



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Metodología para el diseño de iluminación de interiores de  
centros docentes utilizando la herramienta DIALux evo**

Tesis para optar el Título de  
Ingeniero Mecánico - Eléctrico

**Diego Eduardo Mechan Casiano**

**Asesor(es):  
Mgtr. José Hugo Fiestas Chevez**

**Piura, marzo de 2023**

NOMBRE DEL TRABAJO

**Tesis Diego Mechan - V. Final.pdf**

AUTOR

**Diego Mechan**

RECUENTO DE PALABRAS

**24398 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**140183 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**236 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**13.2MB**

FECHA DE ENTREGA

**Dec 6, 2022 7:20 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Dec 6, 2022 7:23 PM GMT-5****● 13% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 11% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mi mamá Ismelda, por todo su apoyo y cariño durante el desarrollo de mi carrera universitaria

A mi papá por sus consejos, a mi hermano Anthony y a mi tía Sonia por todo su apoyo.

A mi abuela Rosa y a mi abuelo Julio en el cielo.





## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por hacer esto posible.

A mi asesor, Mgtr. Hugo Fiestas, por su ayuda en la elaboración de esta tesis.

A mi Universidad, por toda la ayuda brindada y permitirme estudiar mi carrera universitaria.





## Resumen

El objetivo de este trabajo de investigación fue elaborar una metodología para el diseño de un sistema de iluminación de interiores en centros docentes. Esto para lograr un procedimiento completo y eficiente que nos permitirá ahorrar tiempo porque se realiza un menor número de iteraciones para obtener una iluminación óptima.

Para ello se revisó la norma peruana EM.010 “Instalaciones eléctricas interiores” del Reglamento Nacional de Edificaciones; esto con el fin de establecer los requisitos de iluminación como la Iluminación mantenida media, uniformidad de iluminancia, índice de deslumbramiento e índice de reproducción cromática. Además, se complementó con otras normativas como la normativa española indicada en la Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación – Centros Docentes; de ésta se extrajo la forma de elección de la temperatura de color según el tipo de actividad para el cual esté enfocado el ambiente y el valor de eficiencia energética en iluminación, índice que señala qué tan eficiente es un ambiente desde el punto de vista de iluminación. Finalmente se extrajo la forma de elección del tipo de lámpara y el tipo de luminarias óptimas para cada ambiente.

También, en este trabajo de investigación se usó la norma colombiana Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público dada por el RETILAP; de dónde se extrajo el análisis que se enfoca en las áreas de trabajo y en los requerimientos sobre la iluminación de espacio interior, donde se incluye el parámetro de iluminación cilíndrica media.

Finalmente; esta metodología se aplicó a un caso concreto. Una institución educativa de nivel inicial y primaria para lo cual se realizaron simulaciones en DIALux evo.



## Tabla de contenido

<b>Introducción</b> .....	<b>25</b>
<b>Capítulo 1</b> .....	<b>27</b>
<b>Marco teórico</b> .....	<b>27</b>
1.1 La visión humana .....	27
1.1.1 <i>El ojo humano</i> .....	27
1.1.2 <i>El cerebro</i> .....	30
1.1.3 <i>Luz y color</i> .....	31
1.2 Unidades fotométricas.....	33
1.2.1 <i>Flujo luminoso</i> .....	33
1.2.2 <i>Intensidad luminosa</i> .....	34
1.2.3 <i>Iluminancia</i> .....	35
1.2.4 <i>Uniformidad de iluminancia</i> .....	37
1.2.5 <i>Índice de deslumbramiento</i> .....	38
1.2.6 <i>Temperatura de color</i> .....	39
1.2.7 <i>Índice de reproducción cromática</i> .....	40
1.2.8 <i>Iluminancia cilíndrica media</i> .....	41
1.3 Fuentes de luz .....	42
1.3.1 <i>Lámpara</i> .....	42
1.3.2 <i>Tipos de lámparas</i> .....	42
1.3.3 <i>Luminarias</i> .....	46
1.4 Diodo emisor de luz (LED) .....	49
1.4.1 <i>Introducción al LED</i> .....	49
1.4.2 <i>Estructura y funcionamiento</i> .....	50

1.4.3 Usos del LED.....	51
<b>Capítulo 2.....</b>	<b>55</b>
<b>Normas sobre iluminación .....</b>	<b>55</b>
2.1 Norma nacional.....	55
2.2 Normas internacionales .....	56
2.2.1 Norma de España.....	57
2.2.2 Norma en Colombia .....	59
2.3 Cuadro comparativo .....	60
<b>Capítulo 3.....</b>	<b>63</b>
<b>Software DIALux evo .....</b>	<b>63</b>
3.1 Origen.....	63
3.2 Funcionamiento .....	63
3.3 Usos y ventajas.....	65
3.4 Uso de DIALux evo .....	66
<b>Capítulo 4.....</b>	<b>71</b>
<b>Desarrollo de la metodología para iluminación de interiores.....</b>	<b>71</b>
4.1 Inspección de planos.....	72
4.2 Clasificación de ambientes.....	73
4.3 Revisión de normativa para establecer parámetros .....	73
4.3.1 Normativa en Perú.....	73
4.3.2 Normas en España .....	75
4.3.3 Normas de Colombia.....	77
4.4 Selección de luminarias .....	80
4.4.1 Tipo de luminaria .....	80
4.4.2 Sistema de montaje o instalación .....	80
4.5 Selección de lámpara .....	81
4.5.1 Selección por tipo de montaje.....	82
4.5.2 Selección por índice de reproducción cromática.....	82
4.5.3 Selección por temperatura de color .....	82

4.6 Desarrollo del modelo en DIALux evo.....	82
4.6.1 Edificio.....	82
4.6.2 Sala.....	84
4.6.3 Planta.....	85
4.7 Simulación en DIALux evo.....	89
4.7.1 Asignación de parámetros.....	89
4.7.2 Objetos de cálculos.....	90
4.7.3 Cantidad de luminarias.....	95
4.8 Evaluación de resultados en DIALux evo.....	97
<b>Capítulo 5.....</b>	<b>99</b>
<b>Caso de aplicación, Institución educativa.....</b>	<b>99</b>
5.1 Inspección de planos.....	100
5.2 Clasificación de ambientes.....	101
5.3 Revisión de normativa para establecer parámetros.....	102
5.3.1 Normativa en Perú.....	102
5.3.2 Normativa de España.....	103
5.3.3 Normas en Colombia.....	104
5.4 Selección de luminarias.....	106
5.4.1 Tipo de luminarias.....	106
5.5 Selección de lámparas.....	107
5.5.1 Selección por tipo de montaje.....	107
5.5.2 Selección por índice de reproducción cromática.....	108
5.5.3 Selección por temperatura de color.....	109
5.5.4 Tabla resumen – Selección de lámparas.....	111
5.6 Desarrollo del modelo en DIALux evo.....	112
5.6.1 Edificio 1 – Desarrollo del modelo en DIALux evo.....	112
5.6.2 Edificio 2 - Desarrollo del modelo en DIALux evo.....	115
5.6.3 Edificio 3 - Desarrollo del modelo en DIALux evo.....	121
5.7 Objetos de cálculo.....	125

5.7.1 Edificio 1 – Objetos de cálculo .....	125
5.7.2 Edificio 2 – Objetos de cálculo .....	136
5.7.3 Edificio 3 – Objetos de cálculo .....	157
5.8 Cantidad de luminarias .....	169
5.9 Cálculo del proyecto y evaluación de resultados .....	170
5.9.1 Edificio 1 – Cálculo del proyecto y evaluación de resultados.....	172
5.9.2 Edificio 2 - Cálculo del proyecto y evaluación de resultados .....	175
5.9.3 Edificio 3 - Cálculo del proyecto y evaluación de resultados .....	181
<b>Conclusiones .....</b>	<b>185</b>
<b>Referencias bibliográficas .....</b>	<b>187</b>
<b>Apéndices .....</b>	<b>189</b>
APÉNDICE A. Memoria de cálculo para hallar cantidad de luminarias por ambiente.....	191
APÉNDICE B. Valores de cálculos de iluminación en Aula inicial .....	192
APÉNDICE C. Valores de cálculos de iluminación en Deposito .....	197
APÉNDICE D. Valores de cálculos de iluminación en Almacén .....	200
APÉNDICE E. Valores de cálculos de iluminación en Cocina.....	203
APÉNDICE F. Valores de cálculos de iluminación en Despensa .....	206
APÉNDICE G. Valores de cálculos de iluminación en Psicomotricidad .....	209
APÉNDICE H. Valores de cálculos de iluminación en Sala de archivos .....	214
APÉNDICE I. Valores de cálculos de iluminación en Dirección .....	217
APÉNDICE J. Valores de cálculos de iluminación en Baño de maestros .....	221
APÉNDICE K. Valores de cálculos de iluminación en Cuarto de limpieza .....	224
APÉNDICE L. Valores de cálculos de iluminación en Baño niños .....	227
APÉNDICE M. Valores de cálculos de iluminación en Baño niñas .....	230
APÉNDICE N. Valores de cálculos de iluminación en Baño para discapacitados.....	233
<b>Anexos .....</b>	<b>237</b>
ANEXO A. Tabla fotométrica de luminaria PHILIPS 911401897380 .....	239
ANEXO B. Tabla fotométrica de luminaria PHILIPS 910925863791 .....	240
ANEXO C. Tabla fotométrica de luminaria PHILIPS 910925863832.....	241

ANEXO D. Tabla fotométrica de luminaria PHILIPS 910925868356 .....	242
<b>Planos .....</b>	<b>243</b>
PLANO 1. Plano primer piso – Institución educativa .....	245
PLANO 2. Plano segundo piso – Institución educativa .....	246
PLANO 3. Plano vista de perfil – Institución educativa.....	247





## Lista de tablas

Tabla 1. Valores de iluminancia para diferentes condiciones .....	36
Tabla 2. Criterio de deslumbramiento según su UGR.....	39
Tabla 3. Temperatura de color .....	39
Tabla 4. Parámetros, lámparas .....	46
Tabla 5. Clasificación por grado de protección contra el polvo (1 cifra) .....	47
Tabla 6. Clasificación por grado de protección contra el agua (2 cifra) .....	47
Tabla 7. Grado de protección IK .....	48
Tabla 8. Tipo de actividad, Norma EM.010.....	56
Tabla 9. Clasificación por tipo de actividad, Guía Técnica de Eficiencia Energética.....	57
Tabla 10. Clasificación por tipo de actividad, RETILAP .....	59
Tabla 11. Tabla comparativa de normas.....	60
Tabla 12. Requisitos DIALux evo .....	64
Tabla 13. Información de fabricante DIALux evo – Parte 1 .....	67
Tabla 14. Información de fabricante DIALux evo – Parte 2 .....	68
Tabla 15. Tabla de normativa EM.010 .....	74
Tabla 16. Valores de VEEL límite .....	76
Tabla 17. Valores de temperatura de color por ambiente .....	77
Tabla 18. Iluminancia en área circundante inmediata .....	78
Tabla 19. Iluminancia en el espacio interior .....	79

Tabla 20. Selección de luminaria .....	81
Tabla 21. Distribución de ambientes por edificios .....	100
Tabla 22. Características de cada ambiente .....	100
Tabla 23. Clasificación de ambientes .....	102
Tabla 24. Requisitos de iluminación .....	102
Tabla 25. Valor de eficiencia energética en iluminación .....	103
Tabla 26. Temperatura de color .....	104
Tabla 27. Áreas de trabajo .....	105
Tabla 28. Iluminancia en espacio interior .....	105
Tabla 29. Tipo de luminarias y montaje .....	106
Tabla 30. Tipo de montaje de lámparas .....	107
Tabla 31. Índice de producción cromática .....	108
Tabla 32. Temperatura de color .....	109
Tabla 33. Selección de lámparas .....	111
Tabla 34. Objetos de cálculo – Aula inicial .....	129
Tabla 35. Objetos de cálculo – Depósito .....	133
Tabla 36. Objetos de cálculo – Almacén .....	135
Tabla 37. Objetos de cálculo – Cocina .....	138
Tabla 38. Objetos de cálculo – Despensa .....	141
Tabla 39. Objetos de cálculo – Psicomotricidad .....	146
Tabla 40. Objetos de cálculo – Sala de archivos .....	149
Tabla 41. Objetos de cálculo – Dirección .....	154
Tabla 42. Objetos de cálculo – Baño de maestros .....	156
Tabla 43. Objetos de cálculo – Cuarto de limpieza .....	159
Tabla 44. Objetos de cálculo – Baño niños .....	162
Tabla 45. Objetos de cálculo – Baño niñas .....	165
Tabla 46. Objetos de cálculo – Baño para discapacitados .....	168
Tabla 47. Cantidad de luminarias en centro docente .....	169
Tabla 48. Requisitos de iluminación en centros docentes .....	170

Tabla 49. Temperatura de color en centro docente.....171





## Lista de figuras

Figura 1. Partes de la anatomía del ojo humano.....	28
Figura 2. Formación de imágenes en el ojo humano.....	28
Figura 3. Aparato de deslumbrado, sin deslumbramiento.....	29
Figura 4. Aparato de deslumbrado, con deslumbramiento.....	30
Figura 5. Representación de la corteza visual.....	31
Figura 6. Ejemplo de espectro.....	32
Figura 7. Espectro visible de luz.....	33
Figura 8. Flujo Luminoso.....	34
Figura 9. Curva de distribución de intensidad luminosa.....	35
Figura 10. Luxómetro.....	37
Figura 11. Uniformidad de luminancia.....	37
Figura 12. Temperatura de color.....	40
Figura 13. Índice de reproducción cromática.....	40
Figura 14. Cálculo de iluminancia cilíndrica media.....	41
Figura 15. Altura para análisis, iluminancia cilíndrica media.....	42
Figura 16. Espectro de lámpara incandescente.....	43
Figura 17. Espectro de lámpara de sodio.....	43
Figura 18. Espectro de lámpara de mercurio.....	44
Figura 19. Espectro de lámpara de sodio.....	45
Figura 20. Espectro de LED.....	45

Figura 21. Luminaria, alumbrado publico .....	49
Figura 22. Luminaria, tipo campana .....	49
Figura 23. Iluminación LED en Avenue of the Arts, Philadelphia, Pennsylvania .....	50
Figura 24. Símbolo del diodo .....	50
Figura 25. Unión de un diodo PN .....	51
Figura 26. Iluminación LED en parques.....	52
Figura 27. Iluminación LED en calles.....	52
Figura 28. Iluminación LED en la arquitectura.....	53
Figura 29. Iluminación LED en comercios.....	53
Figura 30. Método DIALux evo .....	64
Figura 31. Método de mallado adaptativo .....	65
Figura 32. Fabricante de luminarias DIALux evo en Perú – Parte 1.....	66
Figura 33. Fabricantes de luminarias DIALux evo en Perú – Parte 2.....	68
Figura 34. Diagrama de flujo del diseño de un sistema de iluminación .....	72
Figura 35. Herramienta Exportar planos a DIALux evo.....	73
Figura 36. Tipos de archivos que admite DIALux evo .....	73
Figura 37. Área de iluminancia .....	78
Figura 38. Herramienta Dibujar nuevo edificio .....	83
Figura 39. Ejemplo - Edificio.....	83
Figura 40. Herramienta Dibujar nueva sala .....	84
Figura 41. Ejemplo - Salas .....	85
Figura 42. Herramienta Nueva planta vacía .....	86
Figura 43. Ejemplo - Planta .....	86
Figura 44. Herramienta Abertura de edificio.....	87
Figura 45. Herramienta Muebles y objetos .....	88
Figura 46. Herramienta Materiales.....	89
Figura 47. Asignación de parámetros .....	90
Figura 48. Ejemplo - Área auxiliar .....	91
Figura 49. Ejemplo - Área auxiliar .....	92

Figura 50. Ejemplo - Área de trabajo .....	93
Figura 51. Ejemplo - Área de trabajo .....	93
Figura 52. Ejemplo - Punto de cálculo .....	94
Figura 53. Ejemplo - Punto de cálculo .....	95
Figura 54. Localización de la institución educativa, Caso de aplicación .....	99
Figura 55. Lámparas para proyecto .....	108
Figura 56. Modelo de Aula inicial.....	112
Figura 57. Modelo de Depósito de material educativo .....	113
Figura 58. Modelo de Almacén general.....	114
Figura 59. Modelo de Cocina .....	115
Figura 60. Modelo de Despensa .....	116
Figura 61. Modelo de Psicomotricidad .....	117
Figura 62. Modelo de Sala de archivos .....	118
Figura 63. Modelo de Dirección.....	119
Figura 64. Modelo de Baño de maestros.....	120
Figura 65. Modelo de Cuarto de limpieza.....	121
Figura 66. Modelo de Baño niños .....	122
Figura 67. Modelo Baño niñas .....	123
Figura 68. Modelo de Baño para discapacitados.....	124
Figura 69. Aula inicial – Áreas auxiliares.....	125
Figura 70. Aula inicial – Áreas para iluminancia .....	126
Figura 71. Aula inicial – Áreas de trabajo .....	127
Figura 72. Aula inicial – Puntos de cálculo.....	128
Figura 73. Depósito – Áreas auxiliares.....	130
Figura 74. Depósito – Áreas para iluminancia .....	131
Figura 75. Depósito– Puntos de cálculo.....	132
Figura 76. Almacén – Áreas auxiliares .....	133
Figura 77. Almacén – Áreas para iluminancia.....	134
Figura 78. Almacén – Puntos de cálculo .....	135

Figura 79. Cocina – Áreas auxiliares .....	136
Figura 80. Cocina – Áreas para iluminancia .....	137
Figura 81. Cocina – Puntos de cálculo .....	138
Figura 82. Despensa – Áreas auxiliares.....	139
Figura 83. Despensa – Áreas para iluminancia .....	140
Figura 84. Despensa – Puntos de cálculo.....	141
Figura 85. Psicomotricidad – Áreas auxiliares .....	142
Figura 86. Psicomotricidad – Áreas para iluminancia.....	143
Figura 87. Psicomotricidad – Áreas de trabajo.....	144
Figura 88. Psicomotricidad – Puntos de cálculo .....	145
Figura 89. Sala de archivos – Áreas auxiliares .....	147
Figura 90. Sala de archivos – Áreas para iluminancia.....	148
Figura 91. Sala de archivos – Puntos de cálculo .....	149
Figura 92. Dirección – Áreas auxiliares .....	150
Figura 93. Dirección – Áreas para iluminancia .....	151
Figura 94. Dirección – Áreas de trabajo.....	152
Figura 95. Dirección – Puntos de cálculo.....	153
Figura 96. Baño de maestros – Áreas auxiliares.....	154
Figura 97. Baño de maestros – Áreas para iluminancia .....	155
Figura 98. Baño de maestros – Puntos de cálculo .....	156
Figura 99. Cuarto de limpieza – Áreas auxiliares.....	157
Figura 100. Cuarto de limpieza – Áreas para iluminancia .....	158
Figura 101. Cuarto limpieza – Puntos de cálculo.....	159
Figura 102. Baño niños – Áreas auxiliares .....	160
Figura 103. Baño niños – Áreas para iluminancia.....	161
Figura 104. Baño niños – Puntos de cálculo .....	162
Figura 105. Baño niñas – Áreas auxiliares.....	163
Figura 106. Baño niñas – Áreas para iluminancia .....	164
Figura 107. Baño niñas – Puntos de cálculo .....	165

Figura 108. Baño para discapacitados – Áreas auxiliares .....	166
Figura 109. Baño para discapacitados – Áreas para iluminancia .....	167
Figura 110. Baño para discapacitados – Puntos de cálculo .....	168
Figura 111. Aula inicial – Vista de planta .....	172
Figura 112. Depósito – Vista de planta .....	173
Figura 113. Almacén – Vista de planta .....	174
Figura 114. Cocina – Vista de planta.....	175
Figura 115. Despensa – Vista de planta .....	176
Figura 116. Psicomotricidad – Vista de planta.....	177
Figura 117. Sala de archivos – Vista de planta.....	178
Figura 118. Dirección – Vista de planta .....	179
Figura 119. Baño de maestros – Vista de planta .....	180
Figura 120. Cuarto de limpieza – Vista de planta .....	181
Figura 121. Baño niños – Vista de planta.....	182
Figura 122. Baño niñas – Vista de planta.....	183
Figura 123. Baño para discapacitados – Vista de planta .....	184





## Introducción

En la actual norma peruana se analizan únicamente cuatro parámetros para el estudio de iluminación, lo cual resulta insuficiente para desarrollar un estudio de iluminación. Por ello; este trabajo de investigación denominado “Metodología para el diseño de iluminación de interiores de centros docentes utilizando la herramienta DIALux evo” propone una metodología que estudia la iluminación desde más parámetros significativos de iluminación y eficiencia. Teniendo como objetivo brindar una guía que asegure cumplir con los requerimientos necesarios en iluminación para asegurar el bienestar y el confort de los usuarios en ese ambiente. También ayudará a desarrollar este proceso en el menor tiempo al hacer un menor número de iteraciones.

