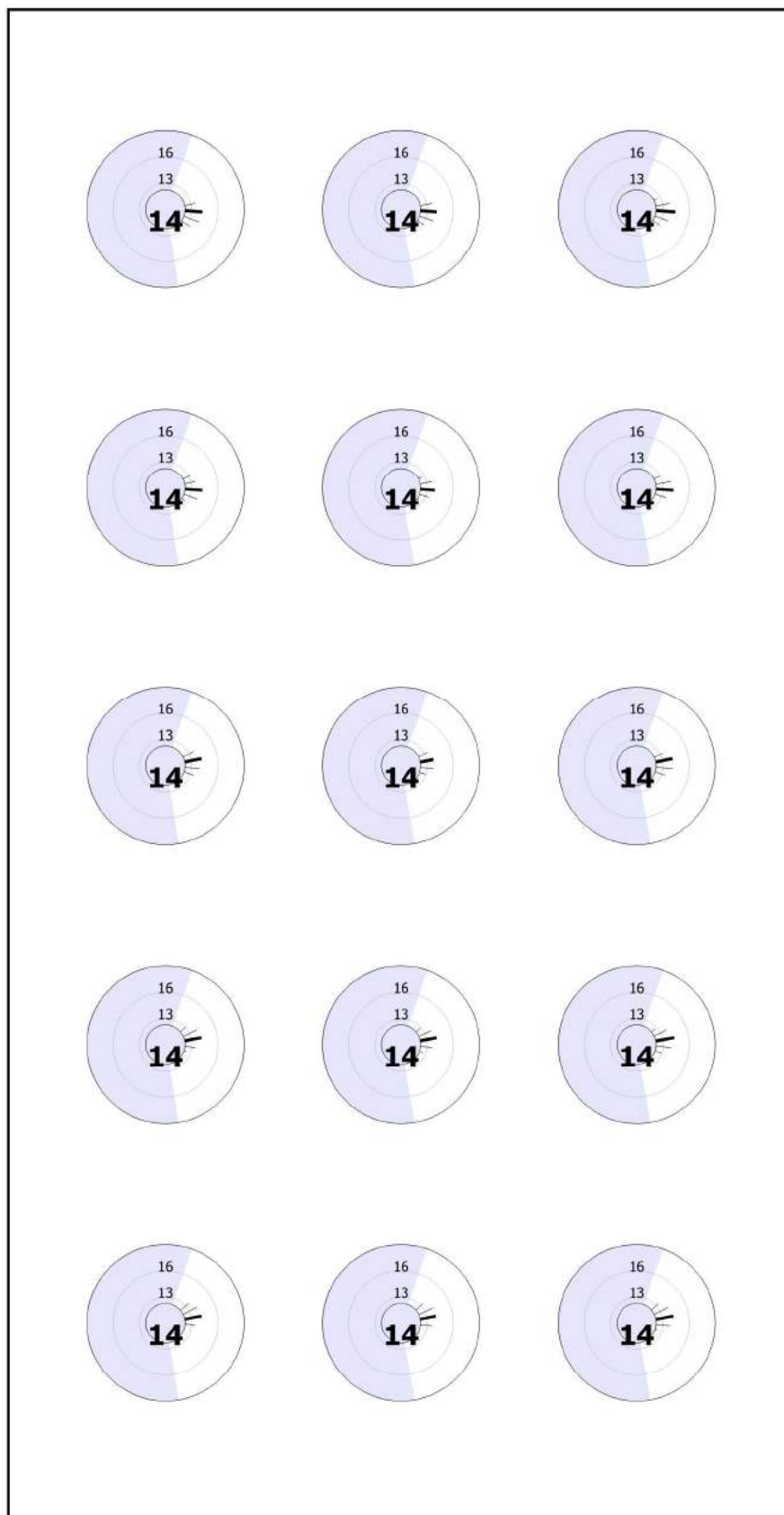
Seminario 5 lejos / UGR



Seminario 5 lejos: UGR (Trama)

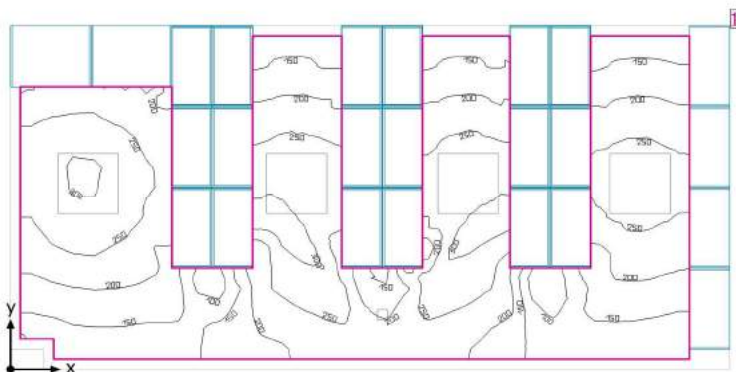
Escena de luz: Escena de luz 1

Máx. deslumbramiento a: 355°, Max: 14.5, Valor límite: ≤19.0, Área del ángulo visual: 280° - 80°, Amplitud de paso: 15°, Altura: 1.200 m





09. Depósito 1



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 30.0%, Paredes 84.1%, Suelo 6.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (09. Depósito 1)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	216 (≥ 200)	62.6	319	0.29	0.20

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
1 DIALux - LED Panel Light LP24W 6000k	1749	24.0	72.9
4 LDVlighting - 606040BCW PANEL LED ARMSTRONG 40W 6000K	3658	39.6	92.4
Suma total de luminarias	16381	182.4	89.8

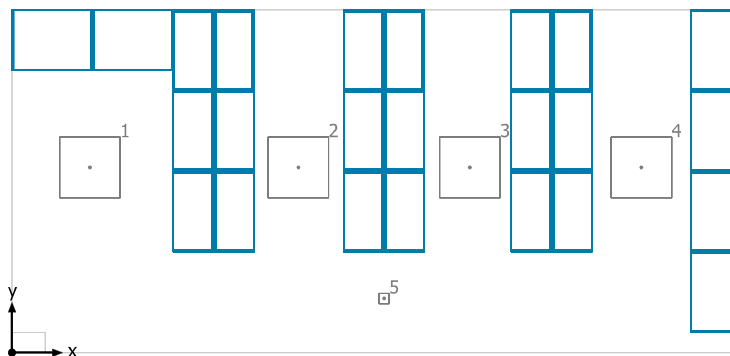
Potencia específica de conexión: 7.54 W/m² (Superficie de planta de la estancia 24.18 m²),
 Potencia específica de conexión: 12.26 W/m² = 5.67 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 14.88 m²)

Consumo: 0 kWh/a de un máximo de 850 kWh/a

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



09. Depósito 1



LDVlighting 606040BCW PANEL LED ARMSTRONG 40W 6000K

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	0.772	1.837	2.800	0.80
2	2.839	1.837	2.800	0.80
3	4.539	1.837	2.800	0.80
4	6.239	1.837	2.800	0.80

DIALux LED Panel Light LP24W 6000k

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
5	3.689	0.537	2.900	0.80



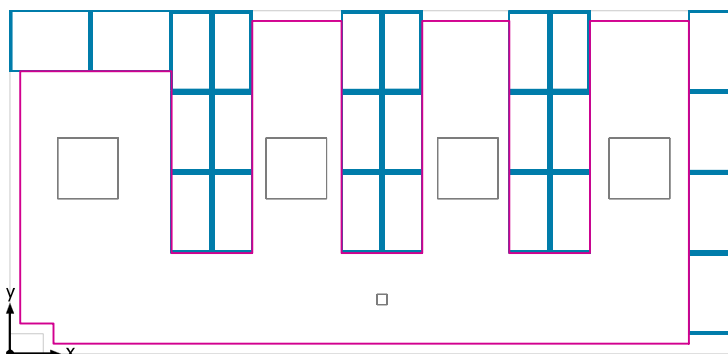
09. Depósito 1

Depósito 1





Plano útil (09. Depósito 1) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



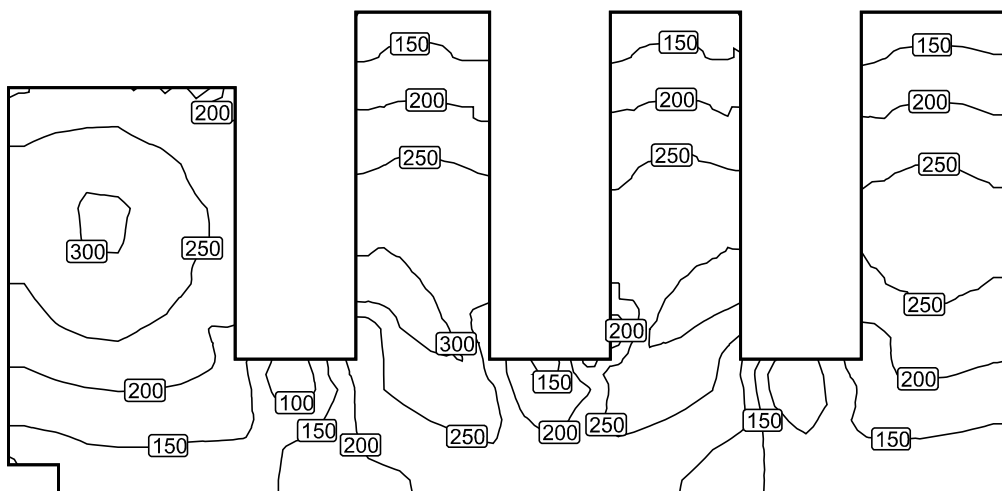
Plano útil (09. Depósito 1): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 216 lx (Nominal: ≥ 200 lx), Min: 62.6 lx, Max: 319 lx, Mín./medio: 0.29, Mín./máx.: 0.20

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m

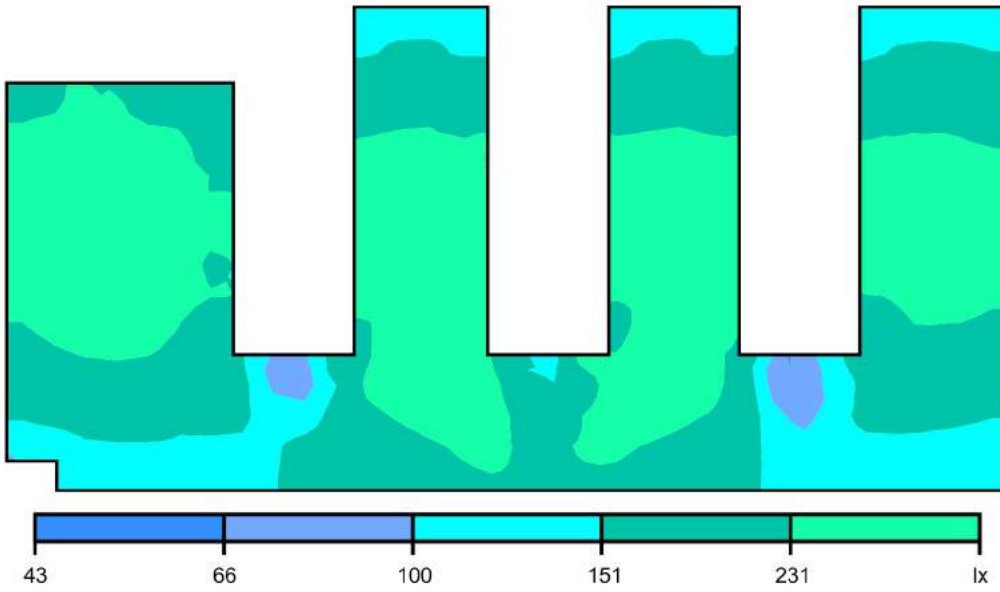
Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 50

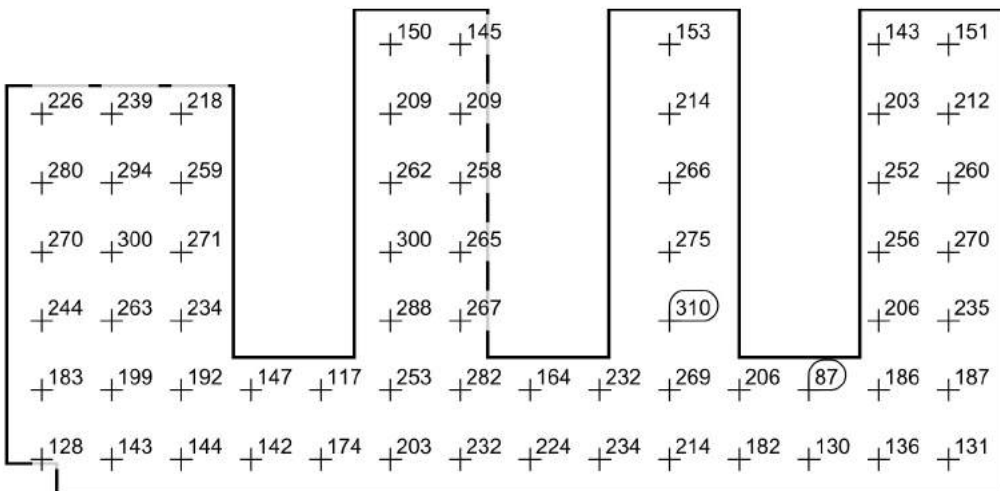


Colores falsos [lx]