La metodología se basa en estudiar la norma peruana EM.010 “Instalaciones eléctricas interiores” del Reglamento Nacional de Edificaciones y se complementará con la Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación – Centros Docentes del país de España y con el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público del país de Colombia.

Este trabajo está conformado de cinco capítulos:

En el capítulo 1 se darán los conocimientos previos para comprender el tema de iluminación, como la interacción de los ojos con el cerebro y el procesamiento e interpretación de imágenes, unidades fotométricas y las fuentes de luz existentes.

En el capítulo 2 se presentarán las normas que rigen el estudio de iluminación en centros docentes. Se estudiará la norma peruana EM.010, la norma colombiana y la norma española. Seguido se hará un cuadro comparativo entre estas normas.

En el capítulo 3 se dará información sobre el software DIALux evo, su origen y funcionamiento.

En el capítulo 4 se expondrá la metodología, los cálculos necesarios para desarrollar el proyecto de iluminación y una guía del desarrollo del modelo y la simulación en DIALux evo.

Finalmente, en el capítulo 5 se aplicará esta metodología a un caso real que será un centro educativo de nivel inicial y primaria.



## Capítulo 1

### Marco teórico

#### 1.1 La visión humana

El complejo proceso que conlleva la visión humana implica la interacción de los ojos y cerebro en simultáneo. Los ojos, que actúan como receptores directos de las imágenes que observamos, las convierte en señales para luego ser transmitidas al centro de procesamiento de imágenes, localizado en el cerebro. A pesar de que ambos elementos de la visión humana están relacionados, se estudiarán por separado.

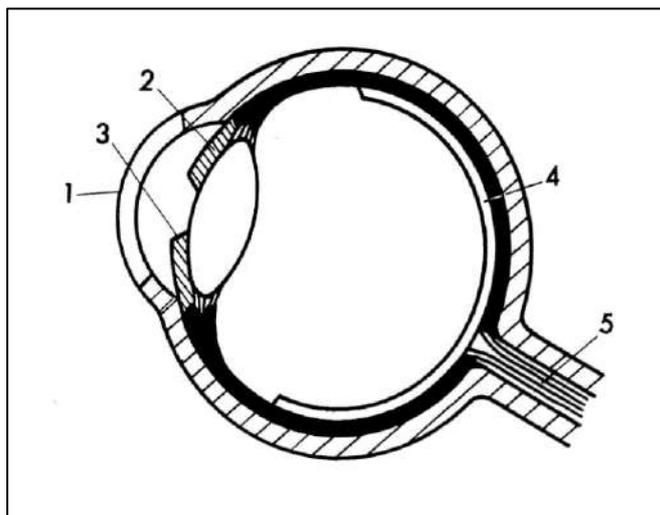
##### 1.1.1 El ojo humano

El ojo humano es un órgano fisiológico mediante el cual podemos percibir las sensaciones de color y luz. En la figura 1, se representa un corte esquemático del ojo humano. (José Ramírez Vásquez. Carlos Buigas, 1993).

Las principales partes del ojo humano serán:

- Cornea (1): Membrana transparente que protege al ojo.
- Iris (2): Su función es de graduar automáticamente la entrada de luz.
- Pupila (3): Se encuentra como parte del iris, es una perforación en su interior que permite la entrada de luz.
- Retina (4): Su función es transformar las imágenes que recibe en un pulso nervioso para ser enviado al cerebro. Poseen dos tipos de células nerviosas, los bastoncillos, encargados de captar la energía luminosa; y los conos, encargados de captar el color de su entorno.
- Nervio óptico (5): Encargado de enviar las imágenes transformadas al cerebro, en donde tendrá lugar la percepción luminosa; es decir, que las imágenes se forman en el ojo, pero únicamente el cerebro es capaz de interpretarlas.

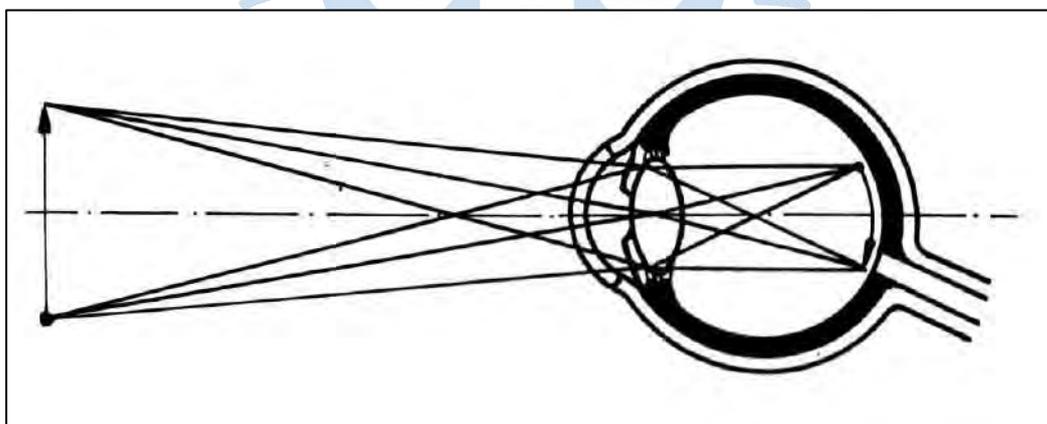
**Figura 1. Partes de la anatomía del ojo humano**



*Nota.* Adaptada de Luminotecnia, por José Ramírez Vásquez. Carlos Buigas, 1993.

**1.1.1.1 Formación de las imágenes en el ojo.** La labor del ojo en el proceso de la visión humana es captar y transformar las imágenes que recibe. Desarrolla este proceso cuando los rayos llegan a la pupila y se dirigen a la retina. Posterior a ello, se da la reflexión como se observa en la figura 2 y se procesa la imagen más pequeña e invertida. Finalmente será enviado por medio del nervio óptico al cerebro, donde se interpretará.

**Figura 2. Formación de imágenes en el ojo humano**



*Nota.* Adaptada de Luminotecnia, por José Ramírez Vásquez. Carlos Buigas, 1993.

### 1.1.1.2 Factores que intervienen en la percepción visual

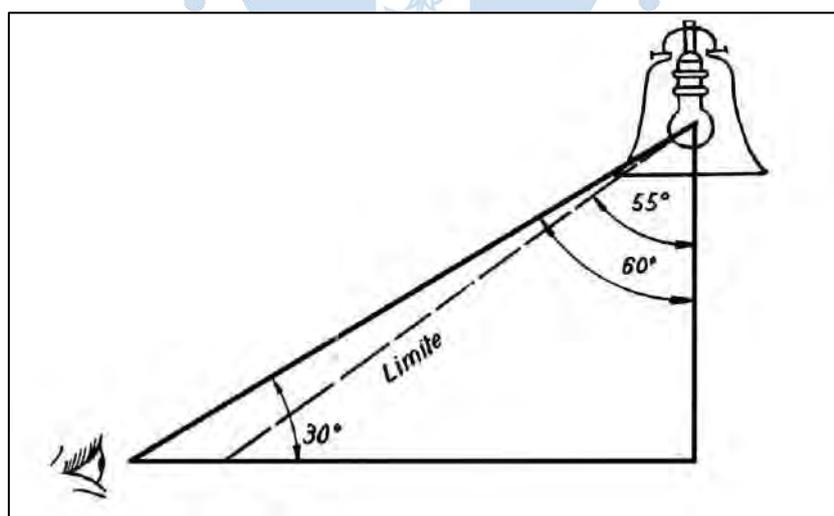
a) Brillo: Se define como la percepción a diferentes niveles de iluminancia. Es decir, que la luminancia sería el estímulo y el brillo el efecto. Existen dos tipos de brillos, el brillo directo que se produce por el efecto de una lámpara, y el brillo indirecto, causado por el reflejo que provoca la incidencia del flujo luminoso sobre una superficie brillante (José Ramírez Vásquez. Carlos Buigas, 1993).

b) Deslumbramiento: Es un fenómeno que ocurre en iluminación que produce molestias en el usuario. El nivel de deslumbramiento dependerá de las diferencias de brillo que existan. Este fenómeno se dará en las siguientes situaciones:

- Brillo excesivo: Cuando hay una exposición directa a una lámpara
- Reflejo en superficies metálicas: El brillo reflejado en superficies metálicas provocará un deslumbramiento al usuario.
- Contraste excesivo: Esto sucederá cuando el valor de uniformidad de iluminancia sea muy pequeño, provocando contraste de brillo excesivo y apariciones de sombras en el campo visual.

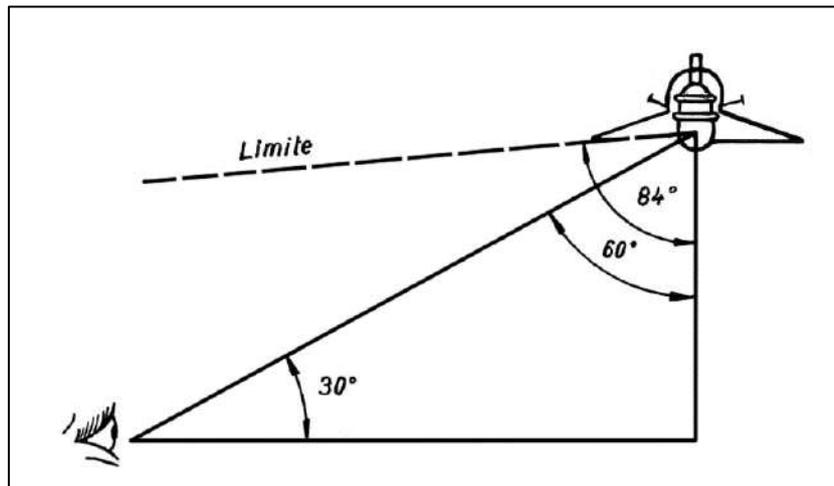
El parámetro para determinar si el usuario está afectado por un deslumbramiento es el ángulo límite. Este se define como el ángulo formado por la dirección visual horizontal y la dirección visual a la lámpara. Para que no exista deslumbramiento se debe evitar que la proyección de la lámpara sobrepase el ángulo límite del observador. En la figura 3, no existe deslumbramiento; en cambio, en la figura 4, si hay deslumbramiento.

**Figura 3. Aparato de deslumbrado, sin deslumbramiento**



**Nota.** Adaptada de Luminotecnia, por José Ramírez Vásquez. Carlos Buigas, 1993.

**Figura 4. Aparato de deslumbrado, con deslumbramiento**



**Nota.** Adaptada de Luminotecnia, por José Ramírez Vásquez. Carlos Buigas, 1993.

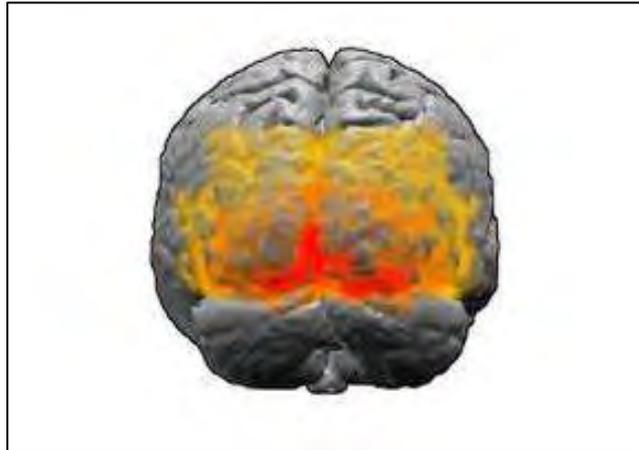
El deslumbramiento tendrá varios efectos negativos en la salud, por ejemplo:

- Fatiga visual
- Menor rendimiento en trabajos
- Aspecto falso o perjudicial a los objetos
- Disminución de la percepción visual

### **1.1.2 El cerebro**

Posterior al proceso de conversión de imágenes a energía electroquímica por la retina, se transmitirá al cerebro por medio del nervio óptico. Esta energía se transforma en impulsos nerviosos y se transportan a través del núcleo geniculado lateral hasta la corteza visual del cerebro, localizada en el lóbulo occipital. Aquí se producirá la percepción de imágenes. (Sandra Tarrades, 2008).

**Figura 5. Representación de la corteza visual**



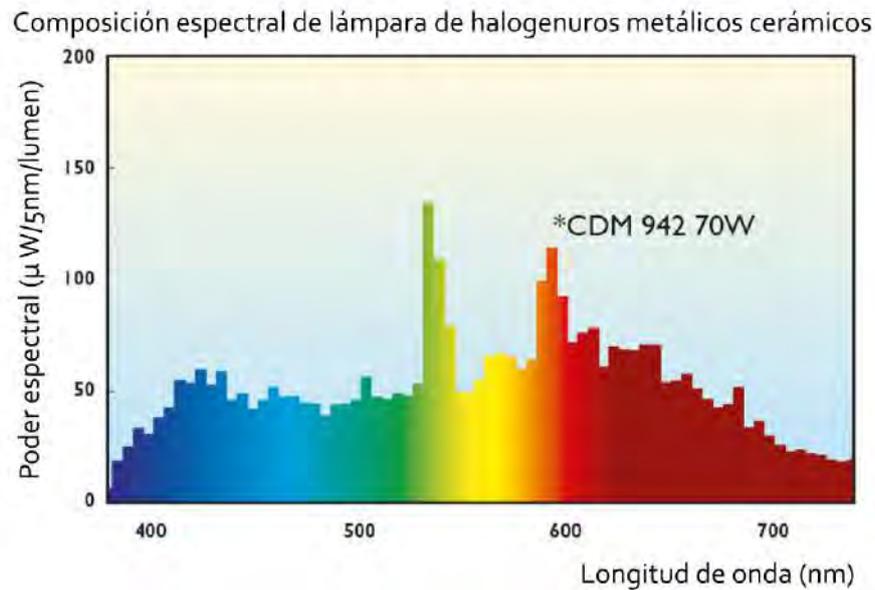
**Nota.** Adaptada de Sistema visual, la percepción del mundo que nos rodea de Sandra Tarrades, Pol Pérez-Sust, 2008.

### **1.1.3 Luz y color**

**1.1.3.1 Radiación electromagnética.** La radiación electromagnética se define como los procesos que emiten energía bajo la forma de ondas. Existen muchos procesos que emiten radiación electromagnética, por ejemplo, la luz, radiación ultravioleta e infrarroja, rayos X, ondas de radio, microondas, etc. Se diferencian entre estas por la longitud de onda ( $\lambda$ ) que posee cada una.

La representación gráfica de la radiación electromagnética es denominada espectro electromagnético de emisión o solo espectro. En la figura 6 se observa el espectro de una lámpara. En el eje x se indica la longitud de onda que emite esta fuente de luz, y en el eje y se muestra el poder espectral que presenta.

**Figura 6. Ejemplo de espectro**

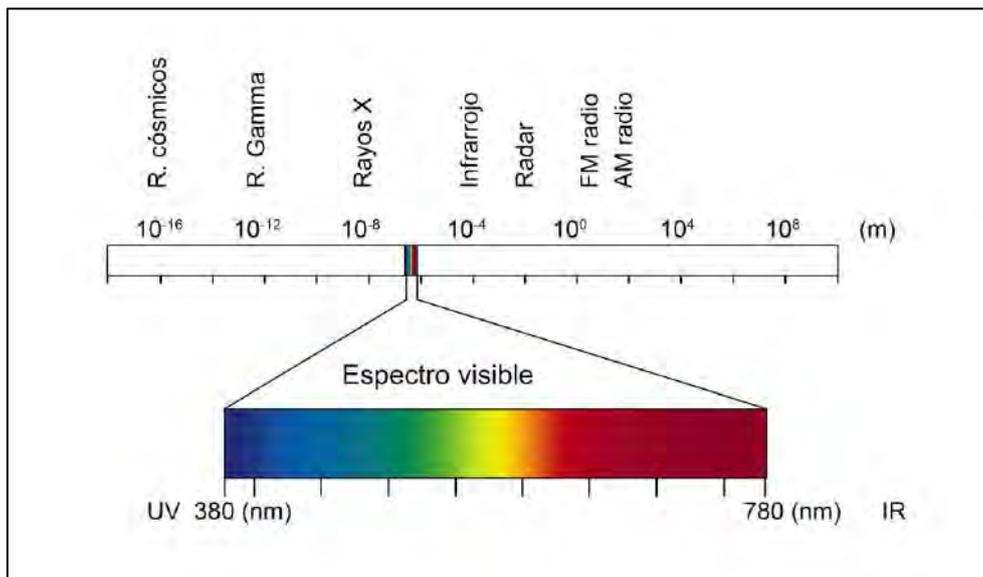


**Nota.** Adaptada de *Basics of light and lighting*, PHILIPS, 2008.

**1.1.3.2 Luz.** En el caso de la luz, esta tendrá una longitud de onda entre los 380 y 780 nanómetros para la parte visible de su espectro. Esta parte visible es la que percibimos a través de los ojos. En la figura 7 se observa para un rango de valores y los diferentes procesos que emiten energía, el rango para la luz y su espectro visible.

Los ojos interpretan el rango de longitud de onda como colores; desde el rojo, naranja, luego el verde, pasando por el azul hasta llegar al violeta según disminuye la longitud de onda, así como se observa en la figura 7.

**Figura 7. Espectro visible de luz**



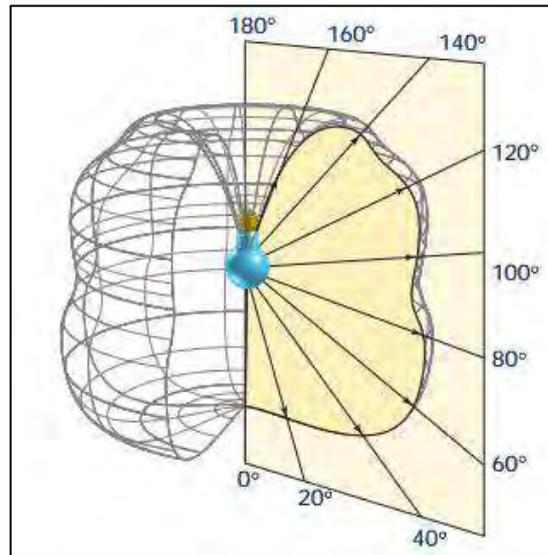
**Nota.** Adaptada de *Basics of light and lighting*, PHILIPS, 2008.