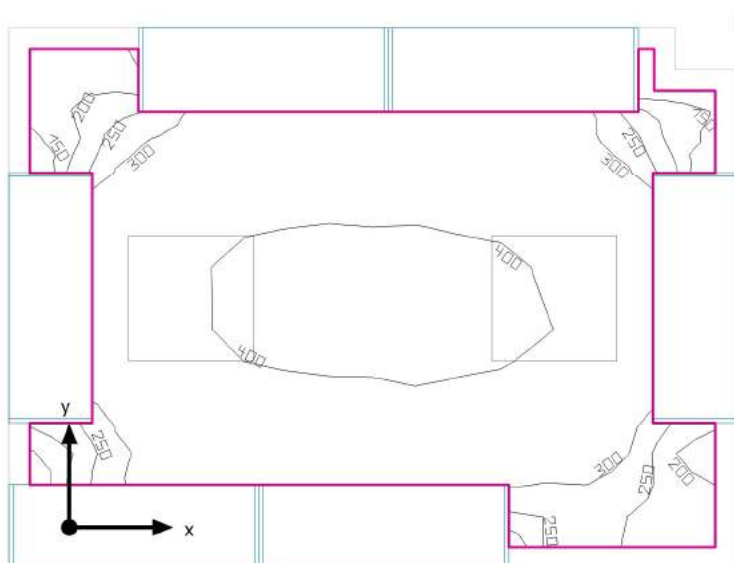
Escala: 1 : 50

Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 50

10. Depósito 2



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 86.0%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (10. Depósito 2)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	342 (≥ 200)	126	421	0.37	0.30

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
2 LDVlighting - 606040BCW PANEL LED ARMSTRONG 40W 6000K	3658	39.6	92.4
Suma total de luminarias	7316	79.2	92.4

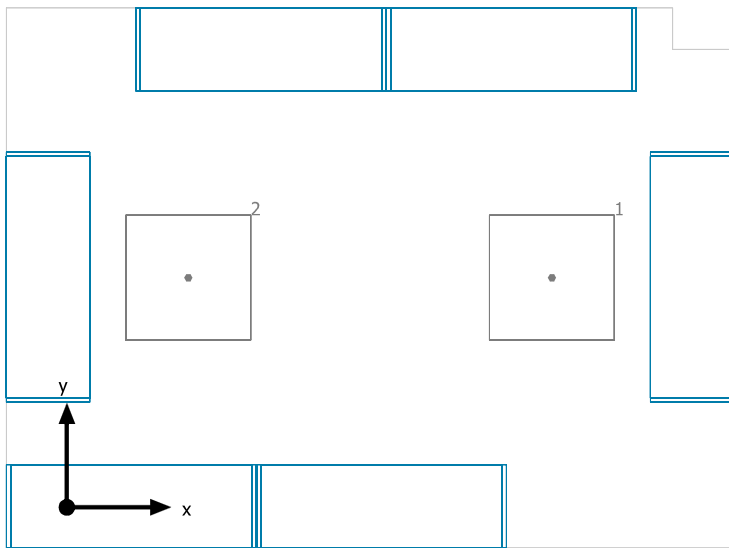
Potencia específica de conexión: 8.80 W/m² (Superficie de planta de la estancia 9.00 m²),
 Potencia específica de conexión: 13.90 W/m² = 4.07 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 5.70 m²)

Consumo: 0 kWh/a de un máximo de 350 kWh/a

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



10. Depósito 2



LDVlighting 606040BCW PANEL LED ARMSTRONG 40W 6000K

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	2.330	1.103	2.800	0.80
2	0.583	1.103	2.800	0.80



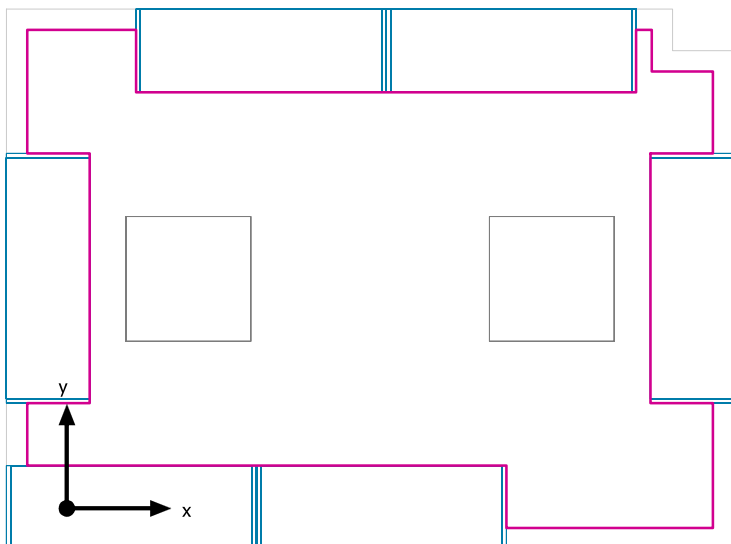
10. Depósito 2

10. Depósito 2





Plano útil (10. Depósito 2) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



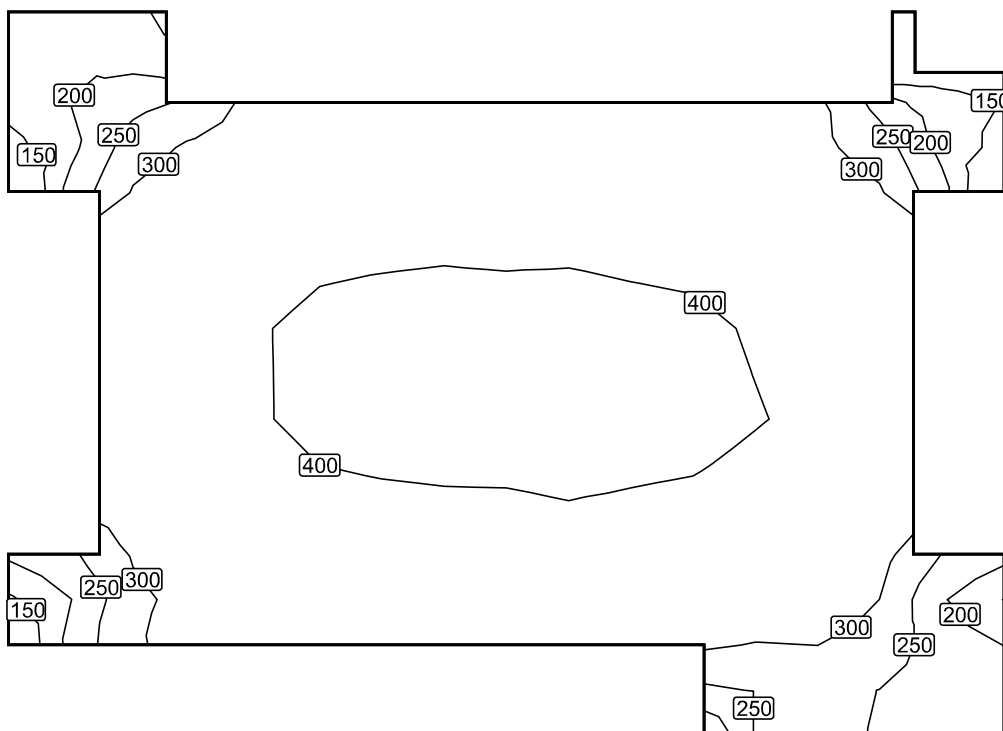
Plano útil (10. Depósito 2): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 342 lx (Nominal: ≥ 200 lx), Min: 126 lx, Max: 421 lx, Mín./medio: 0.37, Mín./máx.: 0.30

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m

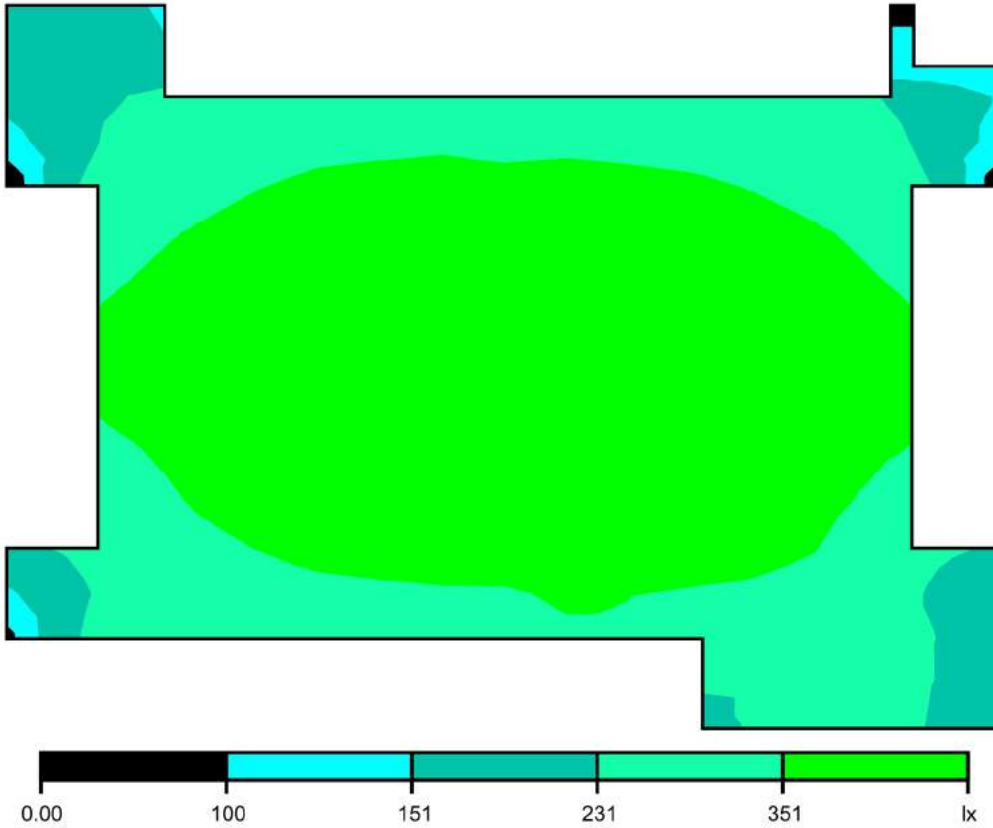
Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25

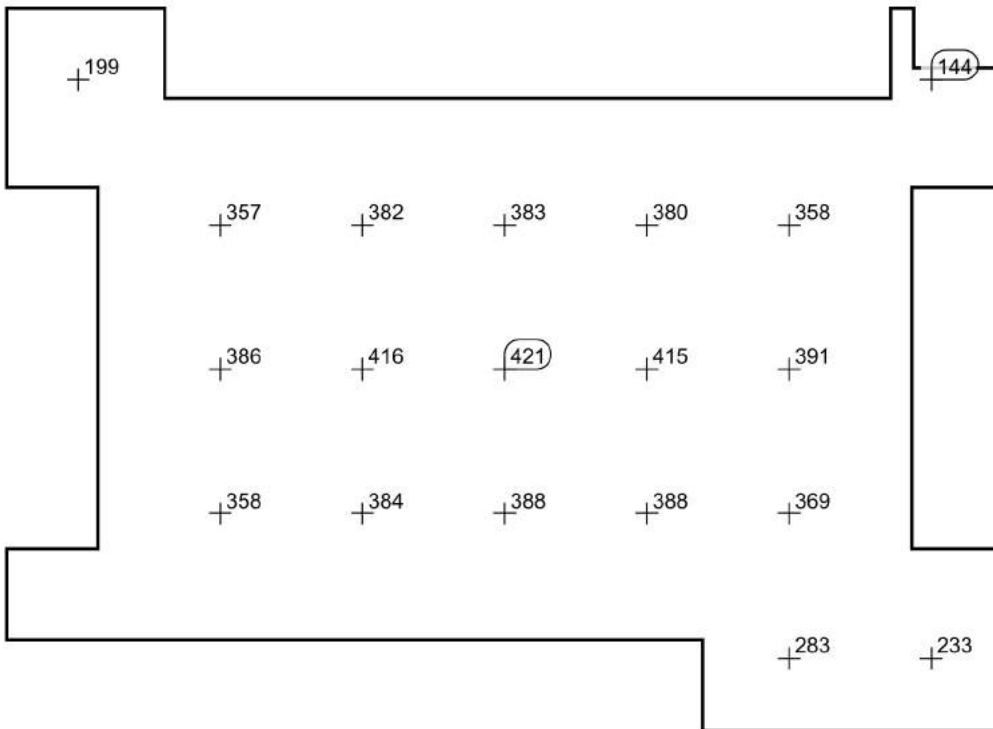


Colores falsos [lx]



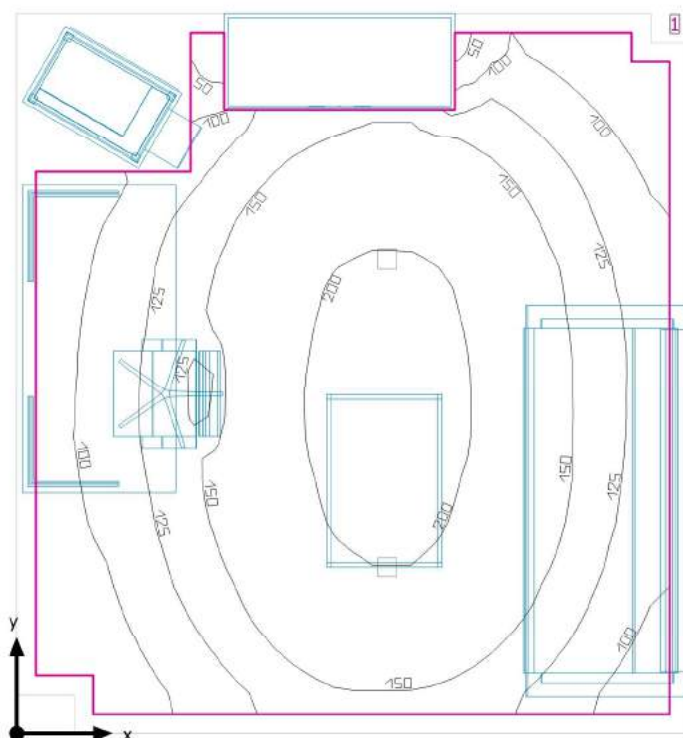
Escala: 1 : 25

Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 25

11. Reprografía



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 70.6%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (11. Reprografía)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	145 (≥ 100)	29.3	216	0.20	0.14

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
2 DIALux - LED Panel Light LP24W 6000k	1749	24.0	72.9
Suma total de luminarias	3498	48.0	72.9