**1.1.3.3 Color.** Los colores que se percibe en los objetos son por las diferentes longitudes de onda de luz. El color que aparentan los objetos en presencia de una fuente de luz está determinado por dos características: la composición espectral de la lámpara y por las características de reflectancia espectral de la superficie (PHILIPS, 2008). Para los fines de esta tesis solo nos concierne solo la primera característica y se estudiará a profundidad más adelante.

## 1.2 Unidades fotométricas

### 1.2.1 Flujo luminoso

Se define como flujo luminoso a la salida de luz en todas direcciones de una lámpara en forma de radiación luminosa que el ojo humano percibe. Su símbolo es letra griega Phi ( $\phi$ ) y su unidad de medida según el Sistema Internacional de Unidades es el lumen (lm). En la Figura 8 se observará una lámpara y la salida de flujo luminoso en diversas diferentes direcciones.

**Figura 8. Flujo Luminoso**

**Nota.** Adaptada de Manual de Luminotecnia, INDALUX, 2002.

### 1.2.2 Intensidad luminosa

La intensidad luminosa se define como la cantidad de flujo por unidad de ángulo sólido en una dirección. La unidad de medida de la intensidad luminosa, según el Sistema Internacional de Unidades (SI), es la candela (cd).

$$I = \frac{\phi}{\omega}$$

Donde:

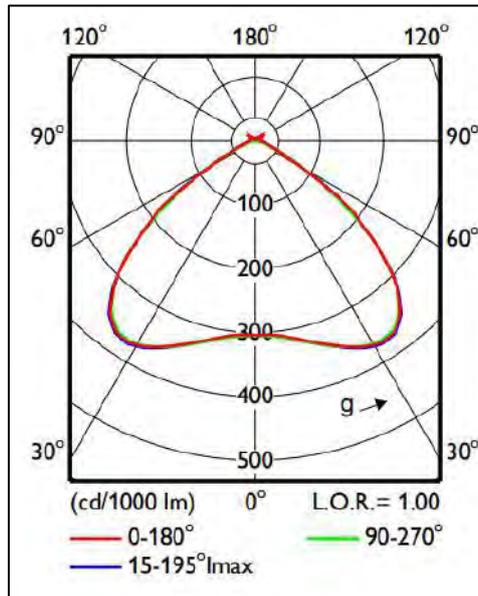
I: Intensidad luminosa [cd]

$\phi$ : Flujo luminoso de lámpara [lm]

$\omega$ : Ángulo sólido [sr]

La representación gráfica de la intensidad luminosa se determina con un examen fotométrico de la lámpara y se denomina curva de distribución de intensidad luminosa. Esta curva muestra la intensidad luminosa en el corte de dos planos verticales. La finalidad de la curva es de servir de ayuda para los diseñadores de iluminación en evaluar el uso de cada lámpara. (Iluminet, revista de iluminación, 2014). En la figura 9 se puede observar un ejemplo de una curva de distribución de intensidad luminosa.

**Figura 9. Curva de distribución de intensidad luminosa**



**Nota. Adaptada de Pacific LED gen 4 WT470C LED23S/840 PSU WB L1300, PHILIPS, 2017.**

### 1.2.3 Iluminancia

La iluminancia, o también denominada iluminación, expresa la cantidad de flujo luminoso sobre el área de una superficie. En el SI, su unidad de medida es el lux y corresponde al flujo luminoso en una superficie de 1m<sup>2</sup> situado a 1 m de distancia. Esta unidad fotométrica está asociada en proyectos de iluminación de interiores y exteriores.

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

Donde:

E: Iluminancia [lx]

$\Phi$ : Flujo luminoso de lámpara [lm]

S: Área [m<sup>2</sup>]

La importancia de este valor en iluminancia es porque es directamente proporcional a la agudeza visual del usuario en ese ambiente; es decir, cuanto más difícil es la tarea visual por realizar, mayor es el nivel de iluminancia necesario. (PHILIPS, 2011)

En el caso de iluminación de interiores, se analiza la iluminancia en diversos planos en el ambiente. El primero y el que se estudia en guías y normas es la iluminancia en el plano horizontal; este plano sirve para hallar la iluminancia en el ambiente. También se analiza el plano en las áreas de trabajo, este plano se usa para calcular la iluminancia en mesas, escritorios, etc. Finalmente existe los planos verticales; estos planos sirven para determinar la iluminancia en elementos ubicados verticalmente. Por ejemplo, los televisores, pizarras, paredes, etc.

En la tabla 1 se observa valores de iluminancia para diferentes condiciones. El nivel de iluminancia necesario en un ambiente dependerá de que tan difícil es una tarea visual en cuanto a tamaño, velocidad de ejecución y contraste.

**Tabla 1. Valores de iluminancia para diferentes condiciones**

<b>Ambiente</b>	<b>Iluminancia [lx]</b>
Alumbrado público	3 – 25
Iluminación media ambiental	10 – 50
Iluminación en mesas o escritorios	300 - 1000

**Nota.** Adaptada de *Sustainable Indoor Lighting*, Paola Sansoni, Luca Mercatelli, Alessandro Farini, 2015.

En Perú, la norma que se encarga de establecer los valores óptimos de iluminancia para los diferentes ambientes es la norma EM.010 “Instalaciones eléctricas interiores”, incluido en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

Para la medición del nivel de iluminancia se utiliza el instrumento de medición denominado luxómetro. Este consta de una célula fotoeléctrica para captar el nivel de iluminancia y la transforma en una señal analógica. En la figura 10 se muestra una figura de un luxómetro.

**Figura 10. Luxómetro**



**Nota.** Adaptada de Manual de Luminotecnia, INDALUX, 2002.

#### **1.2.4 Uniformidad de iluminancia**

Esta unidad fotométrica sirve para comprobar la consistencia de la iluminación en un ambiente. Demuestra si en el ambiente está suficientemente iluminado o si existen sectores oscuros respecto al nivel de iluminancia media. Este valor es importante para así garantizar la completa visibilidad de las personas u objetos en ese ambiente. En la figura 11 se observa dos imágenes del mismo ambiente, sin embargo, la primera posee una mala uniformidad de iluminancia; en cambio la segunda, una uniformidad de iluminancia más apropiada.

**Figura 11. Uniformidad de luminancia**



**Nota.** Adaptada de *What is Light Uniformity? How to Calculate Lux Level Lighting Uniformity?*, LedsMaster LED Lighting, 2019.

Existen dos formas de calcular el valor de uniformidad de iluminancia; la primera será:

$$U_0 = \frac{E_{\min}}{E_m}$$

Donde:

$U_0$ : Uniformidad de iluminancia

$E_{\min}$ : Iluminancia mínima [lx]

$E_m$ : Iluminancia media [lx]

Esta forma de calcular de valor de uniformidad de iluminancia es el que existe en las normas o guías para iluminancia en interiores. En este trabajo de investigación se usará esta forma para determinar el valor de uniformidad de iluminancia.

La segunda forma es la siguiente:

$$U_0 = \frac{E_{\min}}{E_{\max}}$$

Donde:

$U_0$ : Uniformidad de iluminancia

$E_{\min}$ : Iluminancia mínima [lx]

$E_{\max}$ : Iluminancia máxima [lx]

Esta manera de cálculo está enfocada para el análisis de iluminación de alumbrado público y carreteras.

### **1.2.5 Índice de deslumbramiento**

El índice de deslumbramiento (*Unified Glare Rating* - UGR) es el valor que se le asigna al deslumbramiento provocado a un usuario en un determinado ambiente.

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$UGR = 8 \log \left( \frac{0.25}{L_B} \sum \frac{L^2}{p^2 \omega} \right)$$

Donde:

$L_B$ : Luminancia ambiente [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]

$L$ : Luminancia de las partes luminosas de cada luminaria [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]

$\omega$ : Ángulo sólido de las partes luminosas de cada luminaria [sr]

$p$ : Índice de posición de Guth

Este valor va desde 10, hasta 28 o más, como se puede observar en la tabla 2.

**Tabla 2. Criterio de deslumbramiento según su UGR**

UGR	Criterio de deslumbramiento
$\leq 10$	Imperceptible
13	Apenas perceptible
16	Perceptible (adecuado para tarea precisa con los ojos)
19	Apenas aceptable (adecuado para tareas visuales promedio)
22	Inaceptable (adecuado para tareas visuales modernas)
25	Apenas incómodo (adecuado para tareas visuales simples)
$28 \leq$	Incómodo

**Nota.** Adaptada de Qué es el índice UGR y cómo puede mejorar la iluminación en espacios laborales, Iluminet, revista de iluminación, 2018.

### 1.2.6 Temperatura de color

La temperatura de color se define como el color percibido por la luz emitida de una lámpara y se expresa con las unidades Kelvin (K). El valor de temperatura de color varía entre los 2700 K hasta los 6500 K. Se clasificará según el aspecto de color que posea como se observa en la tabla 3.

**Tabla 3. Temperatura de color**

Aspecto de color	Temperatura de color
Blanco cálido	$> 3300 \text{ K}$
Blanco neutro	$3300 \text{ K} - 5000 \text{ K}$
Blanco frío	$< 5000 \text{ K}$

**Nota.** Adaptado de Fundamentos sobre la generación de la luz y el alumbrado, PHILIPS, 2011.

En la figura 12 se observa una representación gráfica de cada escala de temperatura de color. En las tres imágenes se observa la misma habitación, pero con temperatura de color distintas. La primera de la izquierda se aprecia una habitación con un aspecto de color blanco cálido, la de en medio con un blanco neutro y la última con un color blanco frío.

**Figura 12. Temperatura de color**



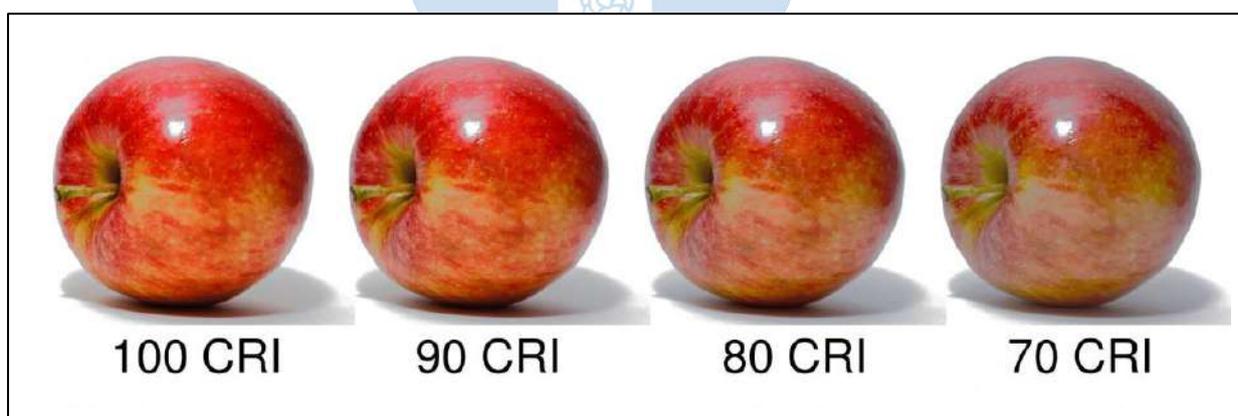
*Nota. Adaptada de Create Ambience with Light, Understanding Color Temperature, Westinghouse, 2019.*

### **1.2.7 Índice de reproducción cromática**

El índice de reproducción cromática (IRC o Ra) es una característica de las lámparas y se define como la capacidad que tienen de reproducir con fidelidad los colores en un determinado ambiente (PHILIPS, 2011).

En la figura 13 se observa en un ejemplo los diferentes niveles del índice de reproducción cromática para un mismo objeto. Representando el valor límite para 100 IRC y disminuyendo su efecto según baja el valor de IRC.

**Figura 13. Índice de reproducción cromática**



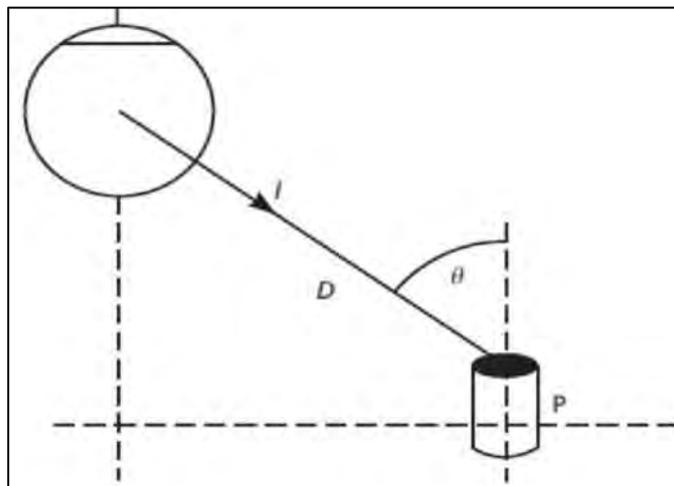
*Nota. Adaptada de ¿Cómo entender el Índice de Rendimiento Cromático?, Iluminet, revista de iluminación, 2019.*

### 1.2.8 Iluminancia cilíndrica media

Este valor de iluminancia se utiliza para evaluar si las personas y objetos están suficientemente iluminadas; esto para reconocer el rostro y características de las personas o resaltar a los objetos, revelando su textura y principales características. (Thomas Duff James, 2013)

El cálculo se hace mediante un cilindro pequeño en el cual se analiza el flujo luminoso que cae sobre la curva de superficie. En la figura 14, se observa una lámpara y la dirección del flujo de luz sobre el cilindro.

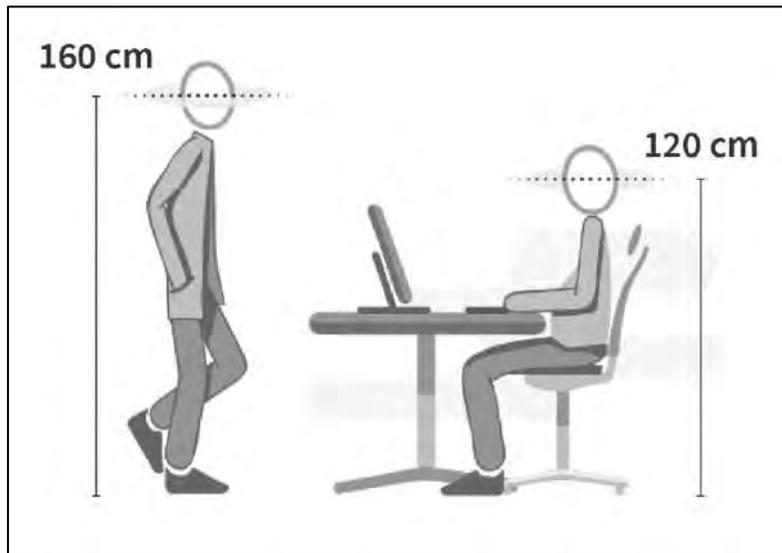
**Figura 14. Cálculo de iluminancia cilíndrica media**



**Nota.** Reproducida de *In-field measurement of cylindrical illuminance and the impact of room surface reflectances on the visual environment*, Thomas Duff James, Kelly Kevin, 2012.

Se recomienda analizar a una altura a 160 cm sobre el suelo para trabajos de pie, y a 120 cm sobre el nivel del suelo para trabajos sentados como se observa en la figura 15 (Fagerhult, 2021).

**Figura 15. Altura para análisis, iluminancia cilíndrica media**



**Nota.** Reproducida de *Requirements for cylindrical illuminance*, Fagerhult, 2021.

### 1.3 Fuentes de luz

#### 1.3.1 Lámpara

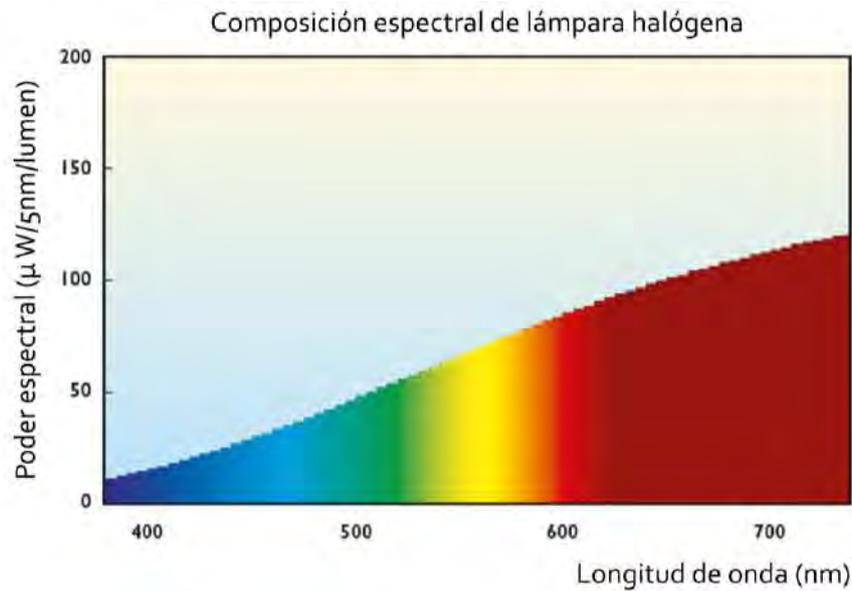
Se define como lámpara al dispositivo que emite un flujo de luz por la transformación de energía eléctrica a energía lumínica.

#### 1.3.2 Tipos de lámparas

Se tiene diferentes tipos de lámparas:

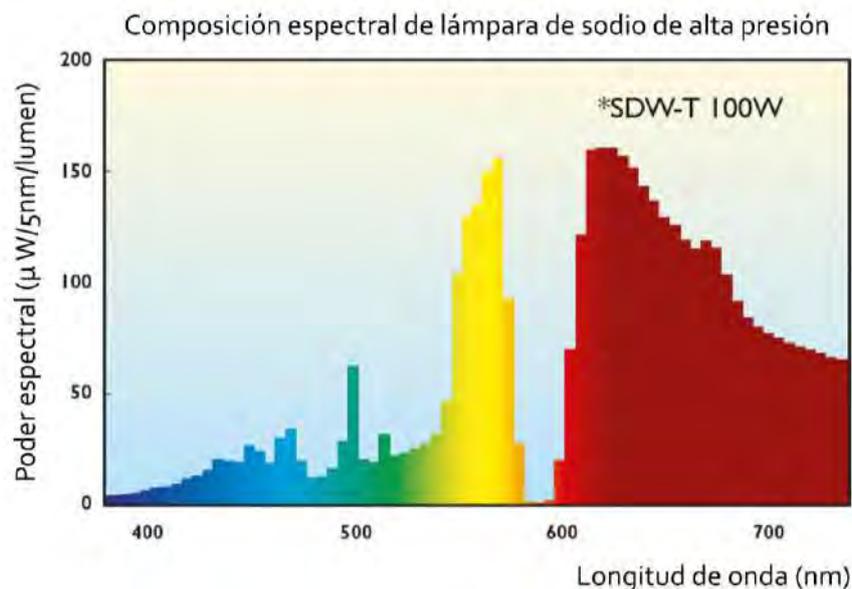
**1.3.2.1 Lámpara incandescentes.** Esta lámpara posee como componente activo a un filamento delgado de alta resistencia. Cuando se suministra corriente, su temperatura aumentará y al superar el valor de temperatura de 1000 K, producirá luz (Paola, Mercatelli, & Farini, 2015). Esta luminaria tendrá una eficiencia alrededor de 13.8 lm/W y un valor de IRC de 100. Estas lámparas están actualmente en desuso por su baja eficiencia. Su espectro está indicado en la figura 16:

Una variable de la lámpara halógena es la lámpara incandescente halógena. Posee un filamento de tungsteno dentro de una capsula de cuarzo llena de halógeno el cual tiene por objetivo mantener la temperatura alta y constante. Posee una eficiencia entre los 10% y el 20% mayor que las lámparas incandescentes.