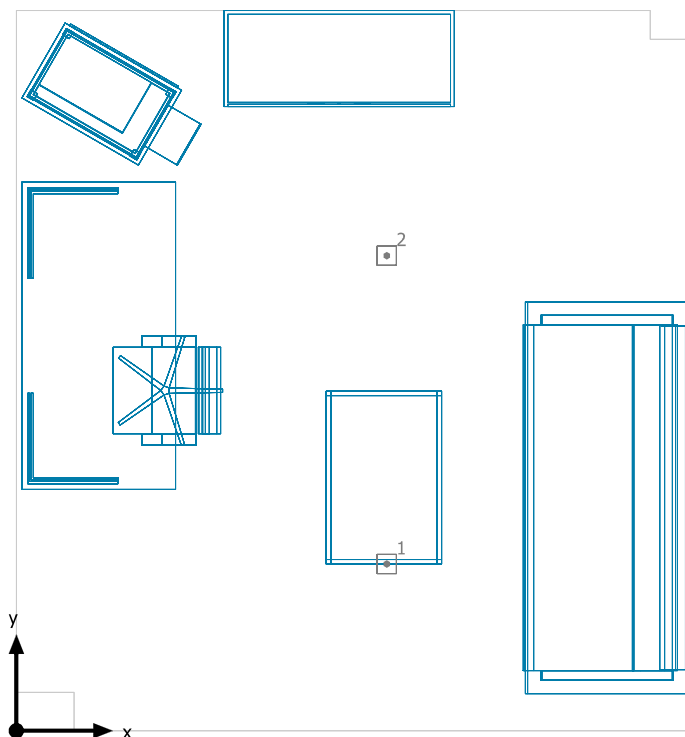
Potencia específica de conexión: 3.68 W/m² (Superficie de planta de la estancia 13.04 m²),
 Potencia específica de conexión: 4.55 W/m² = 3.13 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 10.56 m²)

Consumo: 11 - 18 kWh/a de un máximo de 500 kWh/a

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



11. Reprografía



DIALux LED Panel Light LP24W 6000k

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	1.929	0.868	2.850	0.80
2	1.929	2.472	2.850	0.80



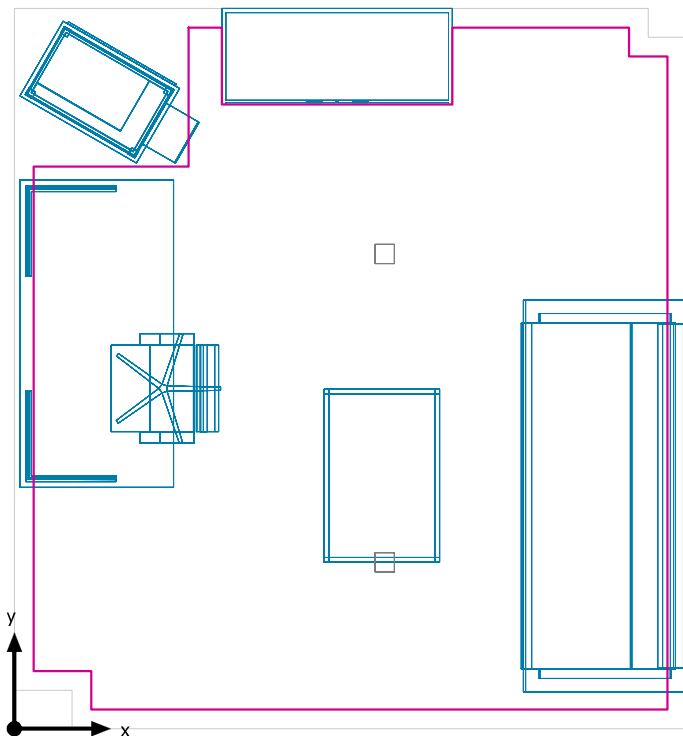
11. Reprografía

Reprografía





Plano útil (11. Reprografía) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



Plano útil (11. Reprografía): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

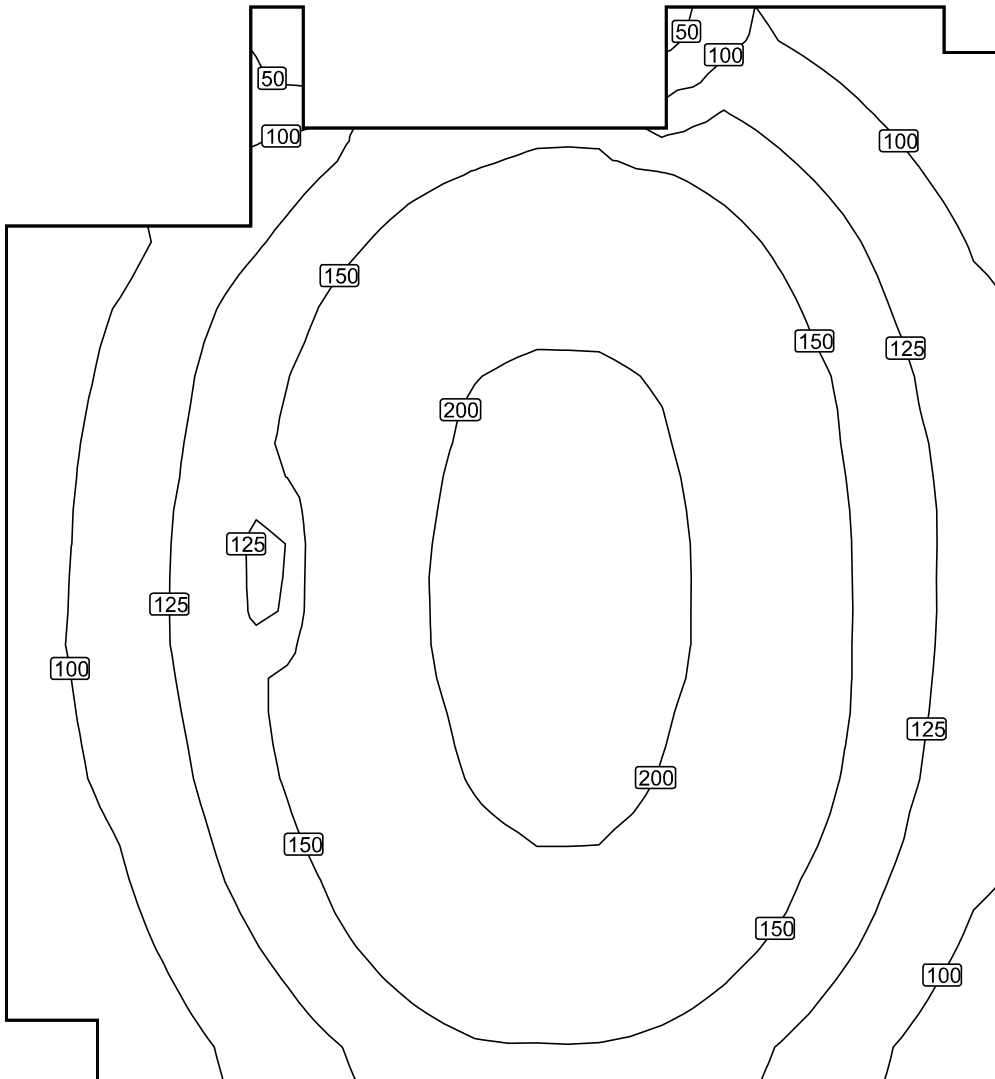
Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 145 lx (Nominal: ≥ 100 lx), Min: 29.3 lx, Max: 216 lx, Mín./medio: 0.20, Mín./máx.: 0.14

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m



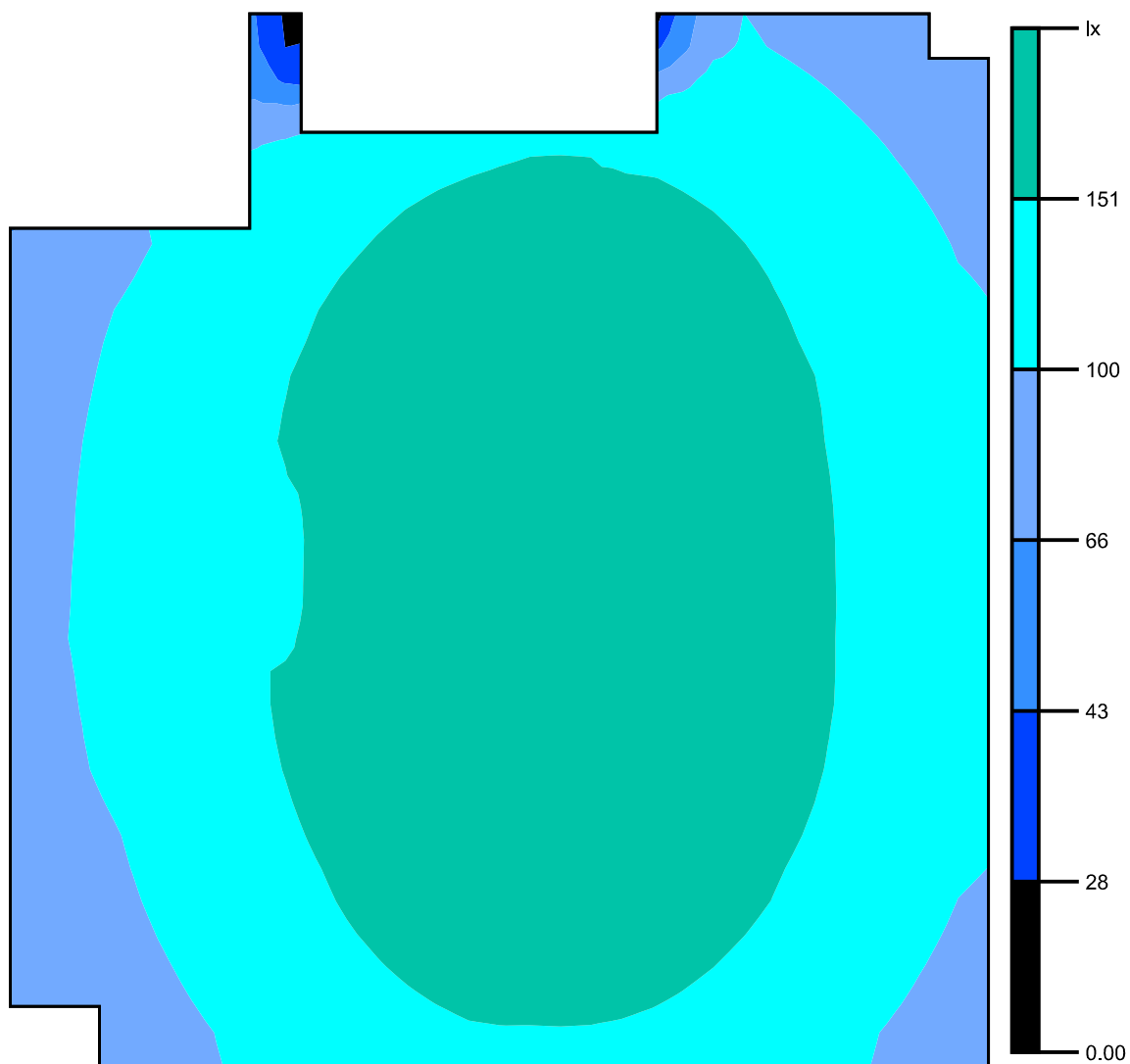
Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25



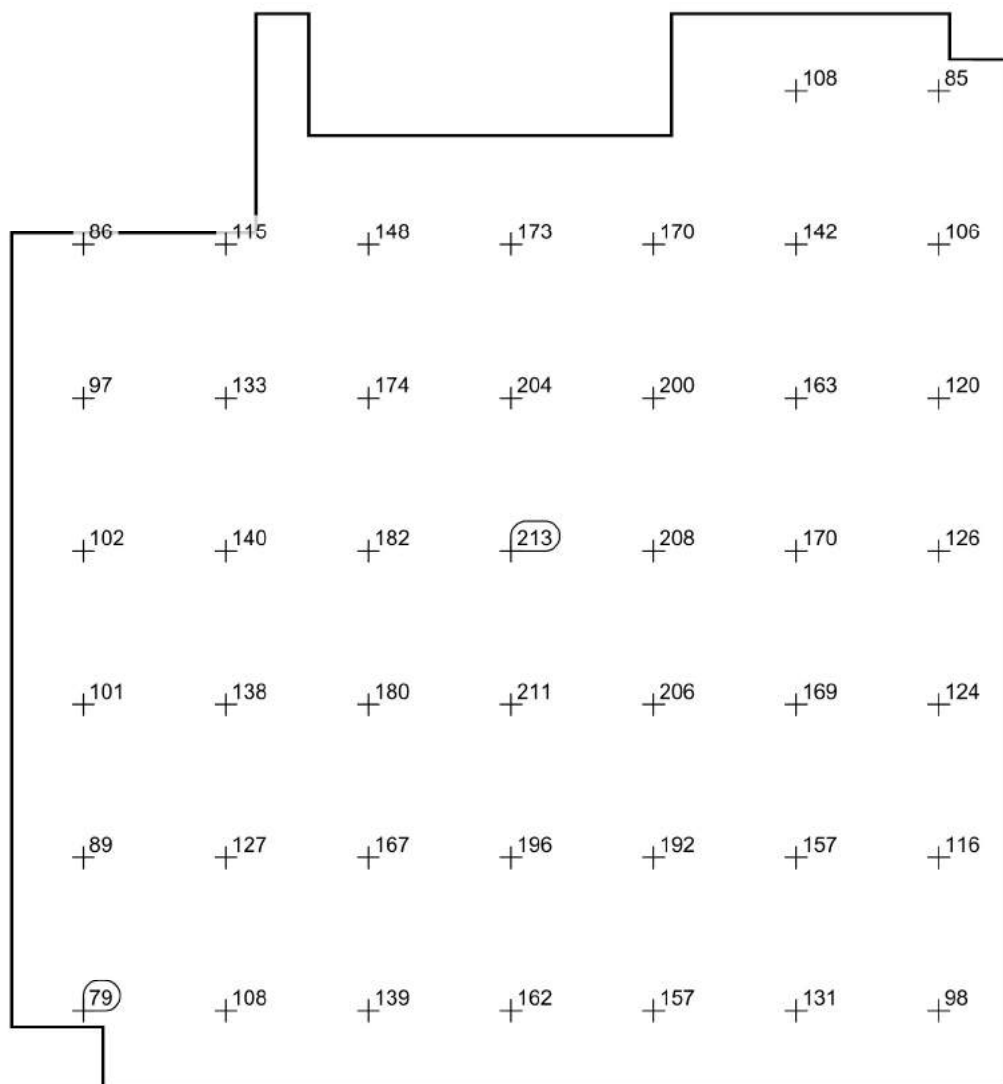
Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 25