**Figura 16. Espectro de lámpara incandescente**

**Nota.** Adaptado de *Basics of light and lighting*, PHILIPS, 2008.

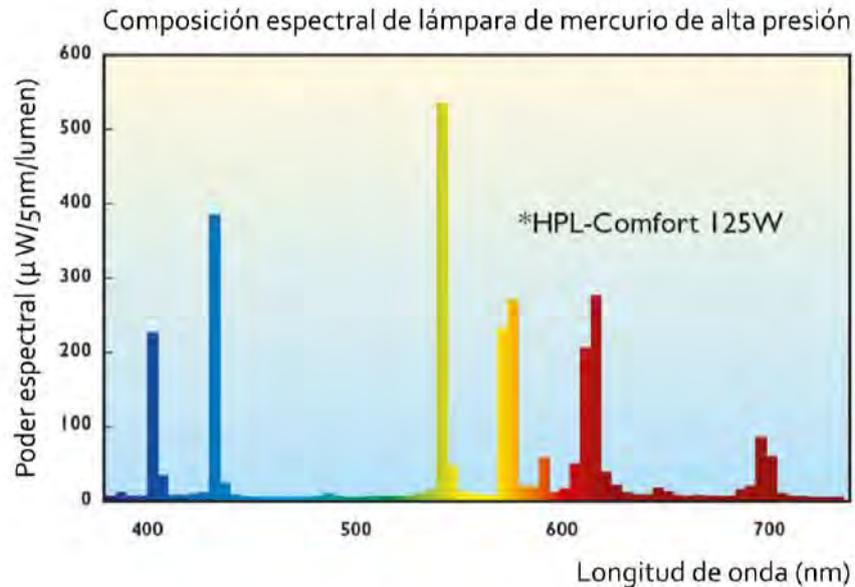
**1.3.2.2 Lámpara de sodio.** El funcionamiento de esta lámpara es mediante la inducción de un arco eléctrico entre dos electrodos, produciendo así que el vapor de sodio que los rodea se excite y produzca una emisión luminosa. Son bastante usados en la iluminación vial, para grandes instalaciones y en general, para usos que no demanden ningún valor estético. Puede alcanzar un valor de eficiencia de 130 lm/W y un IRC de aproximadamente 82.

**Figura 17. Espectro de lámpara de sodio**

**Nota.** Adaptado de *Basics of light and lighting*, PHILIPS, 2008.

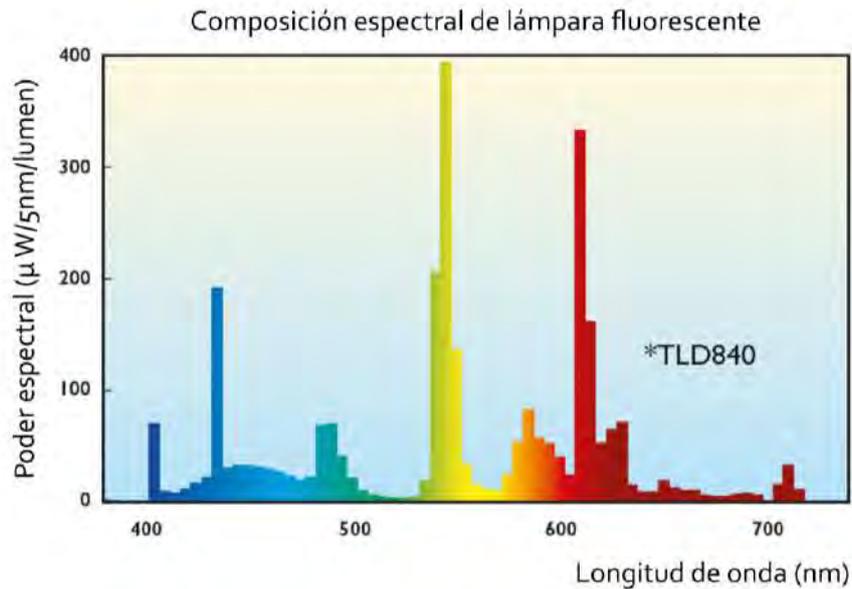
**1.3.2.3 Lámpara de mercurio.** El funcionamiento de estas lámparas es muy similar a su antecesora, las lámparas de sodio; la diferencia es que lugar de encontrar sodio en la lámpara, ahora poseen vapor de mercurio. Una desventaja que presenta esta lámpara es que, por el efecto de los vapores de mercurio excitados por el arco eléctrico, producen una emisión inmensa en la zona de color verde. Otra desventaja de estas lámparas es por el mismo uso del mercurio, elemento que actualmente se considera como una sustancia peligrosa.

**Figura 18. Espectro de lámpara de mercurio**



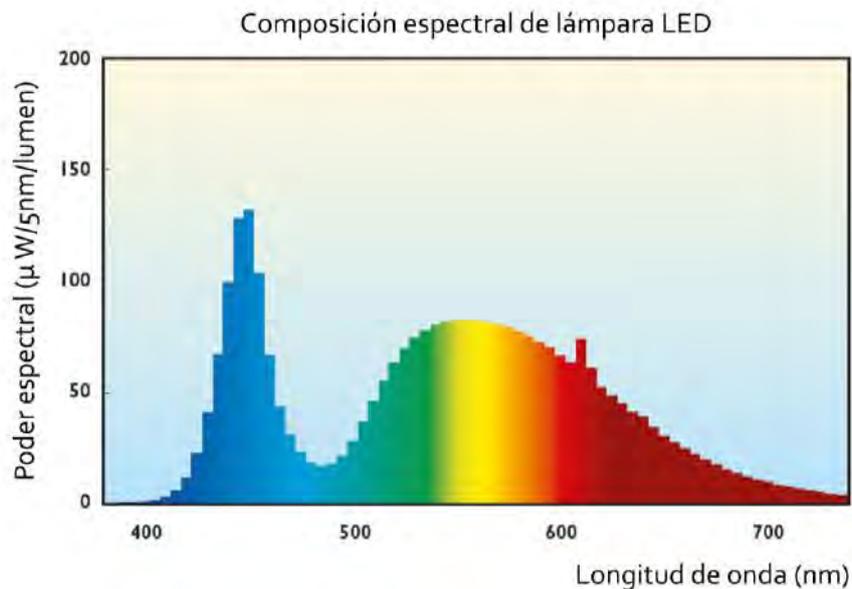
**Nota.** Adaptado de *Basics of light and lighting*, PHILIPS, 2008.

**1.3.2.4 Lámparas fluorescentes.** Su primer diseño constaba de un tubo de vidrio que contiene el gas denominado neón. Actualmente poseen en su interior una mezcla de varios elementos, por ejemplo: tungsteno de calcio, silicato de zinc, pirofosfato de estroncio, etc. Para el encendido de estas lámparas se necesita de un dispositivo para encendido denominado cebador. El uso de estas lámparas es para iluminación general.

**Figura 19. Espectro de lámpara de sodio**

**Nota.** Adaptado de *Basics of light and lighting*, PHILIPS, 2008.

**1.3.2.5 Diodo emisor de luz (LED).** O *Light Emitting Diode*. Su funcionamiento es a causa de electrones cambiantes que liberan energía en forma de radiación. Estos tipos de lámparas existen hace varios años, sin embargo, por su modesto flujo luminoso, calidad de luz monocromática, fueron únicamente utilizadas para iluminación de semáforos y señales de paneles de control. No obstante, con los avances tecnológicos, los ledes se han vuelto la mejor alternativa por su gran eficiencia larga vida útil. (PHILIPS, 2008)

**Figura 20. Espectro de LED**

**Nota.** Adaptado de *Basics of light and lighting*, PHILIPS, 2008.

En la tabla 4 se observa los principales parámetros de cada tipo de lámparas anteriormente vistas.

**Tabla 4. Parámetros, lámparas**

Tipo de lámpara	Flujo luminoso [lm]	Eficiencia luminosa [lm/W]	Temperatura de color [K]	Índice de reproducción cromática	Potencia [W]
Incandescente/halógena	60 – 48400	5 – 27	2700 – 3200	100	5 – 2000
Sodio alta presión	1300 – 90000	50 – 130	2000, 2200, 2500	10 – 80	35 – 1000
Mercurio de alta presión	1700 – 59000	35 – 60	3400, 4000, 4200	40 – 60	50 – 1000
Fluorescente	200 – 8000	60 – 105	2700, 3000, 4000, 6500	60 – 95	5 – 80
LED	10 – 170	> 50	3000 – 8000	> 90	0.1 – 3

**Nota.** Adaptado de *Basics of light and lighting*, PHILIPS, 2008.

### 1.3.3 Luminarias

Se define como luminaria al “aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida en una o varias lámparas y comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de lámparas” (INDALUX, 2002)

Un valor característico da cada luminaria es el grado de protección IP y el grado de protección IK.

El grado de protección IP es un sistema que clasifica a cada luminaria según el grado de protección que tengan contra el ingreso de humedad o polvo. El primer número indica la protección contra el ingreso de polvo o cuerpos extraños y esto se explica a mayor detalle en la tabla 5.

**Tabla 5. Clasificación por grado de protección contra el polvo (1 cifra)**

Primer número característico	Breve descripción	Símbolo
0	No protegida	No tiene
1	Protegida contra objetos sólidos mayores a 50 mm	No tiene
2	Protegida contra objetos sólidos mayores a 12.5 mm	No tiene
3	Protegida contra objetos sólidos mayores a 2.5 mm	No tiene
4	Protegida contra objetos sólidos mayores a 1 mm	No tiene
5	Protegida contra el polvo	
6	Hermética al polvo	

**Nota.** Adaptada de Manual de Luminotecnia, INDALUX, 2002.

El segundo número indica el grado de protección contra el ingreso de agua. Esto se explica en la tabla 6.

**Tabla 6. Clasificación por grado de protección contra el agua (2 cifra)**

Segundo número característico	Breve descripción	Símbolo
0	No protegida	No tiene
1	Protegida contra gotas de agua en caída libre	
2	Protegida contra caída de agua verticales con una inclinación máxima de 15° de la envolvente	No tiene
3	Protegida contra el agua en forma de lluvia fina formando 60° con la vertical como máximo	
4	Protegida contra proyecciones de agua en todas las direcciones	
5	Protegida contra chorros de agua en todas las direcciones	
6	Protegida contra fuertes chorros de agua en todas las direcciones	No tiene
7	Protegida contra efectos de inmersión temporal en agua	

Segundo número característico	Breve descripción	Símbolo
8	Protegida contra la inmersión continua de agua	 -m

**Nota.** Adaptada de Manual de Luminotecnia, INDALUX, 2002.

Y el grado de protección IK clasifica a cada luminaria según la cantidad de energía de impacto que puedan soportar hasta antes de presentar averías. El número característico que tendrá cada luminaria se indican en la tabla 7.

**Tabla 7. Grado de protección IK**

Número característico	Energía de impacto en Julios
00	Ninguna protección
01	0.15
02	0.20
03	0.35
04	0.50
05	0.70
06	1
07	2
08	5
09	10
10	20

**Nota.** Adaptada de Manual de Luminotecnia, INDALUX, 2002.

En la figura 21 se puede observar una luminaria típica para el alumbrado público; además en la figura 22 se observa una luminaria tipo campana.

**Figura 21. Luminaria, alumbrado publico**



**Nota.** Adaptada de Lámparas y Luminarias, Oficina de Protección de la Calidad del Cielo del Norte de Chile - OPCC, 2022.

**Figura 22. Luminaria, tipo campana**



**Nota.** Adaptada de Iluminación y diseño a su alcance, STI Iluminación, 2015.

## **1.4 Diodo emisor de luz (LED)**

### **1.4.1 Introducción al LED**

En el presente, es asombrosa en la variedad de lugares en los que se usa la tecnología LED para la iluminación. Los ledes iluminan edificios emblemáticos y monumentos arquitectónicos en todo el mundo. Desde en Torre CN ubicada en la ciudad de Toronto, Canadá, hasta en la parte oriente con el puente de Bósforo en Turquía.

También se usa en conciertos, teatros, restaurantes, casinos; en general, en una gran variedad de espacios públicos en donde se requieran una iluminación dinámica y dramática. Además, se usa las luminarias LED en iluminación de carreteras, túneles, estadios, espacios para hacer deporte, calles y en jardines. (PHILIPS, 2010)

**Figura 23. Iluminación LED en Avenue of the Arts, Philadelphia, Pennsylvania**

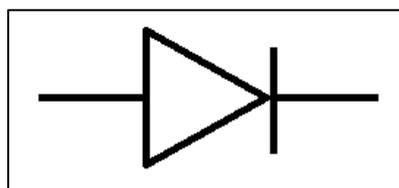


*Nota. Adaptada de LED Lighting Explained. Understanding LED Sources, Fixtures, Applications and Opportunities, PHILIPS, 2010.*

#### **1.4.2 Estructura y funcionamiento**

El LED es un tipo de diodo, siendo este un dispositivo semiconductor que tiene función de interruptor unidireccional para la corriente, es decir, restringe el flujo de corriente en un sentido. En la figura 24 se muestra el símbolo del diodo.

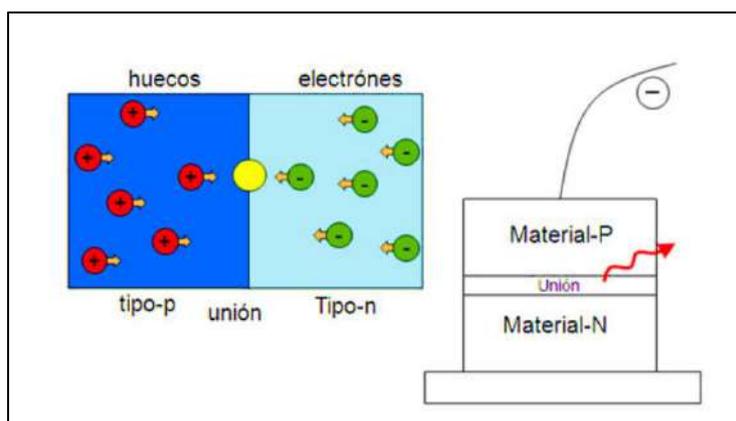
**Figura 24. Símbolo del diodo**



Estructura: El diodo posee dos partes, un semiconductor de tipo P que se une con un material semiconductor de tipo N. El material tipo P tiene falta de electrones, en cambio, el tipo N exceso de electrones.

Funcionamiento: Al aplicar un voltaje al diodo, los electrones se dirigen a la unión PN, donde los electrones de exceso del material tipo N pasarán al material tipo P. Esto produce que los electrones viajen de un nivel de energía alto a un nivel de energía bajo, produciendo esto una diferencia de energía emitida en forma de luz (PHILIPS, 2010). Este procedimiento se muestra en la figura 25.

**Figura 25. Unión de un diodo PN**



**Nota.** Adaptada de Fundamentos sobre la generación de la luz y el alumbrado, PHILIPS, 2011.

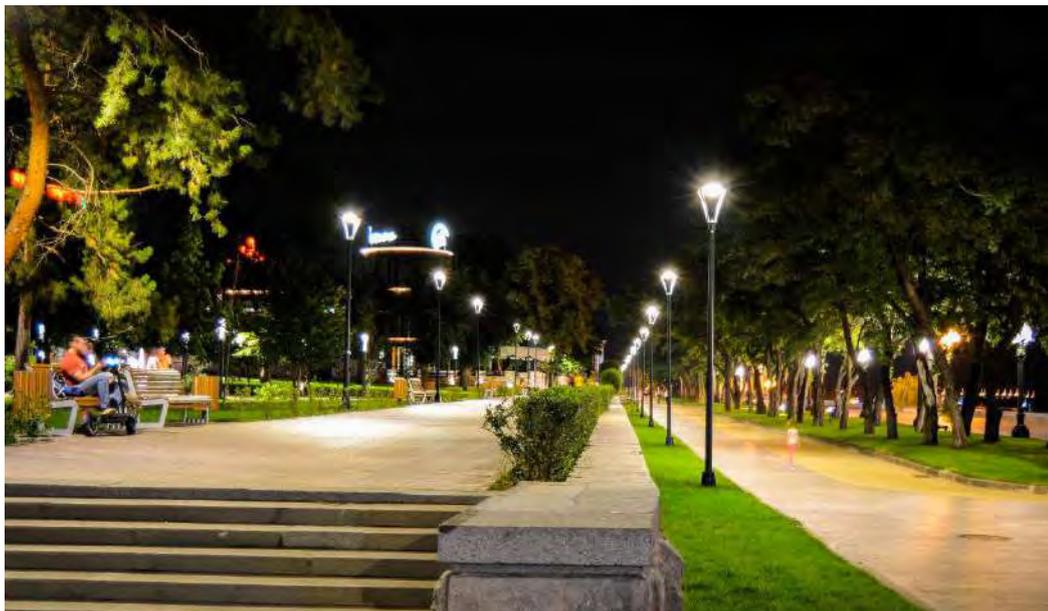
Todos los diodos emiten fotones, sin embargo, no todos los diodos emiten luz. Esto dependerá si la longitud de onda de los fotones liberados se encuentra dentro del espectro de luz visible para el ojo humano. Diferentes materiales producen fotones de diferentes longitudes de onda, lo que provoca luces de diferentes colores. (PHILIPS, 2010)

### 1.4.3 Usos del LED

Los usos de los ledes son muchos, esto por ser un elemento muy práctico y con muchos beneficios, por ejemplo, su eficiencia luminosa; estos dispositivos se caracterizan por tener un consumo de energía bajo (el valor de eficiencia luminosa es alto en comparación a sus antecesoras cómo se comprobó en la tabla 4), pero aún así mantener un mayor rendimiento lumínico. Además, destaca por tener una larga vida útil, llegando hasta 20 veces más vida útil que una lámpara halógena. También posee una compacidad dimensional, bajo peso y ausencia de materiales quebradizos, esto permite a los ledes una buena resistencia a golpes, reducción del impacto visual y facilidad de control óptico (Paola, Mercatelli, & Farini, 2015).

El primer sector del mercado que usó los ledes fue el de alumbrado urbano; desde años se usa los ledes para el alumbrado público y luminarias decorativas en el exterior. En la figura 26 se observa la iluminación de un parque con tecnología LED.

**Figura 26. Iluminación LED en parques**



**Nota.** Adaptada de *Las necesidades lumínicas de plazas y parques públicos*, Inelba iluminación, 2021.

También se usa para el alumbrado vial de calles y carreteras como se observa en la figura 27.

**Figura 27. Iluminación LED en calles**



**Nota.** Adaptada de *Plaza Las Cuatro Luces de Chacao fue iluminada con tecnología Led*, El Universal, 2020.

Se usa en la arquitectura para mejorar el uso de espacios nocturnos, revalorizando el patrimonio arquitectónico y naturalista de las ciudades.

**Figura 28. Iluminación LED en la arquitectura**



**Nota.** Adaptada de El Puente de Piedra se iluminará todos los fines de semana y festivos, Nuevecuatrouno, 2021.

Otro sector que usa los ledes es el sector comercio como estrategia de comunicación visual y creación de escenas atractivas.

**Figura 29. Iluminación LED en comercios**



**Nota.** Adaptada de *Sustainable Indoor Lighting*, Paola, Mercatelli, & Farini, 2015.

En el capítulo 1 se ha expuesto que es el ojo humano y su funcionamiento, las unidades fotométricas utilizadas en el análisis de iluminación, las fuentes de luz que se usan y se da a conocer los diodos emisores de luz (LED). Estos conocimientos son necesarios para un mejor entendimiento de la tesis en los siguientes capítulos y para tener un correcto manejo del software DIALux.



## **Capítulo 2**

### **Normas sobre iluminación**

#### **2.1 Norma nacional**

En Perú, el conjunto de normas técnicas obligatorias aplicables para el diseño y ejecución de ambientes en toda edificación se encuentran en el Reglamento Nacional de Edificaciones – RNE. Estas normas establecen los requisitos mínimos de calidad para el diseño y construcción de edificaciones para así cumplir con sus objetivos:

- Seguridad de las personas: El reglamento busca garantizar la integridad, salud y vida de las personas que se encuentre en alguna habitación o transiten por los espacios públicos. Para ello, establece las condiciones que deben cumplir todas las instalaciones y estructuras.
- Calidad de vida: Busca que todos los ambientes posean un hábitat sostenible para que así las personas que estén en ese ambiente puedan desarrollarse íntegramente en el plano físico y espiritual.
- Seguridad jurídica: Respeta y promueve el principio de jerarquía y legalidad de normas.

El Reglamento Nacional de Edificaciones comprende de tres tipos de títulos, el primero es de generalidades e introducción a las normas de los otros dos títulos, el segundo es de normas para habitaciones y está referida a los tipos de habitaciones, componentes estructurales, obras de suministro de comunicaciones y energía. Finalmente, la tercera es de normas referidas a las instalaciones eléctricas, instalaciones mecánicas, instalaciones sanitarias, arquitectura y estructuras.

Para evaluar los requisitos técnicos para el diseño y construcción de instalaciones eléctricas en interiores se usa la Norma Técnica EM.010 “Instalaciones eléctricas interiores del Reglamento Nacional de Edificaciones”. Y en específico, para la investigación de la norma técnicas de iluminación se analizará el Artículo 6 – Requerimientos de iluminación de la Norma Técnica EM.010.

Los parámetros que se evalúan en la norma para los sistemas de iluminación son: Iluminancia mantenida ( $E_m$ ), índice de deslumbramiento (UGR), uniformidad de iluminancia ( $U_o$ ) e índice de reproducción cromática (IRC). Estos valores se asignarán según la actividad que desarrollen los ambientes. Los diferentes tipos de actividad que considera la norma EM.010 se encuentra en la tabla 8.

**Tabla 8. Tipo de actividad, Norma EM.010**

Número de ref.	Tipo de actividad
1	Vivienda
2	Educación
3	Salud
4	Industria
5	Comercio
6	Oficinas
7	Servicios comunales
8	Recreación y deportes
9	Transporte
10	Estacionamientos

**Nota. Adaptada de Norma Técnica EM.010 “Instalaciones eléctricas interiores del Reglamento Nacional de Edificaciones”, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 201**

Para verificar estos parámetros se debe realizar cálculos de iluminación usando métodos convencionales o mediante la ayuda de una herramienta informática como DIALux evo.

## 2.2 Normas internacionales

En España se usan guías: Guías Técnicas de Eficiencia Energética de Iluminación; estas guías recogen la norma y la explican el procedimiento en las fases de diseño, cálculo, selección de equipos y estudio energético. En cambio, en Colombia existe el reglamento: Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbramiento Público; al ser un reglamento establece las reglas generales para los sistemas de iluminación y explica cómo aplicar la norma.

### 2.2.1 Norma de España

En España se usan las guías técnicas de iluminación. Estas guías se dividen según el tipo de ambiente que analiza, teniendo:

- Guía Técnica de Eficiencia Energética de Iluminación – Alumbrado Público
- Guía Técnica de Eficiencia Energética de Iluminación – Centro Docentes
- Guía Técnica de Eficiencia Energética de Iluminación – Hospitales y Centros de atención primaria
- Guía Técnica de Eficiencia Energética de Iluminación – Oficinas

En este trabajo de investigación se trabajará con una institución educativa, por ello se analiza la Guía Técnica de Eficiencia Energética de Iluminación – Centro Docentes.

**2.2.1.1 Guía Técnica de Eficiencia Energética de Iluminación - Centro Docentes.** Esta guía técnica fue publicada en junio del 2020 por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA) y el Comité Español de Iluminación (CEI).

Su campo de aplicación abarca a todos los edificios o locales en donde se llevan a cabo actividades de educación; por ejemplo, colegios, academias, institutos, universidades, etc. Además, es aplicable para todos los espacios en estos edificios: Aulas, pasillos, bibliotecas, piscinas, baños, cocinas, etc.

Según la actividad que se realice en un ambiente, tendrá diferentes requisitos lumínicos. Por ello, la guía clasifica cada ambiente de los centros docentes según la actividad que desarrollen como se observa en la tabla 9.

**Tabla 9. Clasificación por tipo de actividad, Guía Técnica de Eficiencia Energética**

Número de ref.	Tipo de interior, tarea y actividad
1	Aulas, aulas de tutoría
2	Aulas de educación de adultos y clases nocturnas
3	Auditorium, salas de lectura
4	Pizarras negras, verdes y blancas
5	Mesa de demostraciones
6	Aulas de arte
7	Aulas de arte en escuelas de arte
8	Aulas de dibujo técnico
9	Aulas de prácticas y laboratorios
10	Aulas de manualidades

Número de ref.	Tipo de interior, tarea y actividad
11	Talleres de enseñanza
12	Aulas de prácticas de música
13	Aulas de prácticas de informática
14	Laboratorio de lenguas
15	Aulas de preparación y talleres
16	Vestíbulo de entrada
17	Áreas de circulación, pasillos
18	Escaleras
19	Aulas comunes de estudio y aulas de reunión
20	Sala de profesores
21	Biblioteca: estanterías
22	Biblioteca: aulas de lectura
23	Almacenes de material de profesores
24	Sala de deportes, gimnasios y piscinas
25	Cantinas escolares
26	Cocina

**Nota. Adaptada de Guía Técnica de Eficiencia en Iluminación - Centro Docentes, Comité Español de Iluminación, 2020.**

Según la clasificación vista en la tabla 9, los parámetros requeridos brindados por la guía serán: Iluminancia mantenida ( $E_m$ ), índice de deslumbramiento (UGR), uniformidad de iluminancia ( $U_o$ ) e índice de reproducción cromática (IRC).

Esta guía técnica también brinda una guía de elección de luminarias según el área de uso y el tipo de montaje disponible en el ambiente. Esta información es importante al momento de la elección de lámparas para un ambiente.

Se establece el parámetro “Valor de eficiencia energética de la instalación” (VEEI); este parámetro sirve como indicador de eficiencia desde el punto de vista de iluminación. En la guía se da el VEEI límite por cada ambiente de edificios de centros docentes.

Finalmente se establecen los tonos de luz para las temperaturas de color por cada ambiente según el tipo de actividad que realicen.

### 2.2.2 Norma en Colombia

En Colombia se tiene el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP), brindado por el Ministerio de Minas y Energía de Colombia y actualizado en marzo del 2022. RETILAP al ser un reglamento establece las normas y explica la forma correcta de aplicarlas. El campo de aplicación es para todos los sistemas de iluminación en el país de Colombia; tanto en instalaciones de interior y exterior como para instalaciones nuevas, remodelaciones y ampliaciones.

Se clasifica los ambientes según la actividad que desarrollen, así como se observa en la tabla 10.

**Tabla 10. Clasificación por tipo de actividad, RETILAP**

Número de ref.	Tipo de actividad
1	Zona de tráfico en el interior de edificios
2	Zonas generales en el interior de los edificios
3	Logística y almacenes
4	Actividades industriales y artesanales
5	Oficinas
6	Locales comerciales

**Nota. Adaptada de Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP, Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2022.**

Según la clasificación, se tendrá los requisitos de iluminancia óptimos para su funcionamiento y estos son: Iluminancia media ( $E_m$ ), índice de deslumbramiento (UGR), uniformidad de iluminancia ( $U_o$ ) e índice de reproducción cromática (IRC)

En este reglamento se implementa el análisis de las áreas de trabajo. Se analiza específicamente las áreas donde se desarrollen tareas visuales que requieran un nivel de iluminancia mayor a la iluminancia del ambiente. Por ejemplo: Mesas, escritorios, mesas de trabajo, mesas de dibujo, etc. Se examinan hasta cuatro subáreas: Área de tarea visual, área circundante inmediata, área de fondo y área del borde.

Este reglamento, además de analizar la iluminancia mantenida ( $E_m$ ), implementa otros tipos de iluminancia que el diseñador deberá cumplir: iluminancia cilíndrica media ( $E_m, z$ ) e iluminancia en paredes y techo ( $E_m, pared$  y  $E_m, techo$ ). Estos parámetros sirven para una correcta comunicación visual y reconocimiento facial.

### 2.3 Cuadro comparativo

Se realizará un cuadro comparativo para identificar las diferencias entre las normas presentadas: Norma Técnica EM.010, Guía Técnica de Eficiencia Energética de Iluminación – Centro Docentes y el Reglamento Técnico de iluminación y Alumbrado Público.

**Tabla 11. Tabla comparativa de normas**

	<b>Norma en Perú</b>	<b>Norma en España</b>	<b>Norma en Colombia</b>
<b>Principales aspectos de las normas</b>	Norma Técnica EM.010 Instalaciones Eléctricas Interiores	Guía Técnica de Eficiencia Energética de Iluminación – Centro Docentes	Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbramiento Público - RETILAP
<b>Campo de aplicación</b>	Posee disposiciones obligatorias para todas las instalaciones eléctricas en los diferentes tipos de edificaciones de todo el país.	Esta guía técnica tiene ámbito en edificios del sector educación. Por ejemplo: Colegios, institutos, academias.	Este reglamento tiene efecto sobre las instalaciones de iluminación tanto en interior como en exterior. Con cumplimiento obligatorio en todo Colombia para instalaciones nuevas, remodelaciones o ampliaciones.
<b>Tipo de luminarias</b>	No se indica en que caso se usa los diferentes tipos de luminarias en un proyecto.	La guía señala cuando se debe usar cada tipo de luminarias según el tipo de tarea que se realiza y el tipo de montaje disponible.	Se brinda una lista de criterios para elegir correctamente el tipo de luminaria. Su fotometría, uso, tipo de luz, dimensiones, entre otras.
<b>Nivel de iluminancia</b>	Esta norma requiere valores mínimos para el nivel de iluminancia mantenida según el ambiente. Este valor dependerá de la clasificación de áreas.	Se trabaja con nivel de iluminancia mantenida para cada ambiente según su clasificación.	Este reglamento establece un nivel de iluminancia mantenida por ambiente. Además, da un requerimiento de iluminancia para pared y techo.

	<b>Norma en Perú</b>	<b>Norma en España</b>	<b>Norma en Colombia</b>
<b>Principales aspectos de las normas</b>	Norma Técnica EM.010 Instalaciones Eléctricas Interiores	Guía Técnica de Eficiencia Energética de Iluminación – Centro Docentes	Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbramiento Público - RETILAP
<b>Uniformidad de iluminancia</b>	Se da los valores de uniformidad de iluminancia en el plano de trabajo. Este valor dependerá de cada ambiente.	En la guía técnica se indica como determinar la uniformidad de iluminancia (U <sub>0</sub> ). Especifica el valor de uniformidad de iluminancia mínima para cada ambiente según la actividad que desarrolle.	El reglamento brinda valores de uniformidad según el ambiente. Además, menciona sobre la uniformidad de iluminancia en techos y paredes
<b>Índice de deslumbramiento</b>	Se da los valores de índice de deslumbramiento máximos por cada ambiente del proyecto.	Se indica la fórmula para hallar el índice de deslumbramiento. Posteriormente, se da los valores máximos del índice de deslumbramiento para diferentes ambientes.	Se brinda los valores máximos de deslumbramiento, la formula como hallar el valor de UGR y sugerencias de cómo evitar el deslumbramiento y el control de reflejos.
<b>Temperatura color</b>	No se da información sobre elección de temperatura de color para un ambiente.	En la guía se da una lista de temperatura de color recomendada por cada trabajo realizado en un ambiente.	Brinda rangos de temperatura de color solo para algunos ambientes.
<b>Iluminancia cilíndrica media</b>	No se menciona este parámetro en esta norma.	Se menciona y se da una lista para el valor mínimo de la iluminancia cilíndrica media por cada ambiente.	Se indica que para un plano de trabajo a 1.2 m para personas sentadas y a 1.6m para personas paradas. Da valores mínimos para iluminancia cilíndrica dependiendo del ambiente.

	<b>Norma en Perú</b>	<b>Norma en España</b>	<b>Norma en Colombia</b>
<b>Principales aspectos de las normas</b>	Norma Técnica EM.010 Instalaciones Eléctricas Interiores	Guía Técnica de Eficiencia Energética de Iluminación – Centro Docentes	Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbramiento Público - RETILAP
<b>Eficiencia energética</b>	No se menciona el apartado de eficiencia en esta norma.	Se propone un valor para medir la eficiencia en un ambiente según sus dimensiones y su iluminación, el valor de VEEL.	También se propone analizar la eficiencia según el valor de VEEL.
<b>Iluminancia cilíndrica media</b>	No se menciona este parámetro en esta norma.	Se menciona y se da una lista para el valor mínimo de la iluminancia cilíndrica media por cada ambiente.	Se indica que para un plano de trabajo a 1.2 m para personas sentadas y a 1.6m para personas paradas. Da valores mínimos para iluminancia cilíndrica dependiendo del ambiente.

En el capítulo 2 se han presentado las normas que se utilizarán para la elaboración de la metodología. Se ha analizada cada una y se presenta las diferencias entre estas en la tabla comparativa. Con esto se elaborará la metodología tomando como base la norma peruana y complementando con las normas internacionales.

## Capítulo 3

### Software DIALux evo

#### 3.1 Origen

En el año 1989 fue fundado el Instituto Alemán de luminotecnia aplicada (*Deutsches Institut für Angewandte Lichttechnik – DIAL*) con la finalidad de brindar una amplia gama de conocimientos especializados en el campo de la iluminación para así desarrollar un correcto diseño y automatización de edificios. Luego, en 1994, se desarrolló la herramienta DIALux como software de diseño de iluminación (DIALux, DIALux es el software para su diseño de iluminación profesional, 2021).

El software DIALux ha sido actualizado a lo largo de los años en diferentes versiones hasta llegar a la versión 4.13 y en el año 2012 se lanzó una versión mejorada a DIALux llamada DIALux evo. Esta incluía todo lo que poseía DIALux, pero adicionando innovaciones, mejoras de recursos y, además, recibe actualizaciones frecuentemente.

El uso de softwares especializados en los proyectos de iluminación permite garantizar un proyecto con ambientes apropiados y con eficiencia energética, además, adaptarse al criterio normativo de cada país.

En el caso de la normativa peruana en la versión actualizada del código se admite las memorias de cálculo utilizando este software.

#### 3.2 Funcionamiento

DIALux es un software abierto y su descarga es gratuita. Puede ser usado con fines personales, educativos o comerciales.

El programa se financia gracias a las licencias de los fabricantes de luminarias; estas marcas líderes en el sector iluminación brindan a DIALux sus productos y pueden ser usados para la planificación de proyectos.

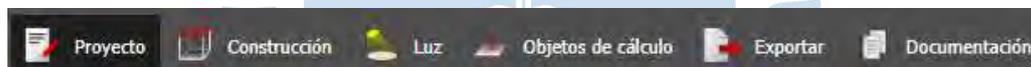
Para la última versión disponible durante el desarrollo del trabajo de investigación (DIALux evo 11.0), el software DIALux evo solicita de los siguientes requisitos de hardware para funcionar correctamente:

**Tabla 12. Requisitos DIALux evo**

Elemento	Requisitos
Procesador	Intel o AMD, de 4-8 núcleos
RAM	Al menos 4 GB, se recomienda 8 – 16 GB.
Tarjeta gráfica	Admitir al menos OpenGL 3.2
VRAM	1 GB como mínimo, se recomienda 2GB o más
Resolución de pantalla	Full HD (1920 x 1080)
Sistemas operativos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Windows 7 (64 bits)</li> <li>- Windows 8.1 (64 bits)</li> <li>- Windows 10 (64 bits)</li> <li>- Windows 11 (64 bits)</li> </ul>

DIALux evo posee un método secuencial para analizar la iluminación en proyectos. Este método se divide en 6 pasos generales, así como se observa en la figura 30:

**Figura 30. Método DIALux evo**



**Nota. Adaptada del software DIALux evo.**

El primer paso es el de “Proyecto”; en este se brindará información general del proyecto, por ejemplo: Nombre del proyecto, descripción corta y descripción general, fecha del proyecto, dirección, autor y se podrá añadir alguna imagen del proyecto. El siguiente paso es el de “Construcción”; en este se elaborará el modelo para el cálculo de iluminación. Se importa a DIALux evo el plano del edificio (los planos pueden estar en formato JPEG, PNG, BMP, TIFF, GIF, DWG y DXF) y se elaborará el modelo del edificio. En el modelo se podrá insertar ventanas, puertas, tragaluces, columnas y tejados. Conjuntamente se puede amueblar los ambientes y añadir texturas. El tercer paso es el aparatado de “Luz”. En este se podrán importar lámparas o usar las lámparas propias de DIALux evo según sea el requerimiento. Además, se podrá modificar los parámetros de las lámparas. El cuarto paso en el cálculo de iluminación es el de “Objetos de cálculo”; en este paso se podrá añadir objetos de cálculo (Las áreas auxiliares las cuales se utilizarán para ambientes amueblados; las áreas de trabajo que se utilizarán para análisis en áreas que requieran un nivel de iluminación específico porque desarrollan tareas visuales; y los puntos

de cálculo que serán utilizados para el cálculo de iluminación media cilíndrica e índice de deslumbramiento) para determinar valores específicos. Con estos pasos ya se tendría totalmente definido el modelo del proyecto en DIALux evo y se procede a simular. Ahora se tiene el paso “Exportar”. En este se podrá exportar imágenes y renderizados del proyecto. El siguiente paso es el de “Documentación”, de este se puede obtener el informe técnico con los resultados del cálculo de iluminación elaborado por DIALux evo.

El método de cálculo de iluminación DIALux y muchos otros programas usan el método de *Radiosity* (Radiosidad). Este método fracciona el modelo en pequeñas unidades denominadas parches y calcula el intercambio de energía entre cada superficie.

No obstante, junto al lanzamiento de DIALux evo, se implementó el uso del “mallado adaptativo”; este complemento al método *Radiosity* garantiza que la división del modelo no sea mediante unidades cuadrículas fijas, si no que se dividan muy finamente donde existan grandes diferencias de iluminancia. Con esta nueva forma de cálculo se logró obtener una distribución de luz más aproximado a la realidad (DIALux, 2021).

**Figura 31. Método de mallado adaptativo**



**Nota.** Adaptada de *DIALux evo - New calculation method*, DIALux, 2021.

### 3.3 Usos y ventajas

DIALux está disponible en dos versiones: La primera versión fue DIALux fue lanzada en 1994 y llegó hasta su versión 4.13. Esta versión ya no recibe más actualizaciones. Y la segunda versión y la actual es DIALux evo. Esta versión de DIALux fue diseñada desde cero y desarrollada para trabajar acorde a los últimos avances de hardware.