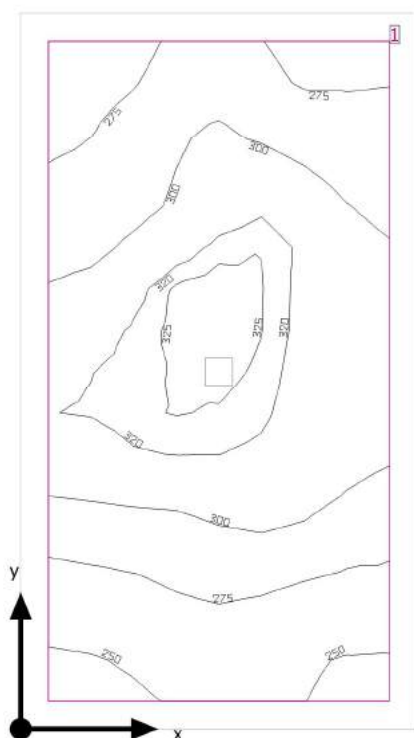
Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 25



12. Almacén



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 86.0%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (12. Almacén)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	294 (≥ 100)	245	328	0.83	0.75

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
1 DIALux - LED Panel Light LP24W 6000k	1749	24.0	72.9
Suma total de luminarias	1749	24.0	72.9

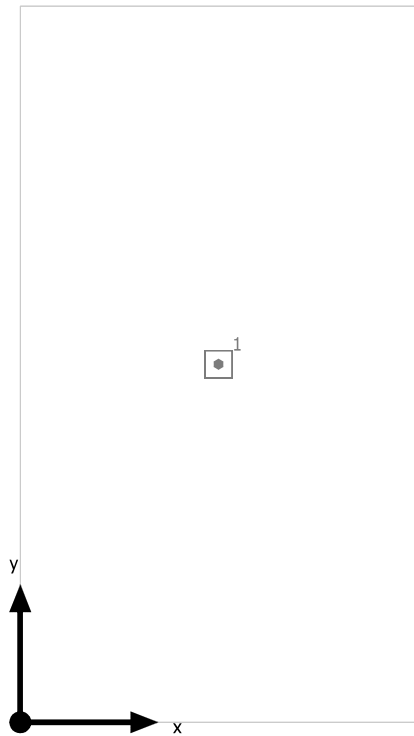
Potencia específica de conexión: 6.41 W/m² (Superficie de planta de la estancia 3.74 m²),
 Potencia específica de conexión: 8.07 W/m² = 2.74 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 2.97 m²)

Consumo: 1 kWh/a de un máximo de 150 kWh/a

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



12. Almacén

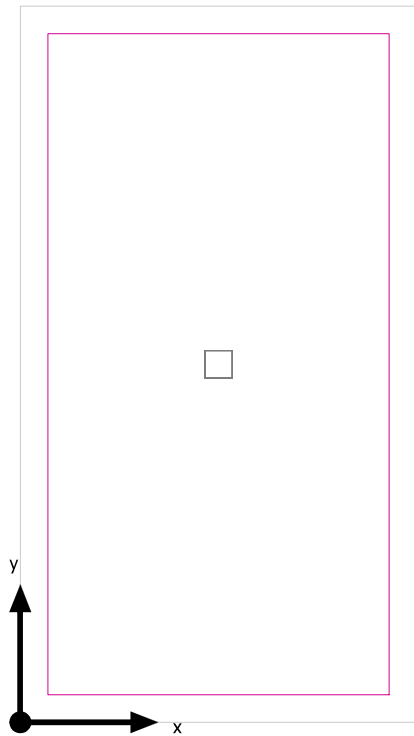


DIALux LED Panel Light LP24W 6000k

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	0.720	1.300	2.900	0.80



Plano útil (12. Almacén) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



Plano útil (12. Almacén): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 294 lx (Nominal: ≥ 100 lx), Min: 245 lx, Max: 328 lx, Mín./medio: 0.83, Mín./máx.: 0.75

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m

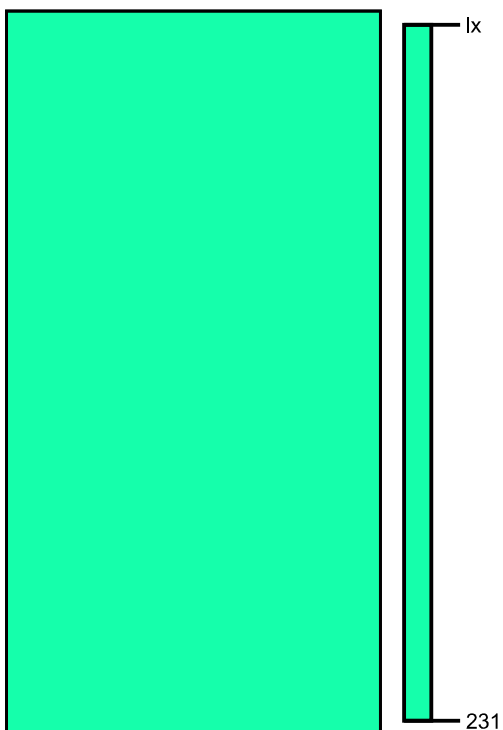


Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25

Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 25

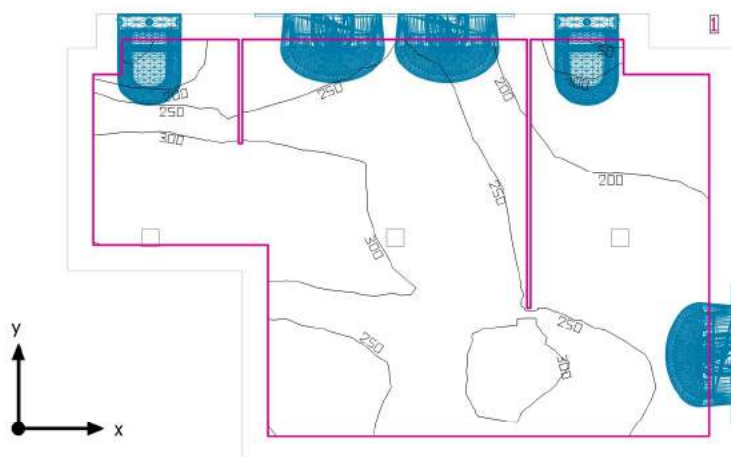


Sistema de valores [lx]

+266	+289	+282	+274
+282	+301	+312	+295
+303	+323	+325	+308
+320	<u>+326</u>	+324	+307
+311	+316	+317	+305
+277	+284	+289	+278
<u>+250</u>	+258	+258	<u>+250</u>

Escala: 1 : 25

13. Baño 1



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 73.1%, Paredes 85.0%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (13. Baño 1)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.150 m	254 (≥ 200)	45.5	348	0.18	0.13

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
3 DIALux - LED Panel Light LP24W 6000k	1749	24.0	72.9
Suma total de luminarias	5247	72.0	72.9

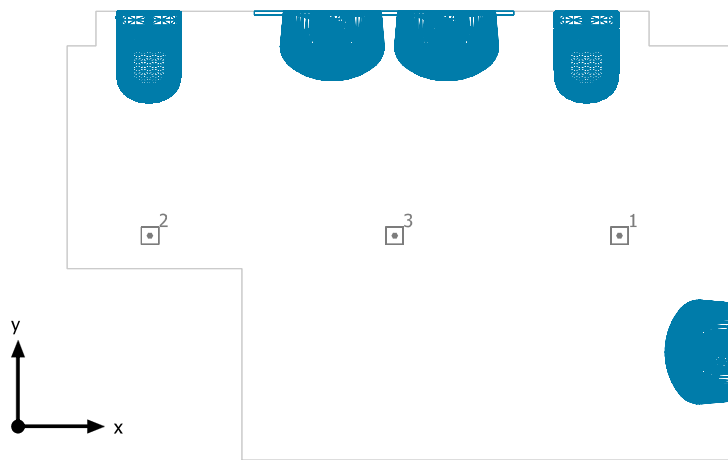
Potencia específica de conexión: 8.21 W/m² (Superficie de planta de la estancia 8.77 m²),
 Potencia específica de conexión: 10.47 W/m² = 4.12 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 6.88 m²)

Consumo: 15 kWh/a de un máximo de 350 kWh/a

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



13. Baño 1



DIALux LED Panel Light LP24W 6000k

Nº	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	3.479	1.103	2.800	0.80
2	0.763	1.103	2.800	0.80
3	2.179	1.103	2.800	0.80



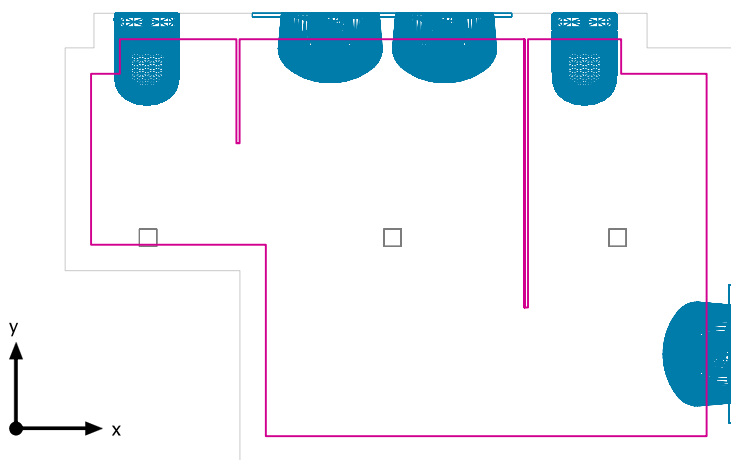
13. Baño 1

Baño 1





Plano útil (13. Baño 1) / Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente)



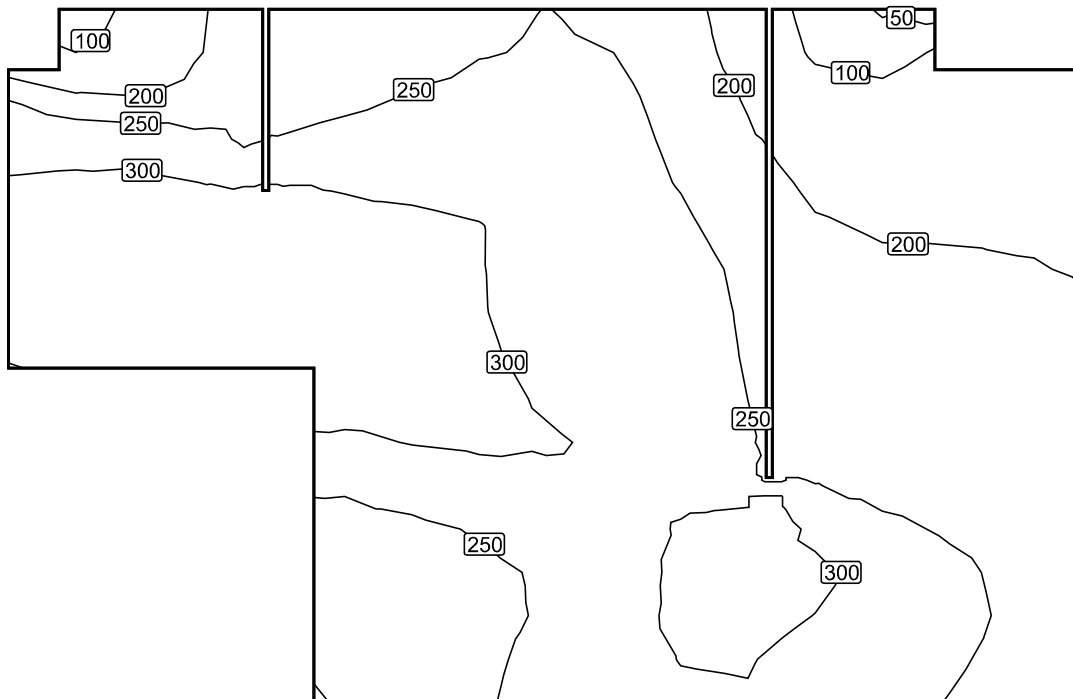
Plano útil (13. Baño 1): Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 254 lx (Nominal: ≥ 200 lx), Min: 45.5 lx, Max: 348 lx, Mín./medio: 0.18, Mín./máx.: 0.13

Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.150 m

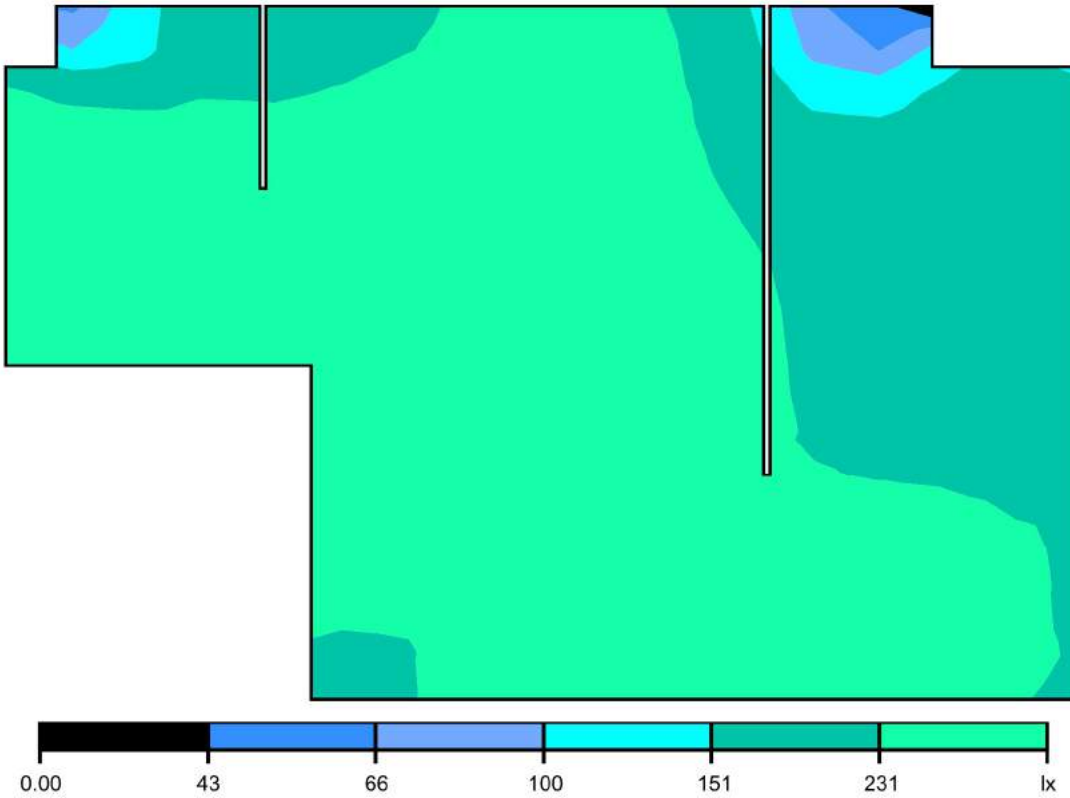
Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25

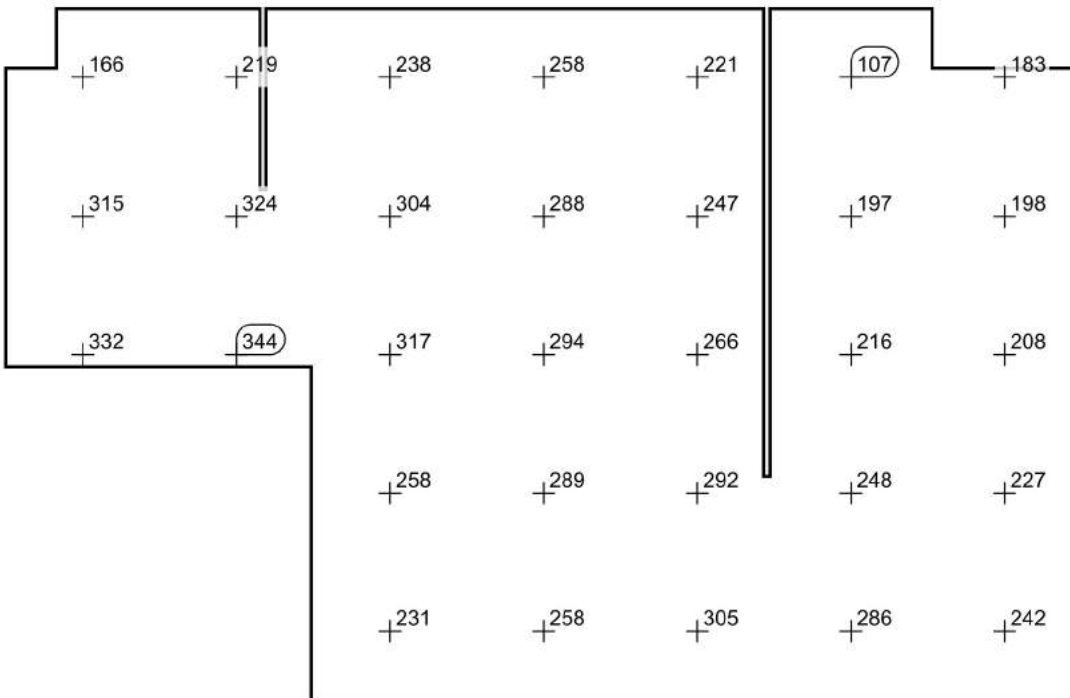


Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 25

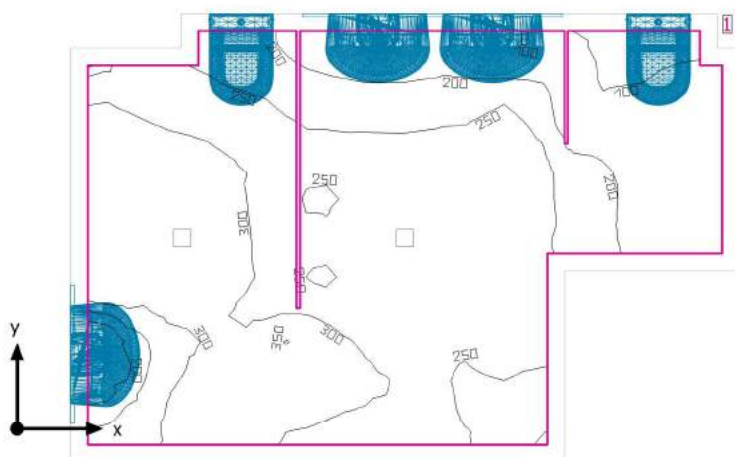
Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 25



14. Baño 2



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 81.2%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (14. Baño 2)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	251 (≥ 200)	91.2	351	0.36	0.26

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
2 DIALux - LED Panel Light LP24W 6000k	1749	24.0	72.9
Suma total de luminarias	3498	48.0	72.9

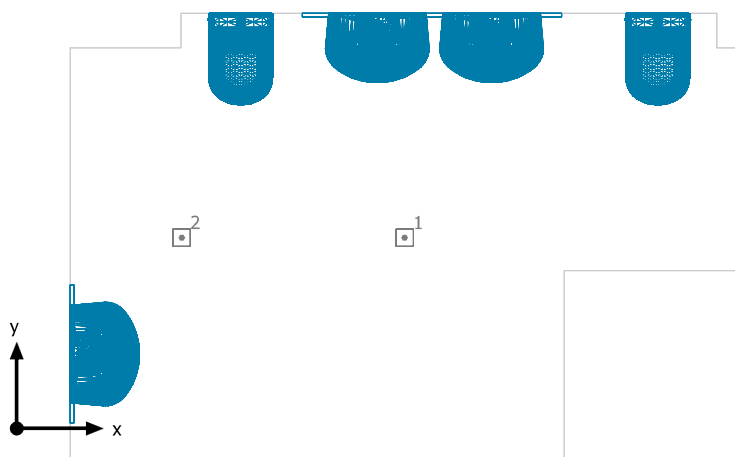
Potencia específica de conexión: 5.48 W/m² (Superficie de planta de la estancia 8.76 m²),
 Potencia específica de conexión: 6.43 W/m² = 2.56 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 7.46 m²)

Consumo: 8 kWh/a de un máximo de 350 kWh/a

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



14. Baño 2



DIALux LED Panel Light LP24W 6000k

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	2.243	1.103	2.900	0.80
2	0.954	1.103	2.900	0.80



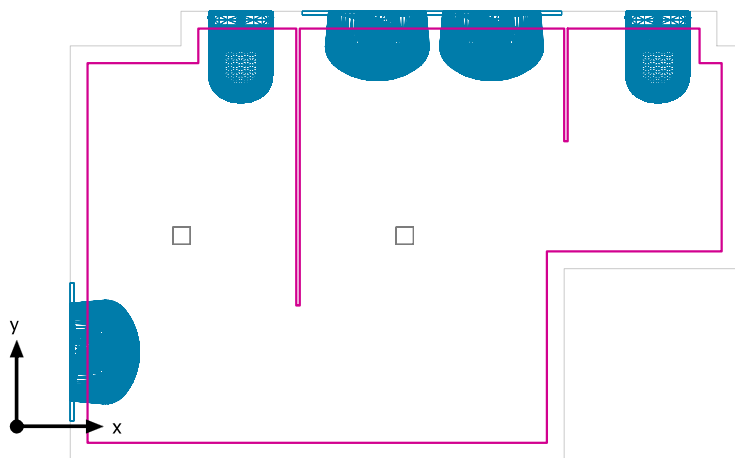
14. Baño 2

Baño 2





Plano útil (14. Baño 2) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



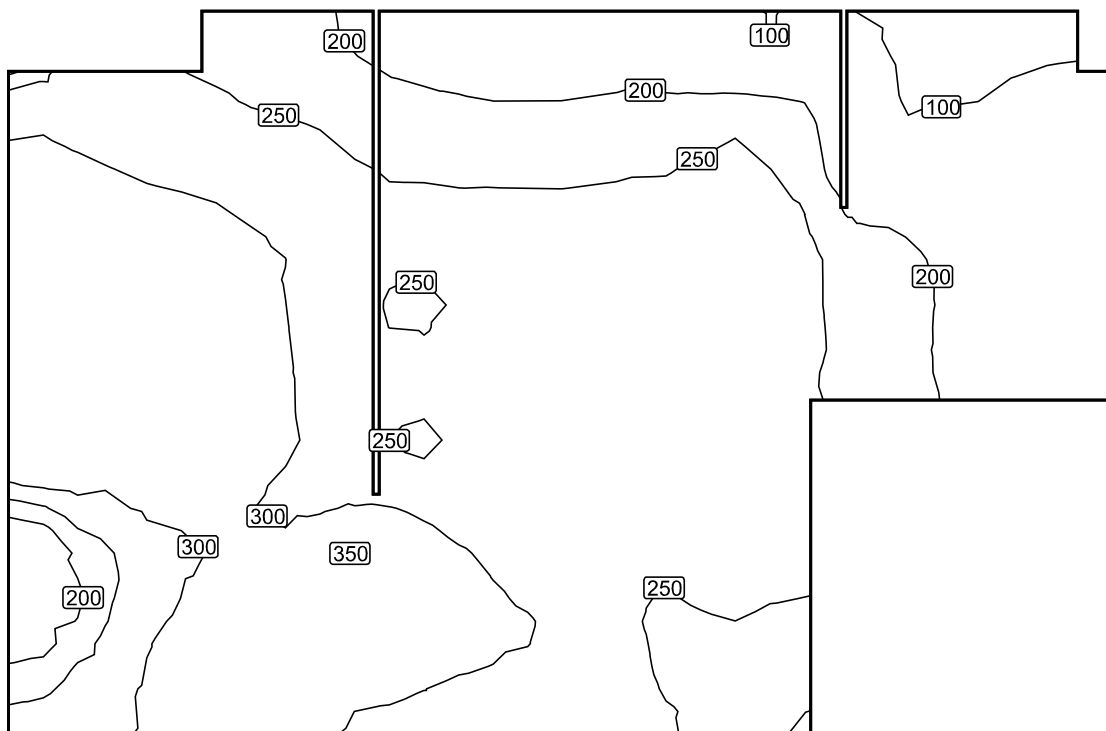
Plano útil (14. Baño 2): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 251 lx (Nominal: ≥ 200 lx), Min: 91.2 lx, Max: 351 lx, Mín./medio: 0.36, Mín./máx.: 0.26

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m

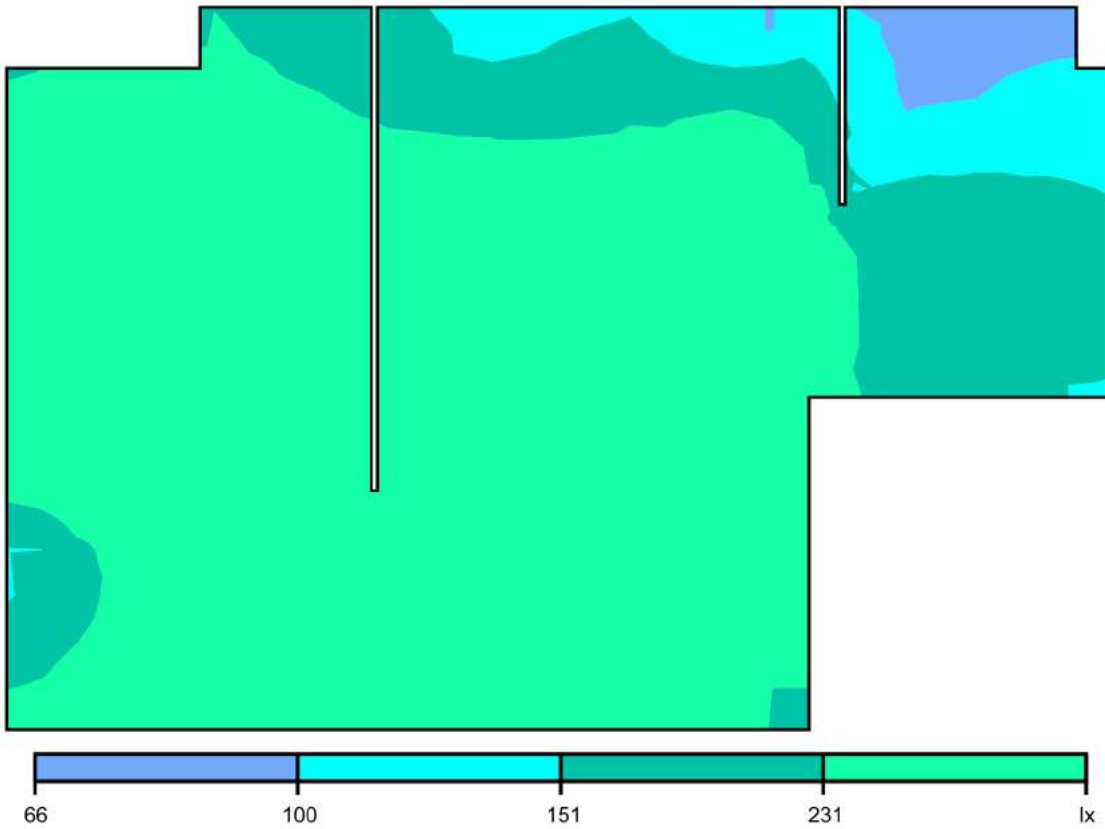
Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25