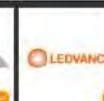
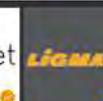
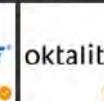
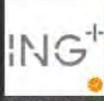
Las ventajas que presenta DIALux evo respecto al DIALux:

- Permite una simulación real de efectos luminosos de forma interactiva, facilitando trabajar de forma asociativa el lugar, edificio y sus entornos.
- Permite el modelado y planificación de edificios en su totalidad. Fusión de diseño de iluminación interior y exterior.
- Implementa el método de cálculo *Radiosity*, este permite obtener mejores resultados

### 3.4 Uso de DIALux evo

Actualmente, DIALux es líder en el mercado de simulación de iluminación mediante software teniendo más de 750.000 usuarios alrededor de todo el mundo, incluyendo diseñadores de iluminación, electricistas, ingenieros, etc. Además, posee en su biblioteca más de 190 fabricantes de luminarias en la planificación. En Perú, destacan los fabricantes que se muestran en la figura 32 y 33. Además, en las tablas 13 y 14 se da más información sobre estos fabricantes como el link a su catálogo.

**Figura 32. Fabricante de luminarias DIALux evo en Perú – Parte 1**

									
Ares s.r.l.	Arkosligh	Artemide S.p...	Delta Light	Deluxe Lighti...	LEDVANCE	Lightnet	LIGMAN	Louis Poulsen	LTS Licht &...
									
Disano Illumi...	ERCO	FAGERHULT	FLOS S.p.A.	FSL	MPE	Oktalite	PAK 三维夜光	Performance...	Philips
									
Glamox	GRIVEN S.r.l.	Hess GmbH...	Huayi Lightng	iGuzzini	SALIOT	SCHMITZ   ...	Schröder	SLV	Stahl
									
ING LIGHTING	LAMP	Lampara	LED Linear	LEDS-C4 S.A.	SYLVANIA	TRILUX	Vulkan	WE-EF	

**Nota.** Adaptada del software DIALux evo

Tabla 13. Información de fabricante DIALux evo – Parte 1

Fabricante	Link de catálogo
Ares	<a href="https://www.dialux-plugins.net/ARES#/">https://www.dialux-plugins.net/ARES#/</a>
Arkoslight	<a href="https://www.arkoslight.com/en/family/all-en/">https://www.arkoslight.com/en/family/all-en/</a>
Artemide	<a href="https://www.artemide.com/es/home">https://www.artemide.com/es/home</a>
Delta Light	<a href="https://www.deltalight.com/en/products/overview">https://www.deltalight.com/en/products/overview</a>
Deluxe Lighting	<a href="https://www.deluxeiluminacion.com/catalogo/">https://www.deluxeiluminacion.com/catalogo/</a>
Disano Illuminazione	<a href="https://www.disano.it/it/prodotti/">https://www.disano.it/it/prodotti/</a>
ERCO	<a href="https://www.ereco.com/en/products/products-7681/">https://www.ereco.com/en/products/products-7681/</a>
FAGERHULT	<a href="https://www.fagerhult.com/Products/?template=AllProducts">https://www.fagerhult.com/Products/?template=AllProducts</a>
FLOS	<a href="https://professional.flos.com/en/global/catalogs/families/">https://professional.flos.com/en/global/catalogs/families/</a>
FSL	<a href="https://www.chinafsl.com/en/index.php?ac=article&amp;at=list&amp;tid=19">https://www.chinafsl.com/en/index.php?ac=article&amp;at=list&amp;tid=19</a>
Glamox	<a href="https://www.glamox.com/en/pbs/products/">https://www.glamox.com/en/pbs/products/</a>
GRIVEN	<a href="https://www.griven.com/ProductsList.aspx?lang=en">https://www.griven.com/ProductsList.aspx?lang=en</a>
Hess GmbH	<a href="https://www.hess.eu/en/products/lighting">https://www.hess.eu/en/products/lighting</a>
Huayi Lighting	<a href="https://www.huayilight.com/products">https://www.huayilight.com/products</a>
iGuzzini	<a href="https://www.iguzzini.com/">https://www.iguzzini.com/</a>
ING LIGHTING	<a href="http://www.inglighting.net/">http://www.inglighting.net/</a>
LAMP	<a href="https://www.lamp.es/en/luminaires_1791?pd-type=indoor">https://www.lamp.es/en/luminaires_1791?pd-type=indoor</a>
Lampenwelt	<a href="https://catalogue.dialux.com/lampenwelt/#/">https://catalogue.dialux.com/lampenwelt/#/</a>
LED Linear	<a href="https://www.led-linear.com/products">https://www.led-linear.com/products</a>
LEDS-C4	<a href="https://ledsc4.com/es/productos/catalogo">https://ledsc4.com/es/productos/catalogo</a>
LEDVANCE	<a href="https://www.ledvance.com/">https://www.ledvance.com/</a>
Lightnet	<a href="https://www.lightnet-group.com/de/kollektion/">https://www.lightnet-group.com/de/kollektion/</a>
LIGMAN	<a href="https://www.ligman.com/products/">https://www.ligman.com/products/</a>
Louis Poulsen	<a href="https://www.louispoulsen.com/en/catalog/private">https://www.louispoulsen.com/en/catalog/private</a>
LTS	<a href="https://www.lts-light.com/en/products/all-products/">https://www.lts-light.com/en/products/all-products/</a>
MPE	<a href="https://www.mpe.com.vn/en-US/led-lights">https://www.mpe.com.vn/en-US/led-lights</a>
Oktalite	<a href="https://www.oktalite.com/en/products/">https://www.oktalite.com/en/products/</a>
PAK	<a href="https://www.pak.com.cn/product/5/">https://www.pak.com.cn/product/5/</a>
Performance in Lighting	<a href="https://www.performanceinlighting.com/ww/en/">https://www.performanceinlighting.com/ww/en/</a>
Philips	<a href="https://www.productselector.lighting.philips.com/#/Home">https://www.productselector.lighting.philips.com/#/Home</a>
SALIOT	<a href="https://www.saliot.com/search/">https://www.saliot.com/search/</a>
SCHMITZ WILA	<a href="https://schmitz-wila.com/en/products/">https://schmitz-wila.com/en/products/</a>
Scheréder	<a href="https://www.schreder.com/en/products">https://www.schreder.com/en/products</a>
SLV	<a href="https://www.slv.com/en/">https://www.slv.com/en/</a>
Stahl	<a href="https://r-stahl.com/en/global/products/luminaires/">https://r-stahl.com/en/global/products/luminaires/</a>
SYLVANIA	<a href="https://www.sylvania-lighting.com/product/es-es/categories/">https://www.sylvania-lighting.com/product/es-es/categories/</a>
TRILUX	<a href="https://www.trilux.com/es/productos/">https://www.trilux.com/es/productos/</a>
Vulkan	<a href="https://www.vulkan.com/en/products">https://www.vulkan.com/en/products</a>
WE-EF	<a href="https://www.we-ef.com/en/products">https://www.we-ef.com/en/products</a>

**Figura 33. Fabricantes de luminarias  
DIALux evo en Perú – Parte 2**



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

**Tabla 14. Información de fabricante DIALux evo – Parte 2**

Fabricante	Link de catálogo
ACEVEL	<a href="https://silver.dialux.com/acevel">https://silver.dialux.com/acevel</a>
ALTO CO	<a href="https://www.dialux-plugins.net/ALTO#/">https://www.dialux-plugins.net/ALTO#/</a>
ARCLUCE	<a href="https://www.dialux-plugins.net/ARCLUCE#/?lang=1034">https://www.dialux-plugins.net/ARCLUCE#/?lang=1034</a>
BELED	<a href="https://www.dialux-plugins.net/beled#/">https://www.dialux-plugins.net/beled#/</a>
BRIGHT SPECIAL LIGHT	<a href="https://www.dialux-plugins.net/BRIGHTSPECIALLIGHTING#/">https://www.dialux-plugins.net/BRIGHTSPECIALLIGHTING#/</a>
Ghidini Lighting	<a href="https://www.dialux-plugins.net/GHIDINI#/">https://www.dialux-plugins.net/GHIDINI#/</a>
Heper	<a href="https://www.dialux-plugins.net/HEPER#/">https://www.dialux-plugins.net/HEPER#/</a>
L&L Luce&Light	<a href="https://www.dialux-plugins.net/LeL#/">https://www.dialux-plugins.net/LeL#/</a>
Luceplan	<a href="https://www.dialux-plugins.net/LUCEPLAN#/">https://www.dialux-plugins.net/LUCEPLAN#/</a>
LUG Light	<a href="https://www.dialux-plugins.net/LUG#/">https://www.dialux-plugins.net/LUG#/</a>
MP Lighting	<a href="https://www.dialux-plugins.net/MP_LIGHTING#/?lang=1034">https://www.dialux-plugins.net/MP_LIGHTING#/?lang=1034</a>
Prolights	<a href="https://www.dialux-plugins.net/PROLIGHTS#/">https://www.dialux-plugins.net/PROLIGHTS#/</a>
Psmlighting	<a href="https://www.dialux-plugins.net/PSM#/">https://www.dialux-plugins.net/PSM#/</a>
SIMES	<a href="https://www.dialux-plugins.net/SIMES_SPA#/?lang=1034">https://www.dialux-plugins.net/SIMES_SPA#/?lang=1034</a>
SIMON	<a href="https://www.dialux-plugins.net/SIMON#/?lang=1034">https://www.dialux-plugins.net/SIMON#/?lang=1034</a>
SIMON China	<a href="https://www.dialux-plugins.net/SIMONCHINA#/?lang=1034">https://www.dialux-plugins.net/SIMONCHINA#/?lang=1034</a>
Slighting	<a href="https://www.dialux-plugins.net/SLIGHTING#/">https://www.dialux-plugins.net/SLIGHTING#/</a>
Unilamp	<a href="https://www.dialux-plugins.net/UNILAMP#/">https://www.dialux-plugins.net/UNILAMP#/</a>
YNDLUX	<a href="https://www.dialux-plugins.net/YNDLUX#/">https://www.dialux-plugins.net/YNDLUX#/</a>

De la experiencia obtenida en el desarrollo de este trabajo; se estima que para empezar con un diseño simple en el software se requiere entre 6 y 8 horas de dedicación para un usuario sin conocimientos ni entrenamiento previo. Además, DIALux presenta Academia DIALux, en dónde brinda cursos para usuarios principiantes o expertos a los que les interese el software.

La información brindada en este capítulo sirve para conocer el software DIALux evo, su origen, funcionamiento, requerimiento de hardware, usos y ventajas. Estos conocimientos son necesarios para un mejor uso del software ya que se utilizará para aplicar la metodología en los siguientes capítulos.





## Capítulo 4

### Desarrollo de la metodología para iluminación de interiores

Esta metodología se basa principalmente en la norma técnica EM.010 para instalaciones eléctricas interiores del Reglamento Nacional de Edificaciones vigente en Perú. Además, se recurrirá a la Guía Técnica de Eficiencia Energética de Iluminación – Centro Docentes del país de España y al Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbramiento Público del país de Colombia, esto para complementar a la normativa peruana y obtener una metodología completa.

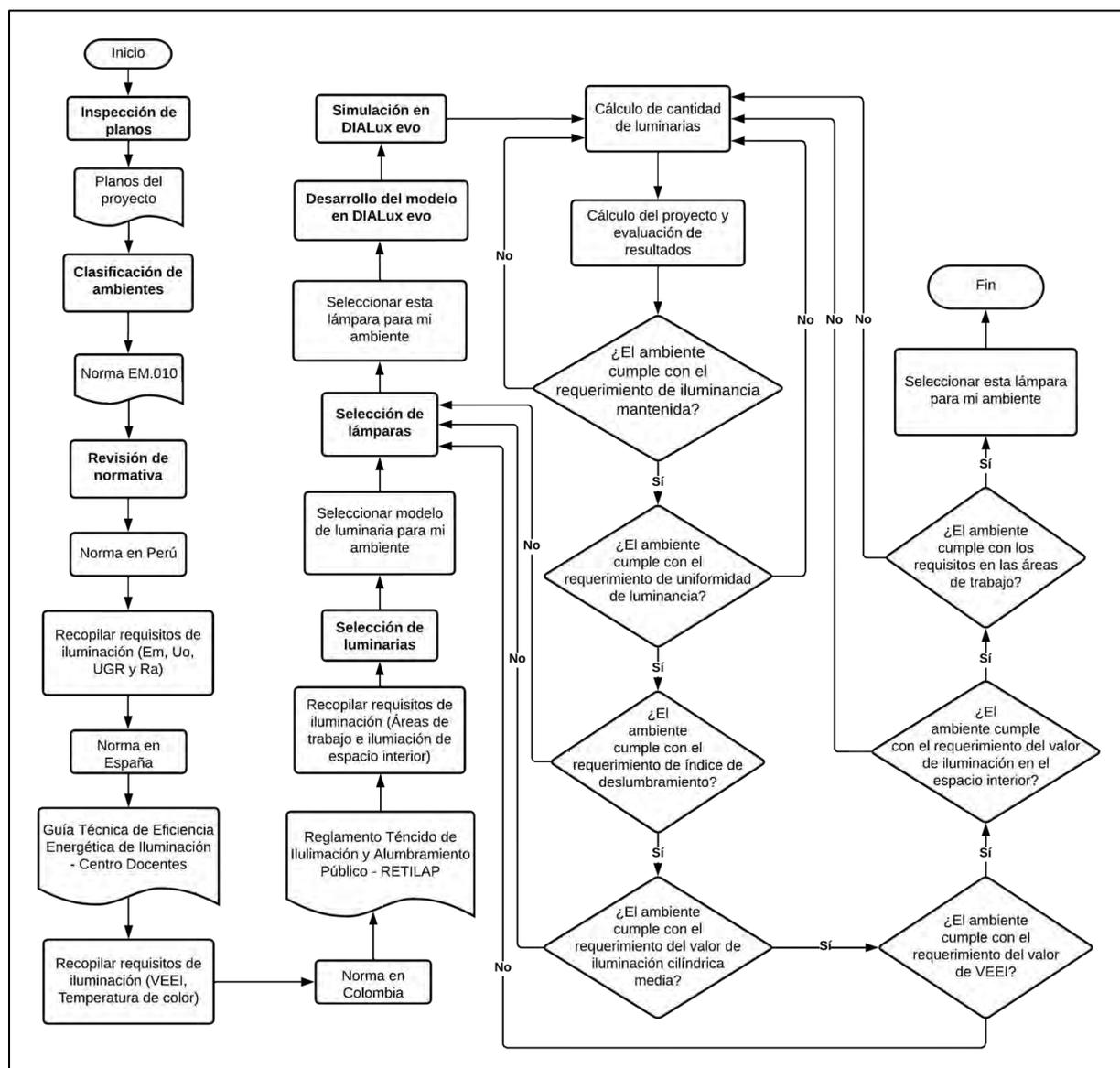
El uso de DIALux evo en esa metodología garantiza un proceso de diseño de iluminación de interiores más eficiente. Esto se debe a que el software permite evaluar los resultados de manera virtual lo que reduce la necesidad de iteraciones físicas en el diseño. Es decir; al utilizar este software se puede probar y ajustar el diseño de iluminación de manera virtual antes de llevarlo a cabo en la realidad. Esto evita la necesidad de hacer cambios en el diseño después de haber implementado la iluminación físicamente, lo que a la vez ahorra tiempo y recursos.

La metodología desarrollada considera las siguientes etapas para el desarrollo de iluminación en interiores en centros educativos:

- Inspección de planos
- Clasificación de actividades
- Revisión de normativa
- Selección de luminarias
- Selección de lámparas
- Desarrollo del modelo en DIALux evo
- Simulación en DIALux Evo
- Cálculo del proyecto y evaluación de resultados

En la figura 34 se muestra el diagrama de flujo del procedimiento de esta metodología para desarrollar la iluminación en interiores. En el transcurso del capítulo se explicará más a detalle cada paso.

Figura 34. Diagrama de flujo del diseño de un sistema de iluminación



#### 4.1 Inspección de planos

Para primer paso se requiere el plano de proyecto al cual se diseñará la iluminación de interior. Esto para facilitar el modelado en el software DIALux evo. Además, es importante la inspección y reconocimiento de los planos; es decir, identificaciones de materiales y elementos de los edificios como puertas, ventanas, columnas, rutas de circulación, etc.

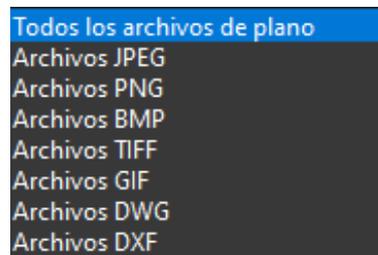
Se importará a DIALux evo el plano del proyecto en archivo DWG y DXF del programa AutoCAD o en archivo JPEG y PNG. También se permite los archivos BMP, TIFF. Esto se hará con la herramienta “Cargando plano...” del apartado de “Construcción” de DIALux evo como se observa en la figura 35 y figura 36:

**Figura 35. Herramienta Exportar planos a DIALux evo**



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

**Figura 36. Tipos de archivos que admite DIALux evo**



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

## 4.2 Clasificación de ambientes

Se clasificará los ambientes del edificio según el tipo la tarea o actividad que se realicen en estos. En el caso de que no se encuentre la actividad o tarea exacta, se buscará una similar que reemplace a esta. La clasificación se hará con la normativa de Perú EM.010.

## 4.3 Revisión de normativa para establecer parámetros

### 4.3.1 Normativa en Perú

Posterior a la clasificación de los ambientes del edificio, se revisará la norma técnica EM.010 para cada uno de los ambientes, esto para establecer los requisitos de iluminación que necesita cada ambiente. En la tabla 15 se muestra los tipos de actividades y sus requerimientos de iluminación.

**Tabla 15. Tabla de normativa EM.010**

<b>Tipo de interior, tarea o actividad</b>	<b>Em [lx]</b>	<b>UGR</b>	<b>Uo</b>	<b>Ra</b>
Sala de juegos	300	22	0.40	80
Guarderías	300	22	0.40	80
Sala de manualidades	300	19	0.60	80
Aulas de profesores	300	19	0.60	80
Aulas para clases nocturnas y de educación de adultos	500	19	0.60	80
Salas de lectura	500	19	0.60	80
Zona de pizarra	500	19	0.70	80
Mesa de demostraciones	500	19	0.70	80
Locales de arte y oficios	500	19	0.60	80
Locales de artes (en escuelas de arte)	750	19	0.70	80
Salas de dibujo técnico	750	16	0.70	80
Locales de prácticas y laboratorios	500	19	0.60	80
Aulas de manualidades	500	19	0.60	80
Taller de enseñanza	500	19	0.60	80
Locales de prácticas de música	300	19	0.60	80
Locales de prácticas de computación	300	19	0.60	80
Laboratorio de idiomas	300	19	0.60	80
Locales y talleres de preparación	500	22	0.60	80
Vestíbulo de entrada	200	22	0.40	80

<b>Tipo de interior, tarea o actividad</b>	<b>Em [lx]</b>	<b>UGR</b>	<b>Uo</b>	<b>Ra</b>
Áreas de circulación, pasillos	100	25	0.40	80
Escaleras	150	25	0.40	80
Locales comunes de estudiantes y salas de reuniones	200	22	0.40	80
Locales de maestros	300	19	0.60	80
Biblioteca: estanterías	200	19	0.60	80
Biblioteca: áreas de lectura	500	19	0.60	80
Almacenes de material de profesores	100	25	0.40	80
Salas deportivas, gimnasios y piscinas	300	22	0.60	80
Cocina	500	22	0.60	80
Almacenes de material de profesores	100	25	0.40	80
Salas deportivas, gimnasios y piscinas	300	22	0.60	80
Cocina	500	22	0.60	80

**Nota.** Adaptada de Norma Técnica EM.010 “Instalaciones eléctricas interiores del Reglamento Nacional de Edificaciones”, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019.

#### 4.3.2 Normas en España

**4.3.2.1 Valor de eficiencia energética en iluminación (VEEI).** Se complementará a esta metodología el valor de eficiencia energética en iluminación (VEEI). Este valor indica que tan eficiente es el proyecto en lo que respecta la iluminación.

El valor de VEEI se hallará de la siguiente manera:

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

Donde:

P: Potencia total instalada en el ambiente [W]

S: Área de la superficie del ambiente [m<sup>2</sup>]

$E_m$ : Iluminancia mantenida [lx]

En esta norma se especifica que el valor de VEEI máximo que tendrá cada ambiente dependerá de la actividad que desarrolle, así como se observa en la tabla 16.

**Tabla 16. Valores de VEEI límite**

<b>Zonas de actividad diferenciada</b>	<b>VEEI límite</b>
Administrativa general	3.0
Andenes de estaciones de transporte	3.0
Pabellones de exposición o ferias	3.0
Salas de diagnóstico	3.5
Aulas y laboratorios	3.5
Habitaciones de hospital	4.0
Recintos interiores no descritos en este listado	4.0
Zonas comunes	4.0
Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	4.0
Aparcamientos	4.0
Espacios deportivos	4.0
Estaciones de transporte	5.0
Supermercados, hipermercados y grandes almacenes	5.0
Bibliotecas, museos y galerías de arte	5.0
Zonas comunes en edificios no residenciales	6.0
Centros comerciales (excluidas tiendas)	6.0
Hostelería y restauración	8.0
Religiosas en general	8.0
Salones de actos auditorios, salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias	8.0
Salones de actos auditorios, salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias	8.0
Tiendas y pequeño comercio	8.0

Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
Habitaciones de hoteles, hostales, etc.	10.0
Locales con nivel de iluminación superior a 600 lux	2.5

**Nota.** Adaptada de Guía Técnica de Eficiencia en Iluminación - Centro Docentes, Comité Español de Iluminación, 2020.

**4.3.2.2 Temperatura de color.** Otro parámetro que se extraerá de la Guía Técnica de Eficiencia Energética de Iluminación – Centro Docentes es la forma de elección de la lámpara dependiendo de la temperatura de color. La selección de la temperatura de color dependerá del tipo de actividad que se desarrolle en ese ambiente como se observa en la tabla 17.

**Tabla 17. Valores de temperatura de color por ambiente**

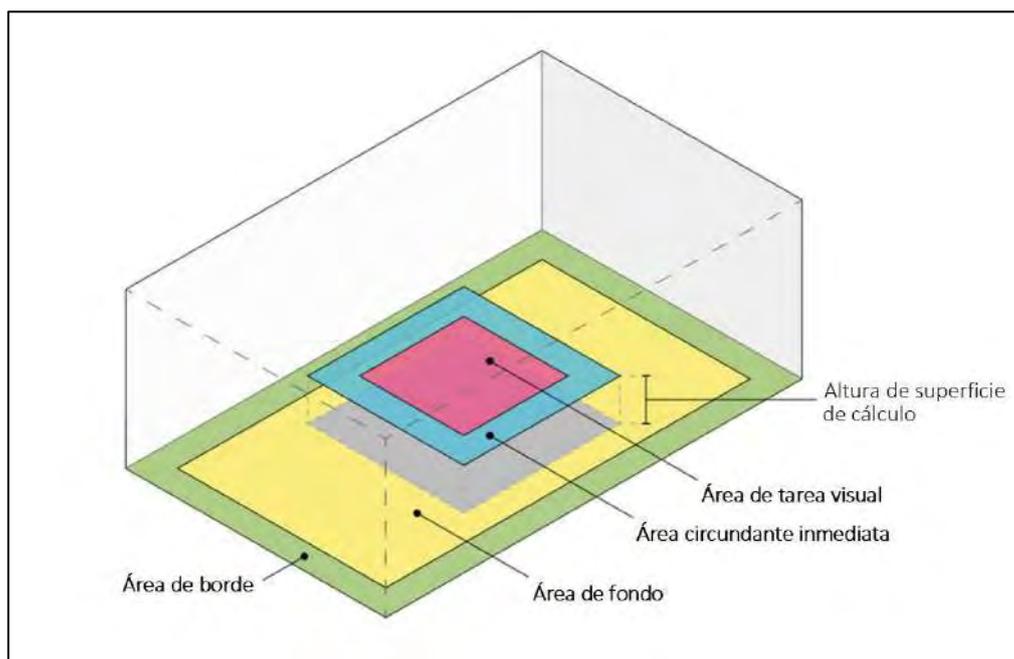
Tono de luz	Tipo de actividad o de iluminación	Temperatura de color
Tonos cálidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entornos decorados con tonos claros</li> <li>- Áreas de descanso</li> <li>- Salas de espera</li> <li>- Zonas con usuarios de avanzada edad</li> <li>- Áreas de esparcimiento</li> <li>- Bajos niveles de iluminación</li> </ul>	$T < 3300 \text{ K}$
Tonos neutros	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lugares con importante aportación de luz natural</li> <li>- Tarea visual de requisitos médicos</li> </ul>	$3300 \text{ K} < T < 5300 \text{ K}$
Tonos fríos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entornos decorados con tonos fríos</li> <li>- Altos niveles de iluminación</li> <li>- Para enfatizar la impresión técnica</li> <li>- Tareas visuales de alta concentración</li> </ul>	$5300 \text{ K} < T$

**Nota.** Adaptada de Guía Técnica de Eficiencia en Iluminación - Centro Docentes, Comité Español de Iluminación, 2020.

#### **4.3.3 Normas de Colombia**

**4.3.3.1 Áreas de iluminancia.** Se extraerá de esta norma el análisis que se realiza en las áreas de trabajo, así como en sus áreas circundantes. Estas áreas se analizarán según la actividad que se realice en el ambiente. Las áreas de iluminancia serán las que se observan en la figura 37:

Figura 37. Área de iluminancia



**Nota.** Adaptada de Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP, Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2022.

- Área de tarea visual: Área destinada al desarrollo de tareas visuales. Por ejemplo: escritorio para lectura, superficie de trabajo en industria.
- Área circundante inmediata: Área ubicada alrededor del área de tarea visual, corresponde a la banda a una distancia de 0.5 m del área de tarea visual. Los valores deben tener estas áreas se definen en la tabla 18.

Tabla 18. Iluminancia en área circundante inmediata

Iluminancia de área de la tarea visual – $E_m$ [lx]	Iluminancia del área circundante inmediata [lx]
$\geq 750$	500
500	300
300	200
200	150
$\leq 150$	La misma iluminancia del área de la tarea visual

**Nota.** Adaptada de Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP, Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2022.

- Área de fondo: Área contigua al área circundante inmediata. Se evalúa al nivel del piso y tendrá un ancho no menor a 3 m. El criterio que tendrá es que el valor de iluminancia en esta área tendrá un valor de 1/3 de iluminancia del área circundante inmediata y un valor de  $U_o \geq 0.10$ .
- Área del borde: Área que solo aparece en pequeños ambientes, cuando el área de la tarea se extiende hasta esta. El ancho de esta banda será igual al 15% de la dimensión más pequeña o 0.5 m, cualquiera que sea la menor entre ambas.

#### 4.3.3.2 Iluminancia en el espacio interior

- Iluminancia cilíndrica media ( $E_m, z$ )

El valor mínimo para esta variable en el desarrollo del análisis de la iluminancia será establecido en la tabla 19.

- Iluminancia en la habitación

También se analizará será la iluminancia en pared ( $E_m$ , pared), y la iluminancia en techo ( $E_m$ , techo). Se asignarán un valor mínimo de iluminancia en cada ambiente del edificio que se analiza. Esto se observa en la tabla 19.

**Tabla 19. Iluminancia en el espacio interior**

Tipo de recinto y actividad	Niveles de iluminancia [lx]		
	$U_o \geq 0.10$		
	$E_m, z$	$E_m$ , pared	$E_m$ , techo
Archivo, copia, etc.	100	100	75
Escritura, mecanografía, lectura, procesamiento de datos	150	150	100
Dibujo técnico	150	150	100
Estaciones de trabajo CAD	150	150	100
Salas de conferencia y reuniones	150	150	100
Mesas de conferencia	150	150	100
Recepción	100	100	75
Archivo	75	75	50

**Nota.** Adaptada de Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP, Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2022.

#### 4.4 Selección de luminarias

Este paso consta en elegir, entre los diferentes tipos de luminarias, la que mejor se adapte al tipo de ambiente que se tenga en el edificio. También será importante elegir el sistema de montaje que se usará.

##### 4.4.1 Tipo de luminaria

La norma técnica peruana no señala nada sobre este paso en el diseño de iluminación; por ello, se usará como referencia la Guía Técnica de Eficiencia Energética de Iluminación – Centro Docentes del país de España como referencia.

Los diferentes tipos de luminarias que existen son los siguientes:

- Luminaria empotrada en falso techo
- Luminaria suspendida
- Luminaria adosada directa o indirectas
- Downlights
- Luminarias estancadas para fluorescentes lineales
- Luminarias estancadas de interior o zonas cubiertas para lámparas de descarga en gas de halógenos metálicos o LED
- Luminaria tipo proyector
- Luminaria tipo viario

##### 4.4.2 Sistema de montaje o instalación

Para centros educativos, se podrá usar los siguientes tipos de sistema de montaje dependiendo del tipo de luminaria que se use:

- Empotrado en techo
- Montaje en techo
- Suspendidas
- Riel de contacto
- Montaje en pared
- Mástil integrado

Se seleccionará el tipo de luminarias según el área de uso, así como el tipo de montaje disponible en ese ambiente. Esto se observa en la tabla 20.

**Tabla 20. Selección de luminaria**

<b>Tipo de montaje</b>	<b>Área de uso</b>	<b>Tipo de luminaria</b>
- Empotrado en techo	Iluminación general de salas con pantallas de ordenador o televisor	Luminaria empotrada en falso techo
- Suspendidas - Riel de contacto	Uso en alumbrado local para oficina tipo club, colmena, celda y reunión	Luminaria suspendida
- Montaje en techo	Uso en alumbrado local para oficina tipo club, colmena, celda y reunión	Luminaria adosada directa o indirectas
- Empotrado en techo	Para zonas representativas como áreas de entrada, cafeterías, pasillos, etc.	Downlights de empotrar
- Montaje en techo	Para zonas representativas como áreas de entrada, cafeterías, pasillos, etc.	Downlights de superficie
- Montaje en techo	Iluminación general de almacenes, cocinas, archivos, etc.	Luminarias estancadas para fluorescentes lineales
- Montaje en techo	Iluminación general de almacenes, talleres, gimnasios, polideportivos, etc.	Luminarias estancadas de interior o zonas cubiertas para lámparas de descarga en gas de halógenos metálicos o LED
- Montaje en techo - Montaje en pared	Para iluminación exterior de la fachada o bien interiores de gran altura.	Luminaria tipo proyector

**Nota.** Adaptada de Guía Técnica de Eficiencia en Iluminación - Centro Docentes, Comité Español de Iluminación, 2020.

#### 4.5 Selección de lámpara

Para desarrollar esta parte de la metodología se apoyará en las bibliotecas que brindan los fabricantes de luminarias o en la propia biblioteca de DIALux Evo.

Para la sección de las lámparas que se usa en un ambiente, se analiza los siguientes parámetros:

- Tipo de montaje
- Índice de reproducción cromática
- Temperatura de color

#### **4.5.1 Selección por tipo de montaje**

La lámpara escogida deberá cumplir con el tipo de montaje disponible para ese ambiente.

#### **4.5.2 Selección por índice de reproducción cromática**

Se determina la lámpara de acuerdo con el requerimiento de cada ambiente a este parámetro.

#### **4.5.3 Selección por temperatura de color**

Se elegirá la luminaria según la temperatura de color anteriormente determinada. Finalmente, se exporta a DIALux Evo el archivo LDT de la luminaria elegida.

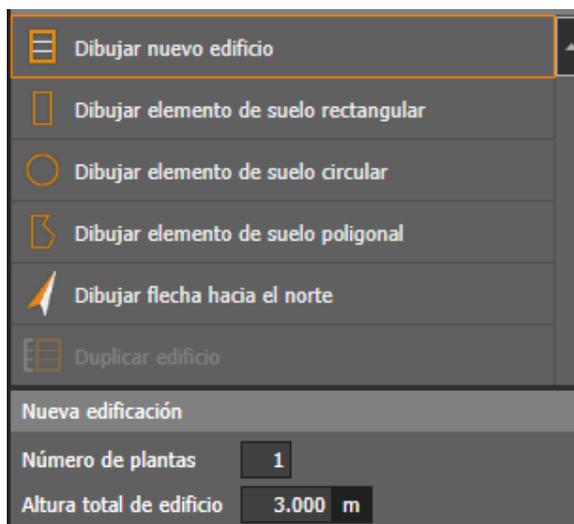
### **4.6 Desarrollo del modelo en DIALux evo**

Con los planos ya importados en el software, se da la escala adecuada y se ubica un punto como origen. Si el plano es un complejo de varios edificios, se deberá modelar cada edificio por separado en el software, indicando la altura de este.

#### **4.6.1 Edificio**

Se define como edificio a la construcción donde se desarrollarán diversas actividades humanas. Por ejemplo: Colegios, iglesias, casas, hospitales, etc. Se agregará los edificios en DIALux evo de la manera que se observa en la figura 38

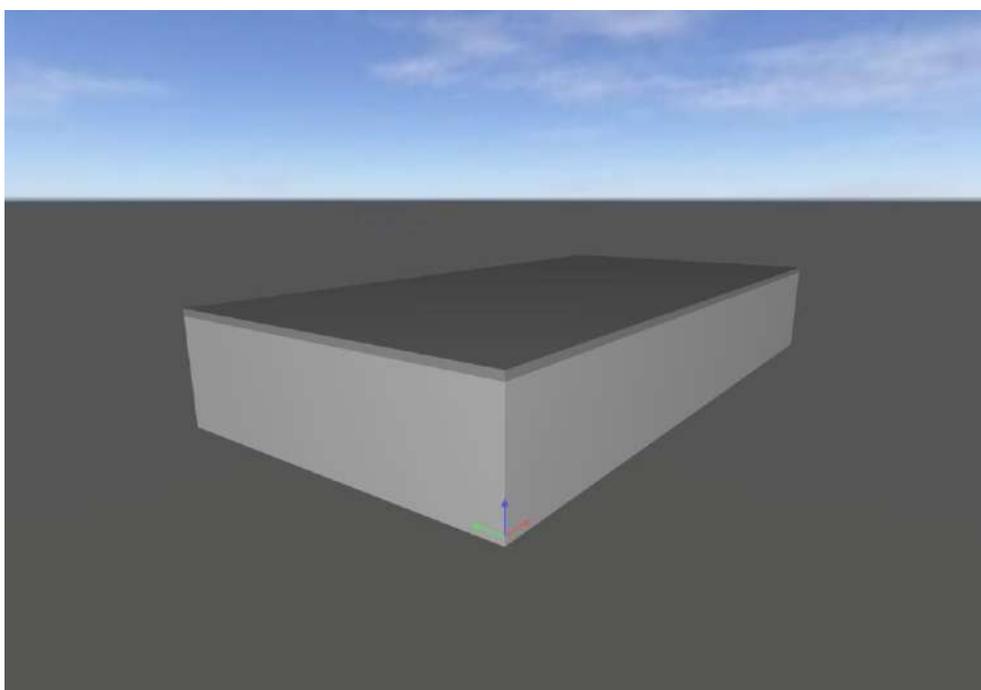
**Figura 38. Herramienta Dibujar nuevo edificio**



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

Al asignarle el valor de altura, se dibujará el edificio. En la figura 39 se observa un ejemplo de edificio.

**Figura 39. Ejemplo - Edificio**



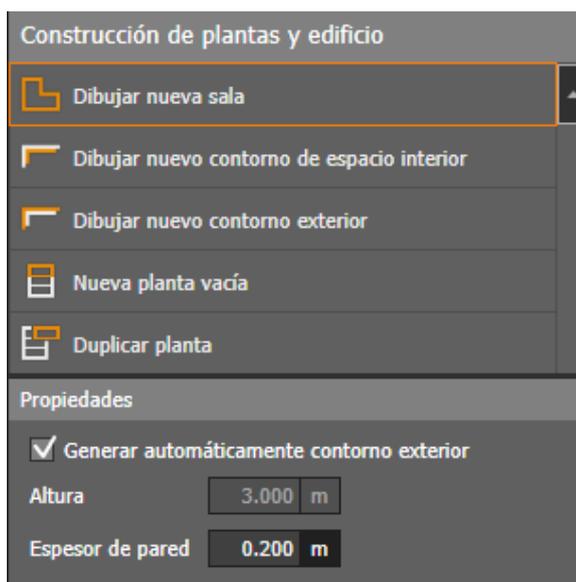
**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

#### 4.6.2 Sala

Se le asignará la denominación de sala a los diferentes ambientes que posea un edificio. Por ejemplo, en el edificio de una institución educativa pueden existir las siguientes salas: Aulas, salas de lectura, aulas de arte, laboratorios, bibliotecas, etc.

Se añadirá las salas al software DIALux evo de la siguiente manera, como se observa en la figura 40.