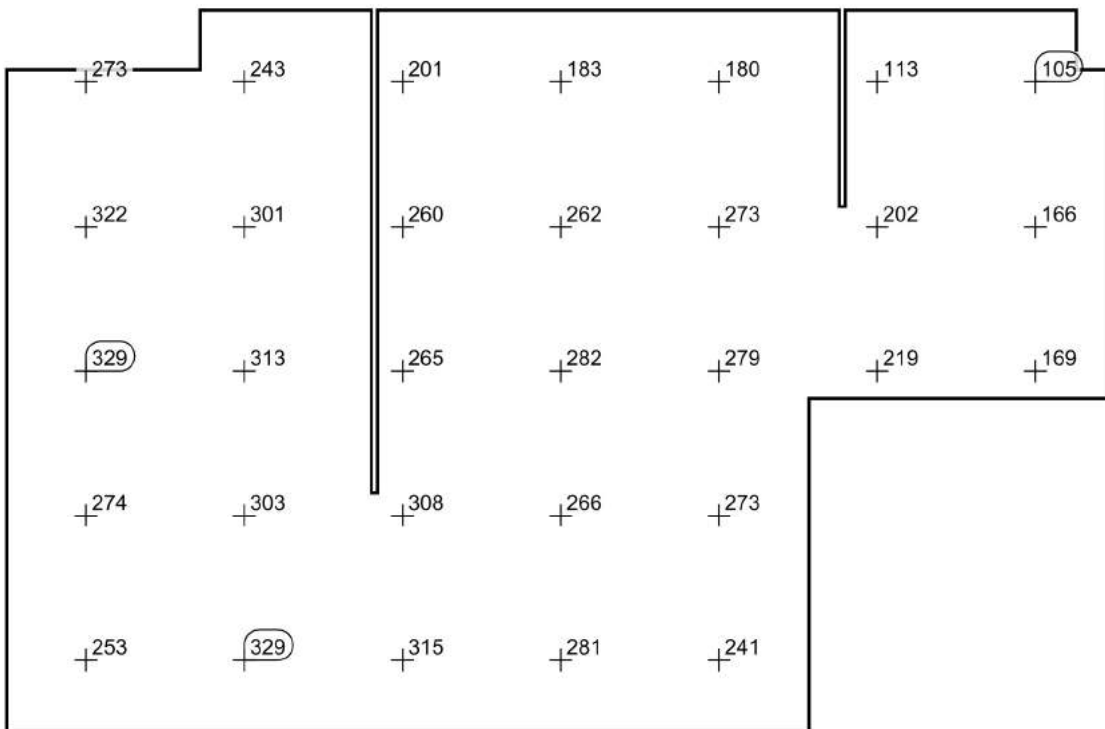


Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 25

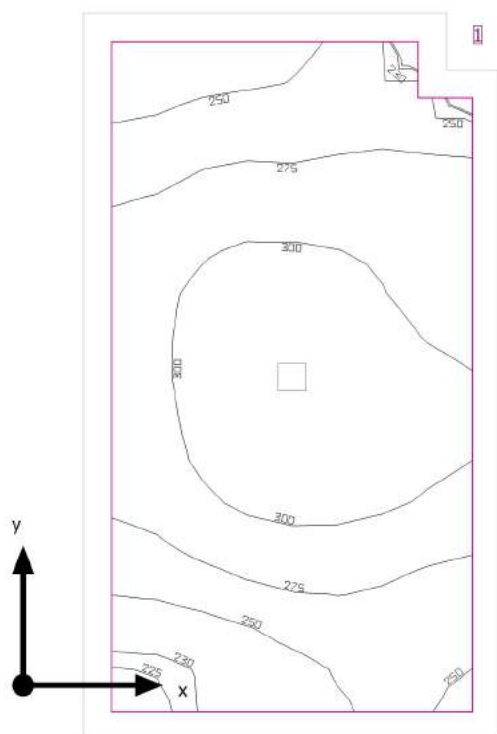
Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 25



15. Limpieza



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 84.4%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (15. Limpieza)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	281 (≥ 100)	222	323	0.79	0.69

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
1 DIALux - LED Panel Light LP24W 6000k	1749	24.0	72.9
Suma total de luminarias	1749	24.0	72.9

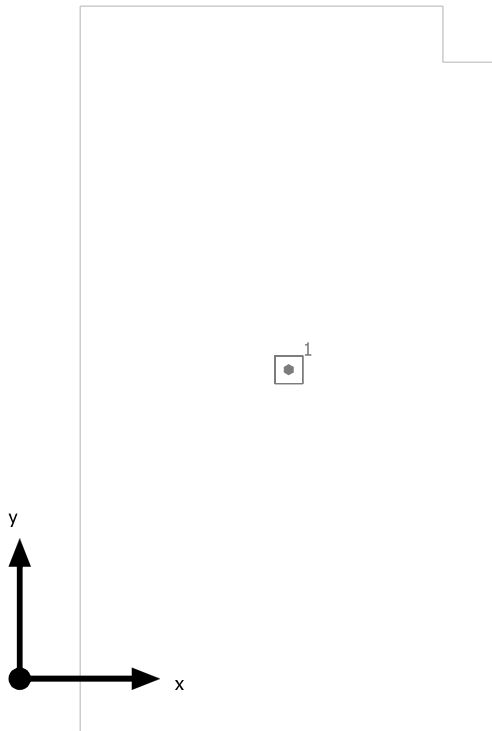
Potencia específica de conexión: 6.28 W/m² (Superficie de planta de la estancia 3.82 m²),
 Potencia específica de conexión: 7.88 W/m² = 2.80 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 3.04 m²)

Consumo: 1 kWh/a de un máximo de 150 kWh/a

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



15. Limpieza

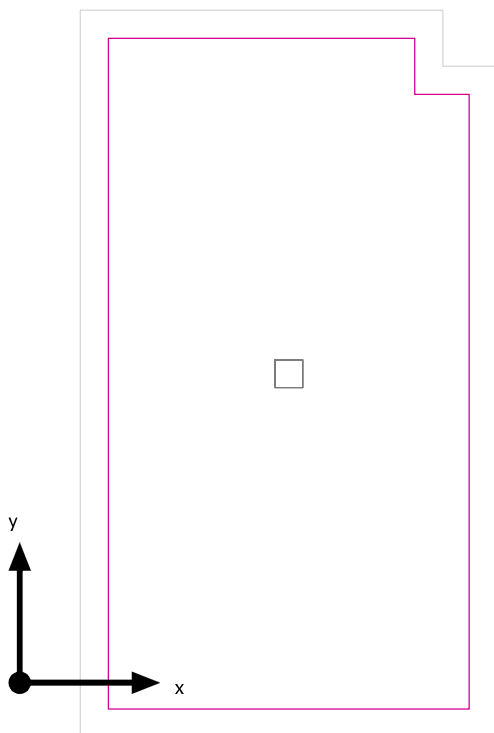


DIALux LED Panel Light LP24W 6000k

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	0.960	1.103	2.900	0.80



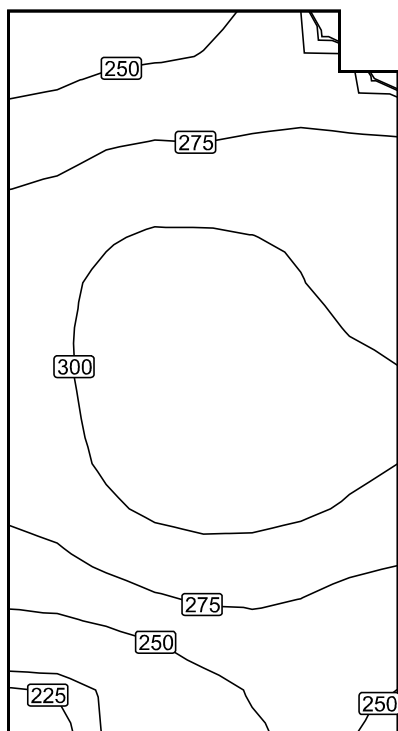
Plano útil (15. Limpieza) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



Plano útil (15. Limpieza): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)
Escena de luz: Escena de luz 1
Media: 281 lx (Nominal: ≥ 100 lx), Min: 222 lx, Max: 323 lx, Mín./medio: 0.79, Mín./máx.: 0.69
Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m

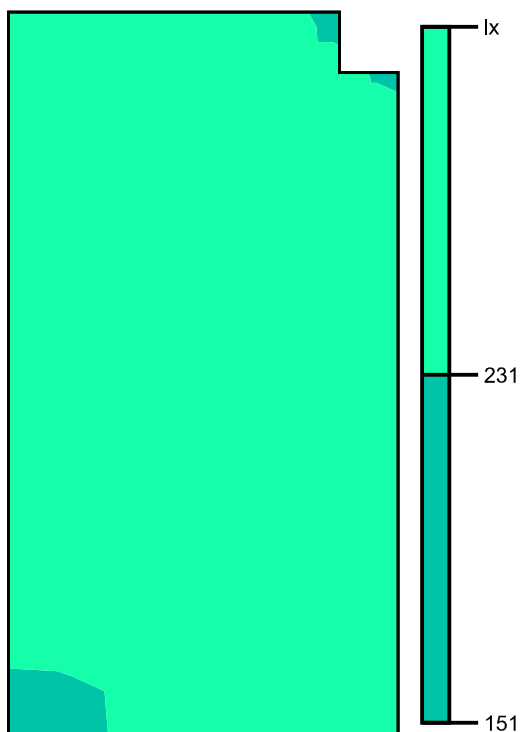


Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25

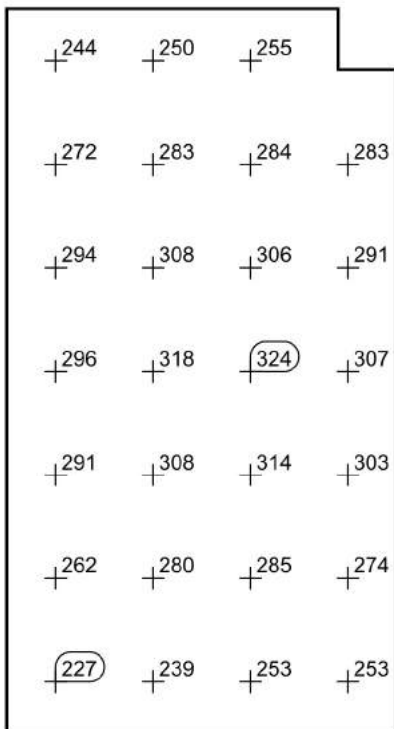
Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 25



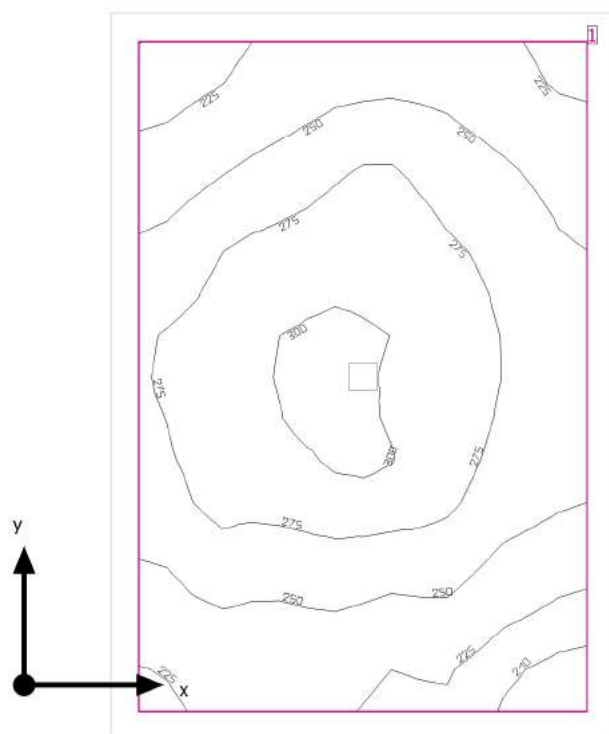
Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 25



16. Mantenimiento



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 86.0%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (16. Mantenimiento)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	261 (≥ 100)	203	307	0.78	0.66

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
1 DIALux - LED Panel Light LP24W 6000k	1749	24.0	72.9
Suma total de luminarias	1749	24.0	72.9

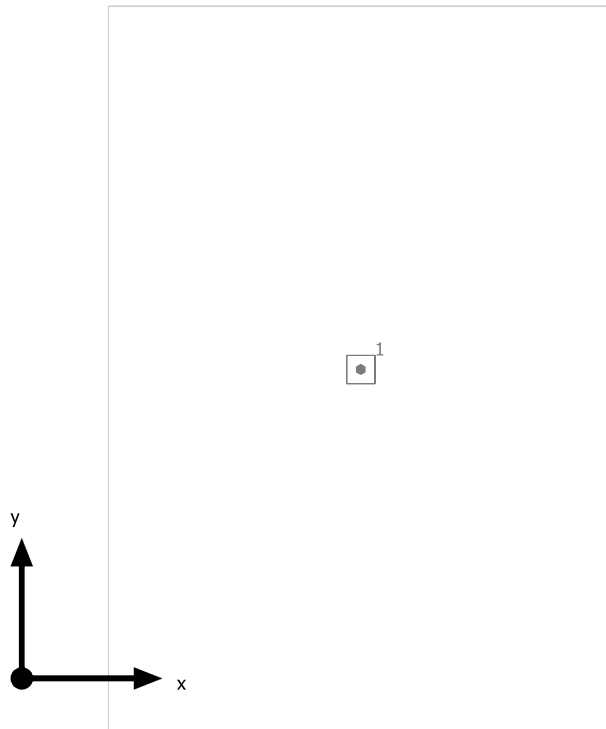
Potencia específica de conexión: 5.14 W/m² (Superficie de planta de la estancia 4.67 m²),
 Potencia específica de conexión: 6.27 W/m² = 2.40 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 3.83 m²)

Consumo: 1 kWh/a de un máximo de 200 kWh/a

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



16. Mantenimiento

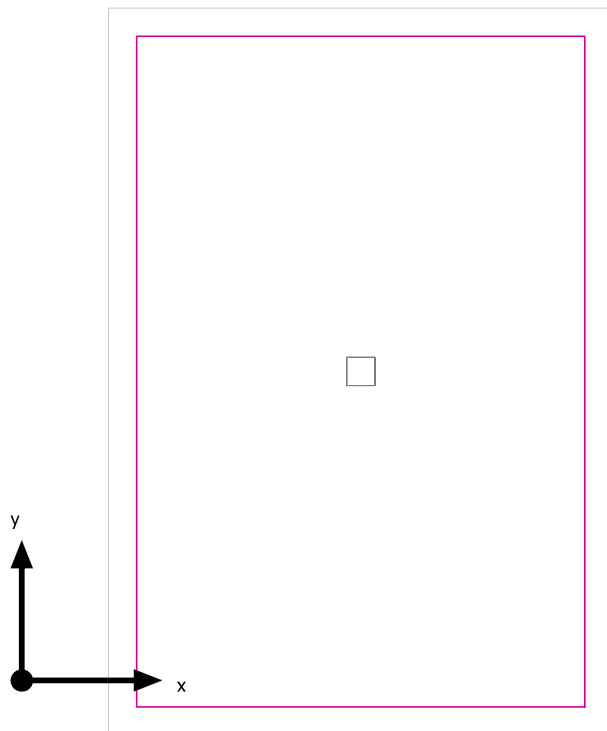


DIALux LED Panel Light LP24W 6000k

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	1.210	1.103	2.900	0.80



Plano útil (16. Mantenimiento) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



Plano útil (16. Mantenimiento): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

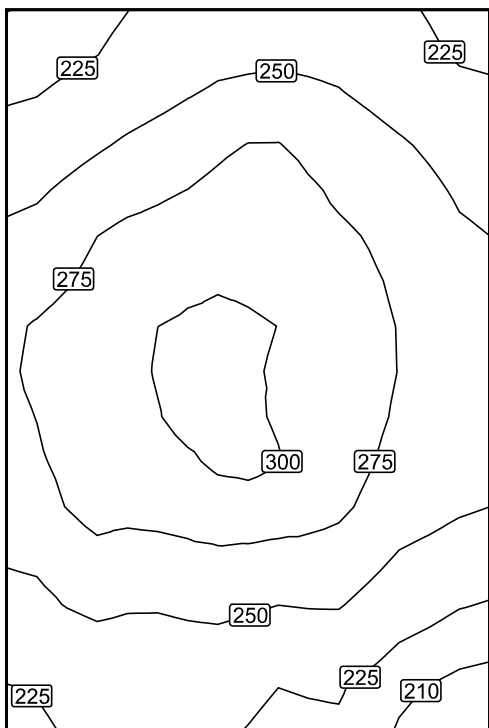
Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 261 lx (Nominal: ≥ 100 lx), Min: 203 lx, Max: 307 lx, Mín./medio: 0.78, Mín./máx.: 0.66

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m

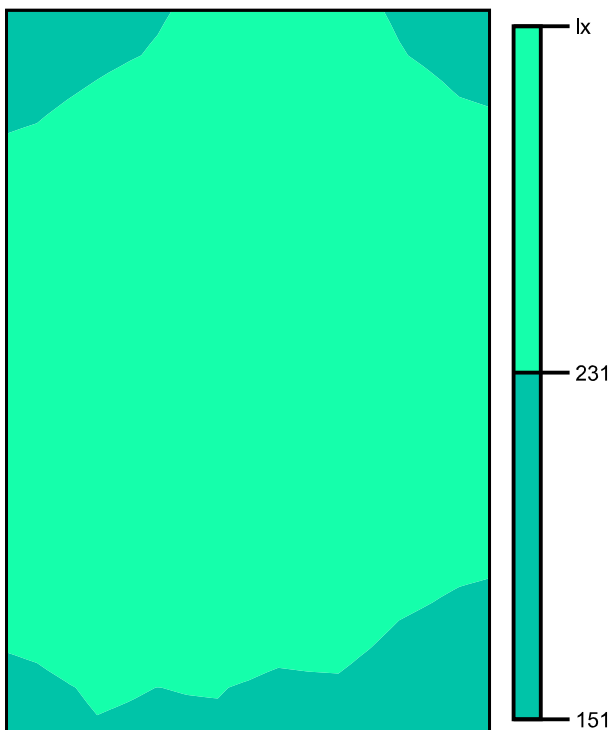


Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25

Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 25



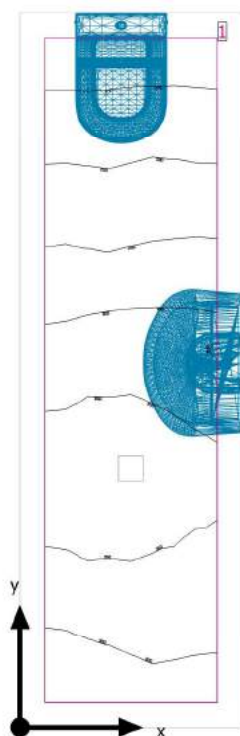
Sistema de valores [lx]

+220	+234	+247	+244	+227
+245	+263	+282	+265	+247
+268	+290	+297	+281	+261
+281	+300	+301	+287	+266
+275	+288	(302)	+282	+259
+256	+260	+262	+258	+236
+230	+233	+231	+227	(209)

Escala: 1 : 25



17. Baño Damas



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 75.8%, Suelo 20.0%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (17. Baño Damas)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 1.100 m, Zona marginal: 0.100 m	285 (≥ 200)	168	372	0.59	0.45

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
1 DIALux - LED Panel Light LP24W 6000k	1749	24.0	72.9
Suma total de luminarias	1749	24.0	72.9

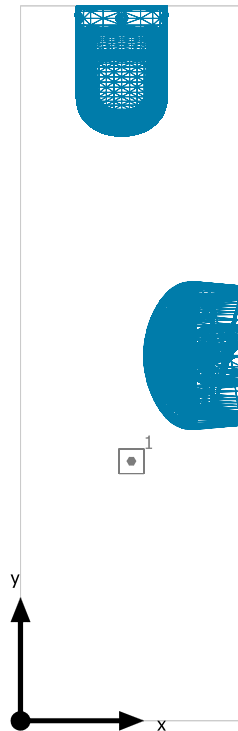
Potencia específica de conexión: 9.20 W/m² (Superficie de planta de la estancia 2.61 m²),
 Potencia específica de conexión: 12.70 W/m² = 4.45 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 1.89 m²)

Consumo: 2 - 4 kWh/a de un máximo de 100 kWh/a

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



17. Baño Damas



DIALux LED Panel Light LP24W 6000k

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	0.450	1.053	2.900	0.80



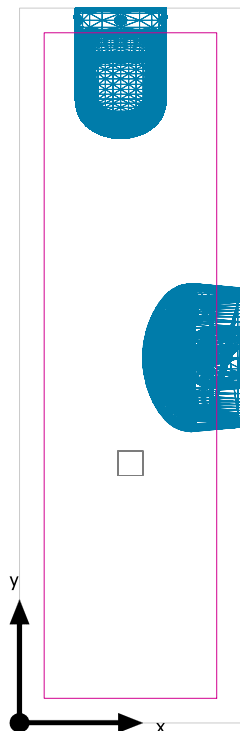
17. Baño Damas

Baño Damas





Plano útil (17. Baño Damas) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



Plano útil (17. Baño Damas): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

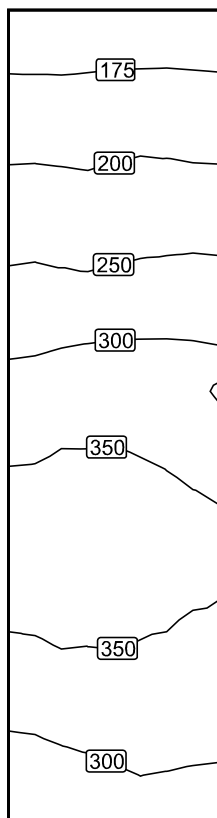
Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 285 lx (Nominal: ≥ 200 lx), Min: 168 lx, Max: 372 lx, Mín./medio: 0.59, Mín./máx.: 0.45

Altura: 1.100 m, Zona marginal: 0.100 m

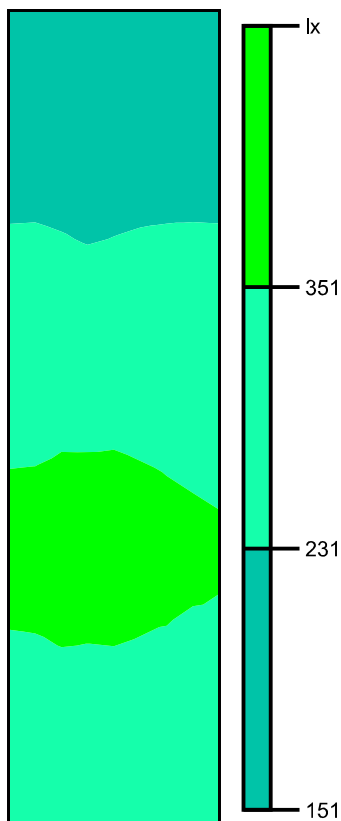


Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25

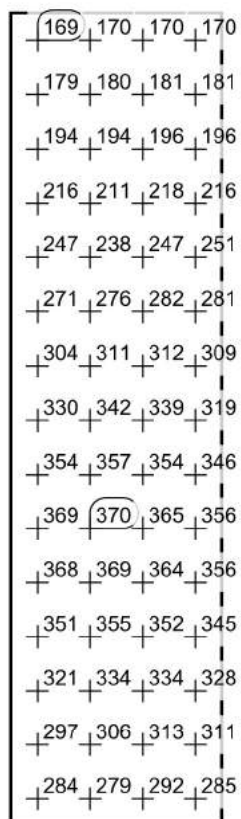
Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 25

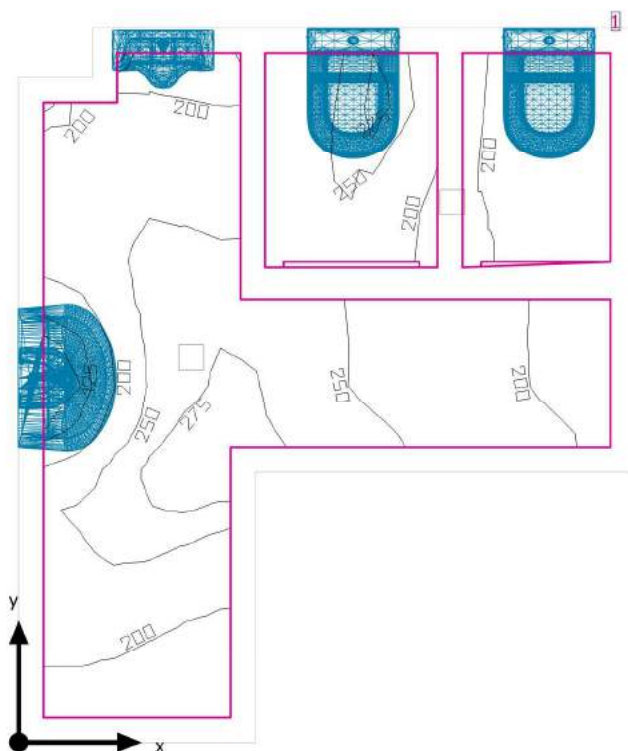


Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 25

18. Baño Caballeros



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 74.4%, Suelo 42.4%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (18. Baño Caballeros)	Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m	225 (≥ 200)	118	287	0.52	0.41

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
2 DIALux - LED Panel Light LP24W 6000k	1749	24.0	72.9
Suma total de luminarias	3498	48.0	72.9

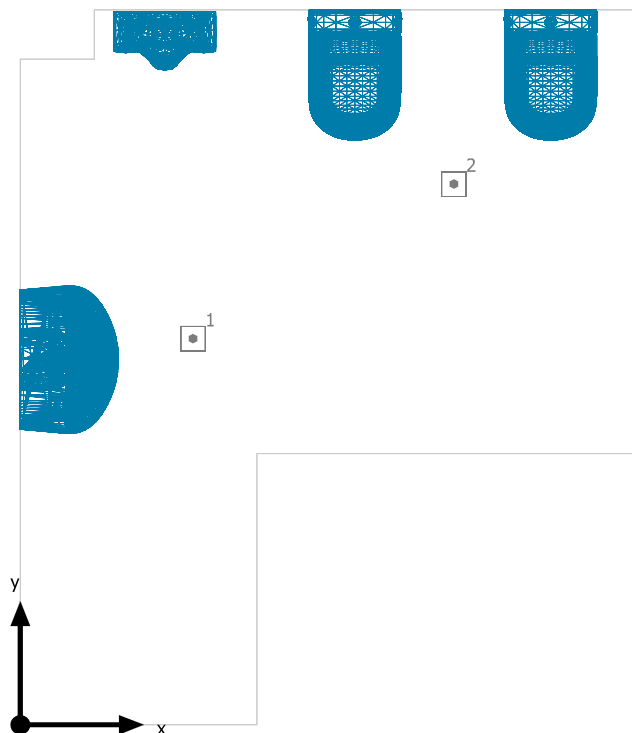
Potencia específica de conexión: 8.73 W/m² (Superficie de planta de la estancia 5.50 m²),
 Potencia específica de conexión: 11.76 W/m² = 5.23 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 4.08 m²)

Consumo: 5 - 8 kWh/a de un máximo de 200 kWh/a

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



18. Baño Caballeros



DIALux LED Panel Light LP24W 6000k

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	0.700	1.566	2.900	0.80
2	1.759	2.194	2.900	0.80



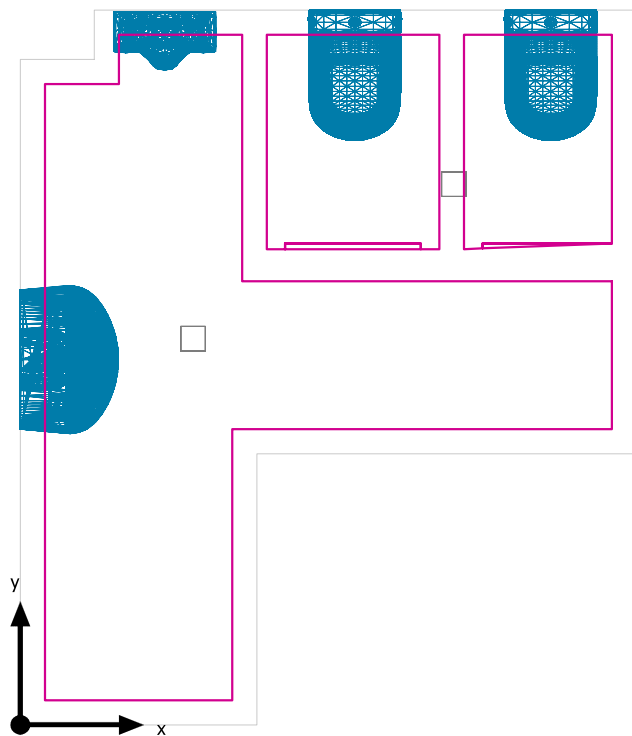
18. Baño Caballeros

Baño Caballeros





Plano útil (18. Baño Caballeros) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



Plano útil (18. Baño Caballeros): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

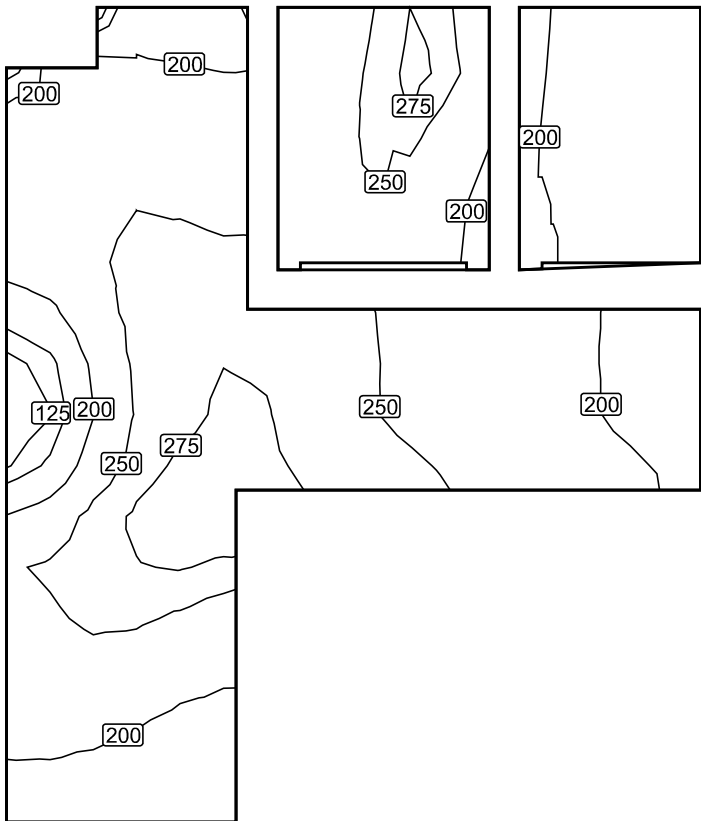
Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 225 lx (Nominal: ≥ 200 lx), Min: 118 lx, Max: 287 lx, Mín./medio: 0.52, Mín./máx.: 0.41

Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.100 m

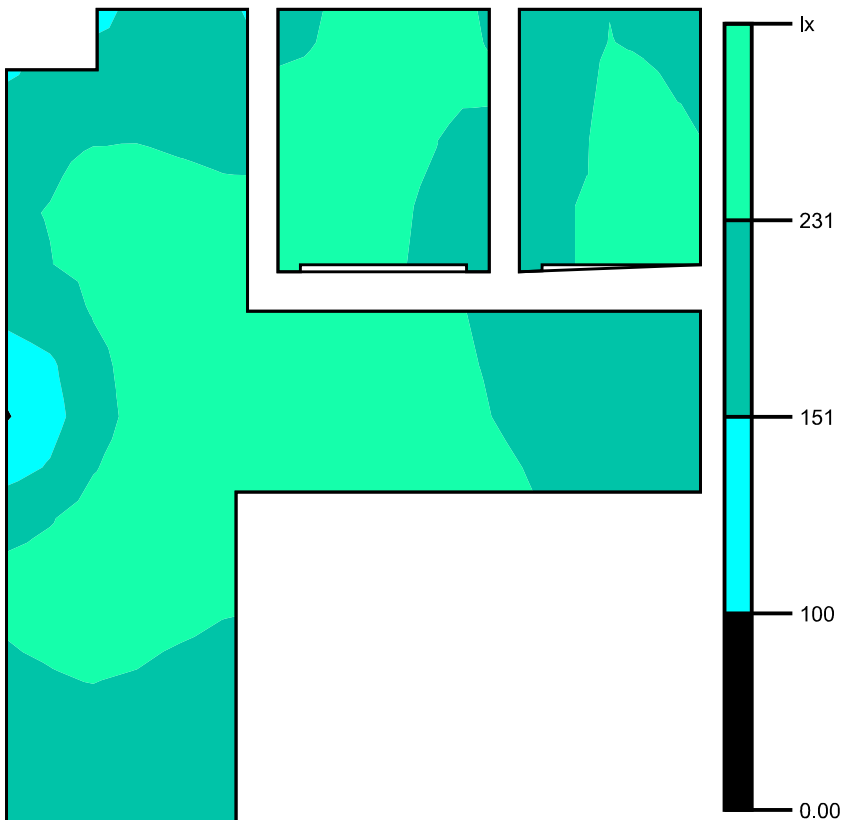


Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25

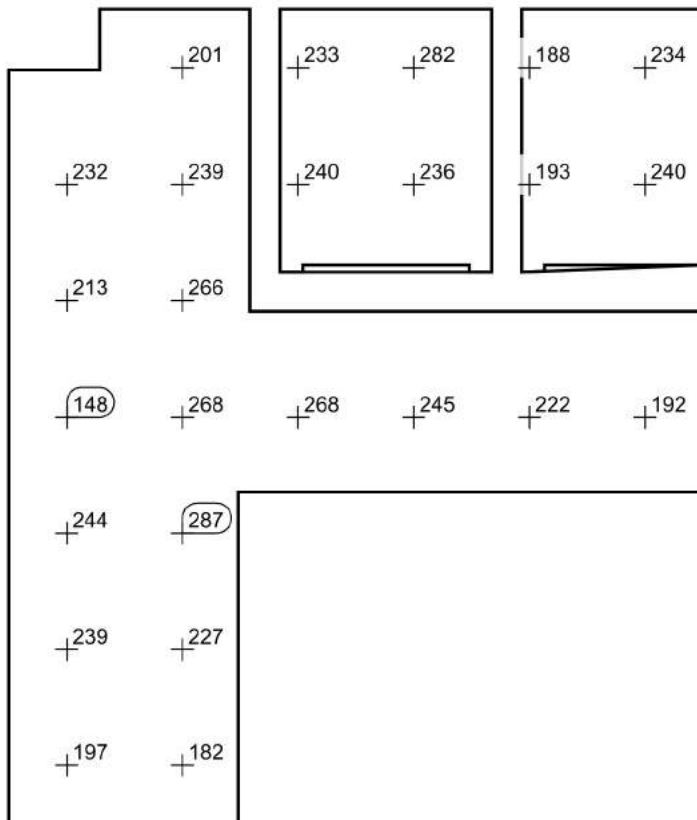
Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 25



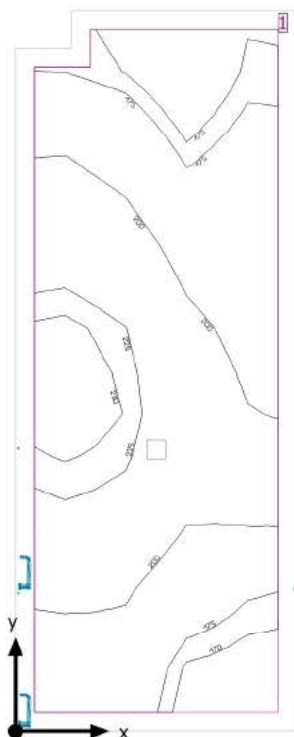
Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 25



19. Entrada



Altura interior del local: 2.800 m, Grado de reflexión: Techo 86.0%, Paredes 47.4%, Suelo 45.8%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (19. Entrada)	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.100 m	197 (≥ 100)	161	232	0.82	0.69

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
1 DIALux - LED Panel Light LP24W 6000k	1749	24.0	72.9
Suma total de luminarias	1749	24.0	72.9

Potencia específica de conexión: 4.20 W/m² (Superficie de planta de la estancia 5.71 m²),
 Potencia específica de conexión: 5.12 W/m² = 2.60 W/m²/100 lx (Superficie del plano útil 4.68 m²)

Consumo: 17 - 26 kWh/a de un máximo de 250 kWh/a

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



19. Entrada



DIALux LED Panel Light LP24W 6000k

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	0.750	1.507	2.800	0.80



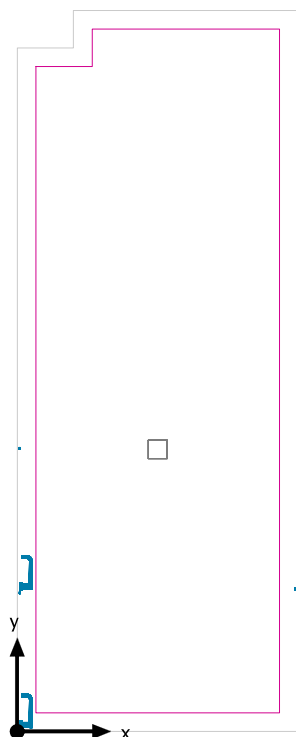
19. Entrada

19. Entrada





Plano útil (19. Entrada) / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



Plano útil (19. Entrada): Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

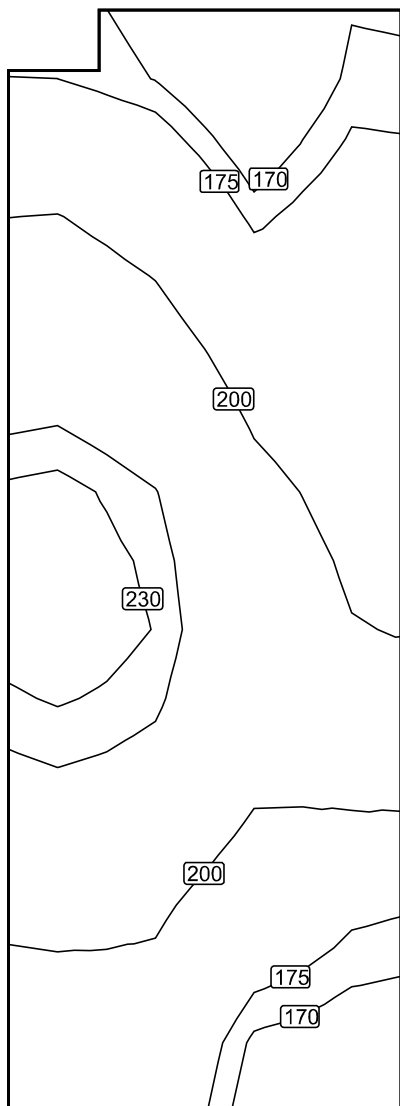
Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 197 lx (Nominal: ≥ 100 lx), Min: 161 lx, Max: 232 lx, Mín./medio: 0.82, Mín./máx.: 0.69

Altura: 0.000 m, Zona marginal: 0.100 m



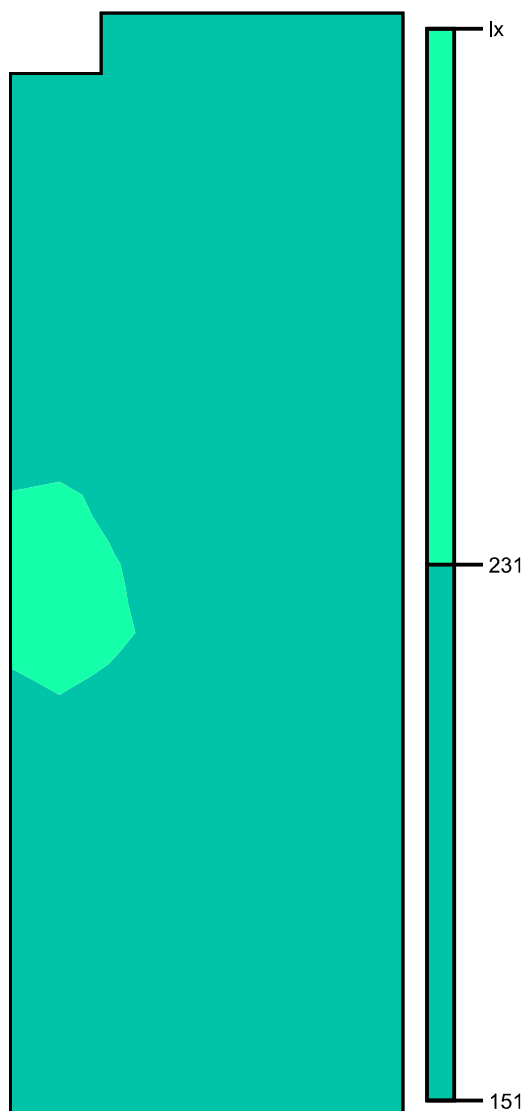
Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 25



Colores falsos [lx]



Escala: 1 : 25



Sistema de valores [lx]

	+170	+163	+161	+171
+184	+179	+170	+166	+175
+198	+193	+181	+175	+181
+208	+203	+192	+182	+182
+217	+213	+202	+190	+183
+227	+222	+211	+197	+189
+233	+229	+217	+204	+195
+234	+231	+220	+207	+199
+231	+229	+219	+207	+203
+226	+224	+215	+205	+208
+217	+215	+205	+196	+195
+205	+204	+194	+182	+176
+193	+194	+185	+173	+169
+184	+186	+177	+166	+163

Escala: 1 : 25