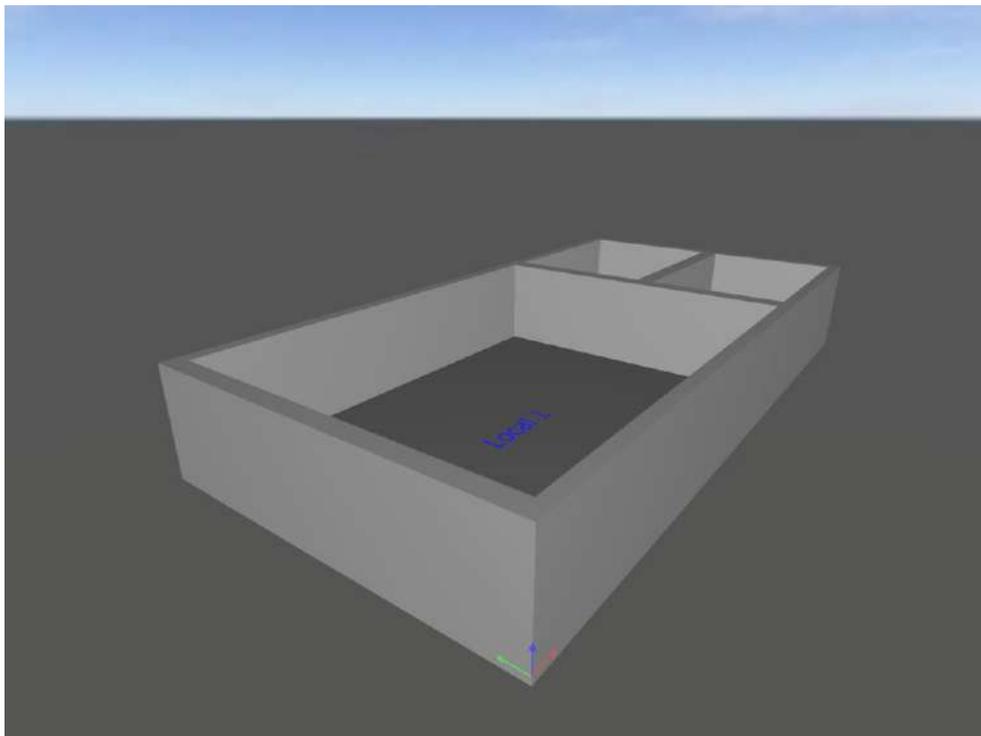
**Figura 40. Herramienta Dibujar nueva sala**



**Nota. Adaptada del software DIALux evo.**

Con la herramienta “Dibujar nueva sala” se obtendrá una sala y se asignará el espesor de paredes:

**Figura 41. Ejemplo - Salas**

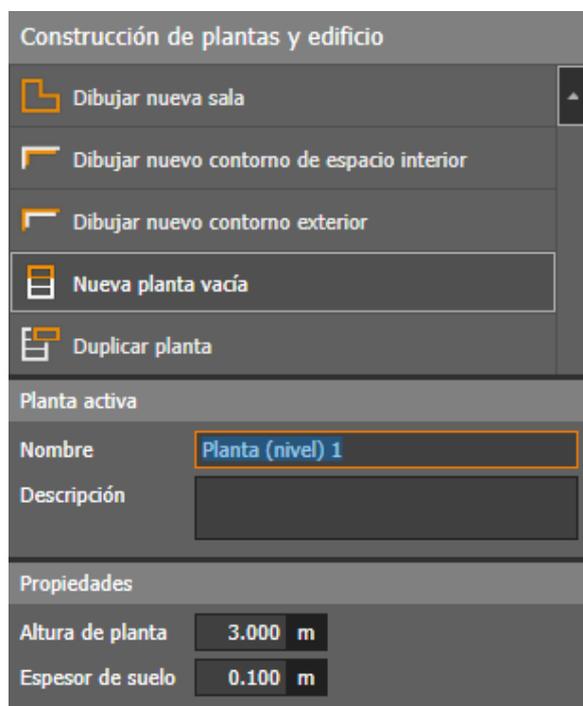


**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

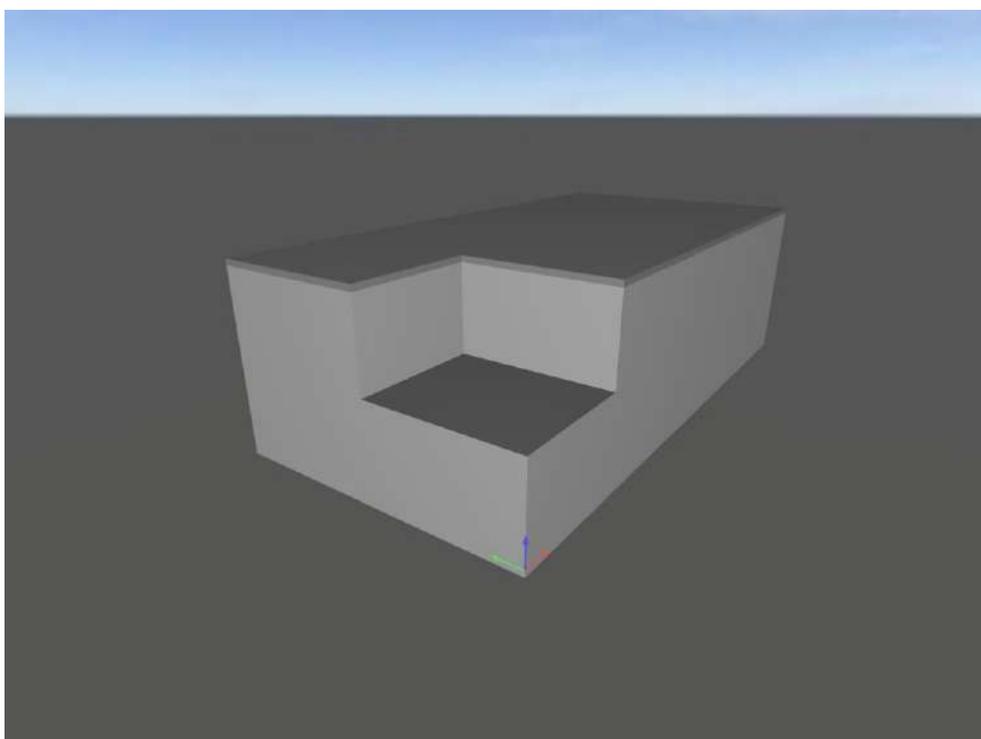
#### **4.6.3 Planta**

Se define como planta cada una de las divisiones de un edificio estando estas cubiertas por un techo.

Se considera este paso solo en el caso de que algún edificio tenga más de una planta. Se usará la herramienta “Nueva planta vacía” para hacer las demás plantas del edificio. Esto se observa en la figura 42.

**Figura 42. Herramienta Nueva planta vacía**

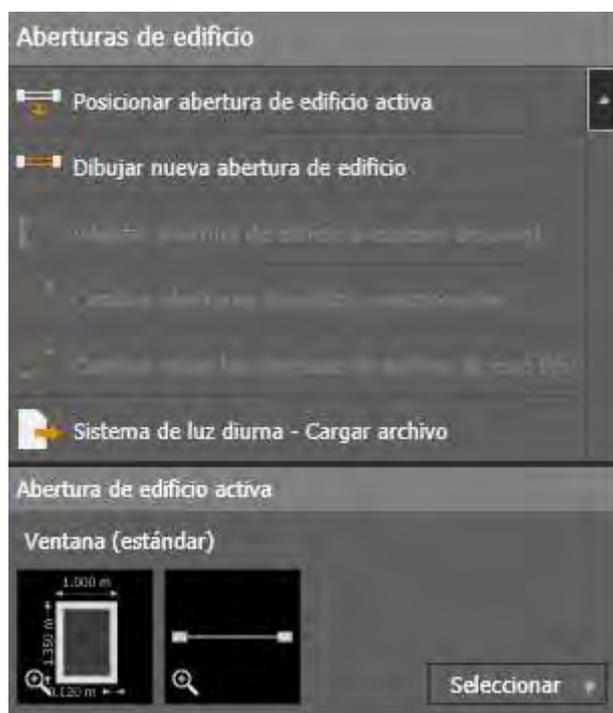
**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

**Figura 43. Ejemplo - Planta**

**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

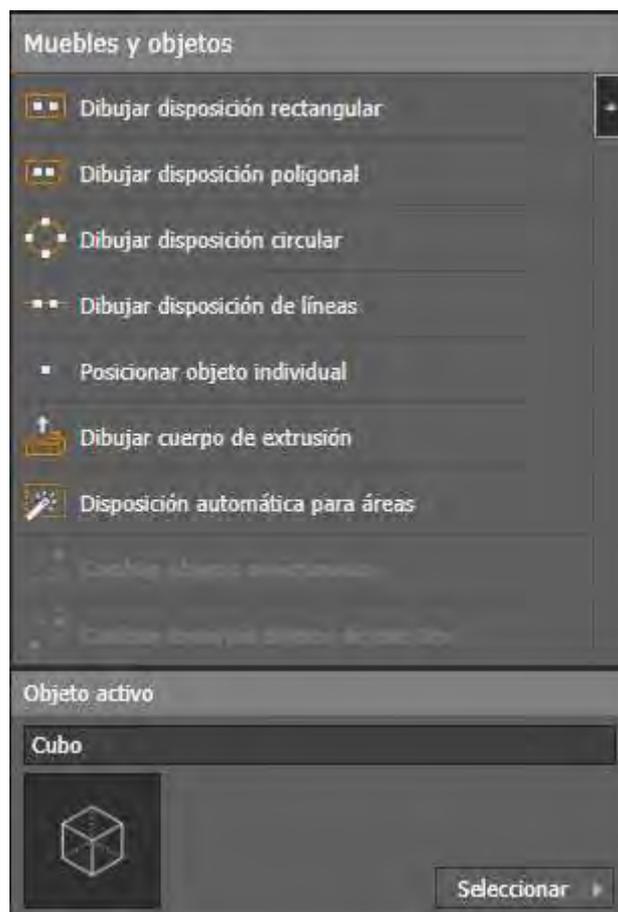
El siguiente paso es colocar puertas, ventanas y tragaluces en todos los edificios. Esto se realizará con la ayuda de la memoria descriptiva del proyecto donde se indicarán las dimensiones de cada elemento. Se realizará con la herramienta “Aberturas de edificio” como se observa en la figura 44.

**Figura 44. Herramienta Abertura de edificio**



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

También, aunque es opcional, existe la opción de amueblar el edificio de mesas, sillas, escritorios, etc. a los diversos ambientes. Esto no influye en los cálculos, pero si le dará un aspecto más estético y realista al modelo del edificio. Esto se hará con la herramienta “Muebles y objetos” así como muestra la figura 45.

**Figura 45. Herramienta Muebles y objetos**

**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

Posterior, se deberá asignar las texturas a las paredes, suelos y techos de todos los ambientes. Se hará este paso con la ayuda de la herramienta “Materiales” (Figura 46).

**Figura 46. Herramienta Materiales**



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

Se puede usar los materiales del propio software DIALux Evo, o exportar nuevas texturas, asignando el grado de reflexión adecuados.

#### **4.7 Simulación en DIALux evo**

Ya modelado en su totalidad, sigue la simulación de iluminación con la herramienta DIALux evo.

##### **4.7.1 Asignación de parámetros**

Con la herramienta "Área" de DIALux Evo en la parte de construcción, se puede asignar los requisitos mínimos de diferentes parámetros para un área establecida, así como se observa en la figura 47.

**Figura 47. Asignación de parámetros**

Perfil de usuario activo

<b>Tipo de uso</b>	
Área	Áreas generales dentro de edificios - Salas de control
Aplicación	Salas de télex y correos, teléfonos y centrales telefónicas
<b>Intensidad lumínica</b>	
<b>Valores de mantenimiento</b>	
Área de trabajo (Em)	500.0 lx
Área circundante (Em)	300.0 lx
Área de fondo (Em)	100.0 lx
Uniformidad ( $E_{min}/E_m$ )	0.600
<b>Limitación de deslumbramiento</b>	
Área interna (UGR)	19
<b>Tiempos de uso</b>	
Día	2543 Horas por año ~6.97 Horas por día
Noche	207 Horas por año ~0.57 Horas por día
Factor de ausencia	0.98
Factor de funcionamiento parcial del tiempo de funcionamiento del edificio para iluminación	1.00
<b>Mantenimiento y otros</b>	
Índice de reproducción de color (Ra)	80
Altura del plano útil	0.80 m
Factor de reducción (área tarea visual)	1.00
Altura para medición de iluminancias cilíndricas	1.20 m
Intervalo de inspección	1.0 Años
Condición ambiental	Normal
Intervalo de mantenimiento para luminarias	2.0 Años
Intervalo de sustitución para lámparas	1.0 Años
Sustitución individual de lámparas gastadas	<input checked="" type="checkbox"/>

**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

Los parámetros que se asignará al software serán los siguientes:

- Intensidad lumínica
- Uniformidad de luminancia
- Índice de deslumbramiento

#### 4.7.2 Objetos de cálculos

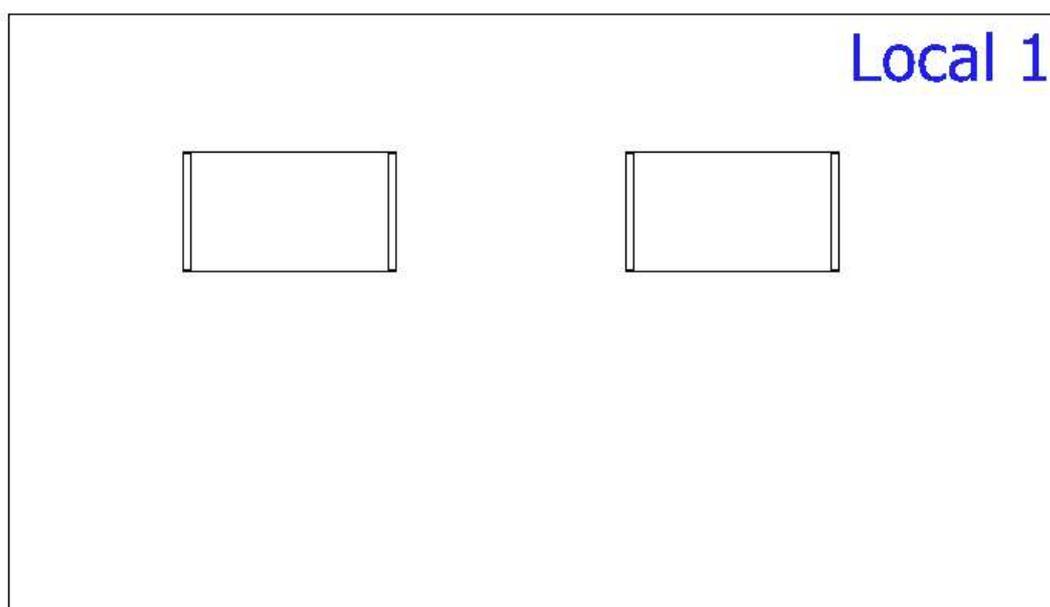
Con la ayuda de la herramienta “Objetos de cálculo”, se añadirán áreas auxiliares para obtener un cálculo más preciso y exacto.

**4.7.2.1 Áreas auxiliares.** Para el caso que se decidió amueblar los ambientes; se recomienda bordear a los objetos de los ambientes con las áreas auxiliares. Estas áreas se posicionarán a una altura de 0.8 m sobre el nivel del piso. (Comité Español de Iluminación, 2020)

Como ejemplo, se presenta el siguiente caso:

Se tiene el “Local 1” con dos mesas, por ello, se deberá agregar un área auxiliar en el cálculo de iluminación.

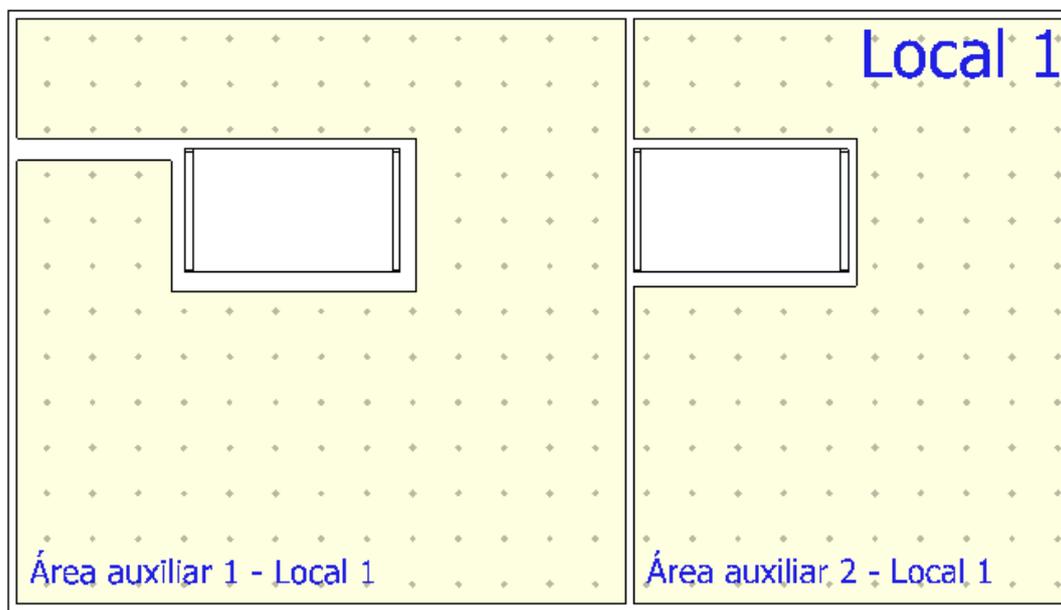
**Figura 48. Ejemplo - Área auxiliar**



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo

Se añadirán “Objetos de cálculo”; obteniendo la siguiente distribución:

**Figura 49. Ejemplo - Área auxiliar**



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

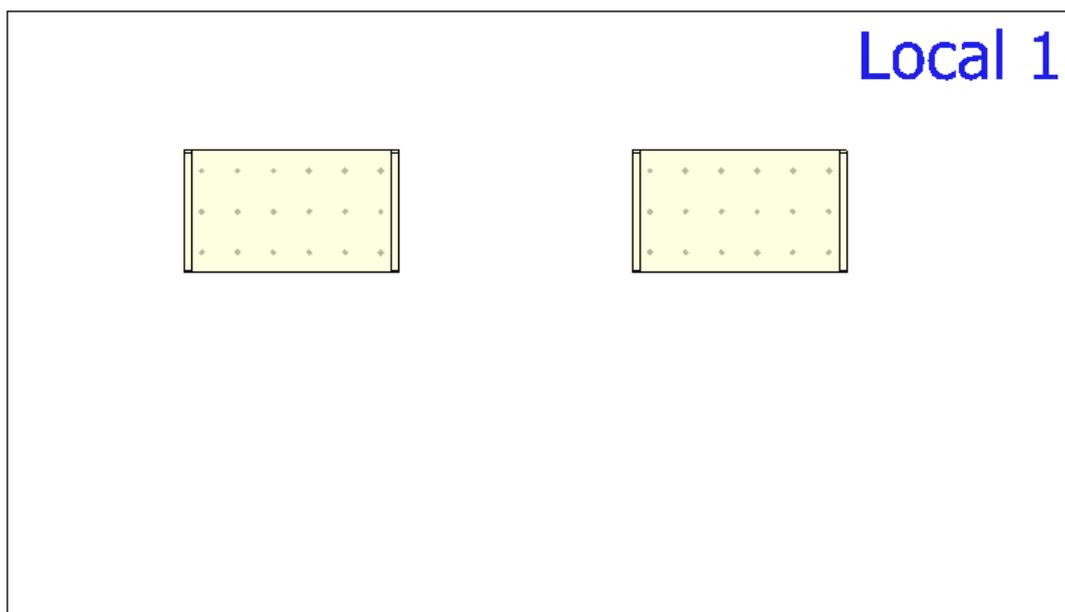
La cantidad de áreas auxiliares y la forma es arbitrario. Finalmente, los requerimientos de iluminación de las áreas auxiliares serán los mismos que en el ambiente donde se encuentren.

**4.7.2.2 Área de trabajo.** Se asignará un “Objeto de cálculo” sobre las áreas de trabajo en el proyecto. Se usará para el análisis de la metodología en el punto 4.3.3.1

Como ejemplo de este caso se puede presentar el siguiente caso:

Se tiene el “Local 1” con dos mesas, por ello, se deberá agregar dos áreas de trabajo para el análisis

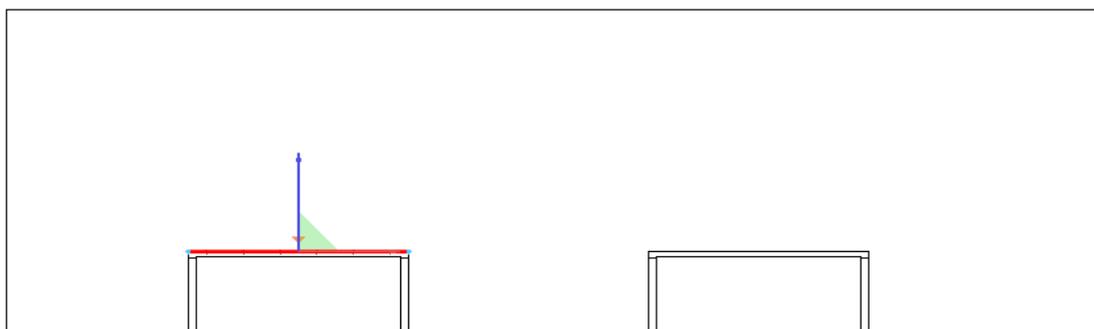
**Figura 50. Ejemplo - Área de trabajo**



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

Es importante posicionar las áreas de trabajo al nivel de las mesas como se observa en la figura 51.

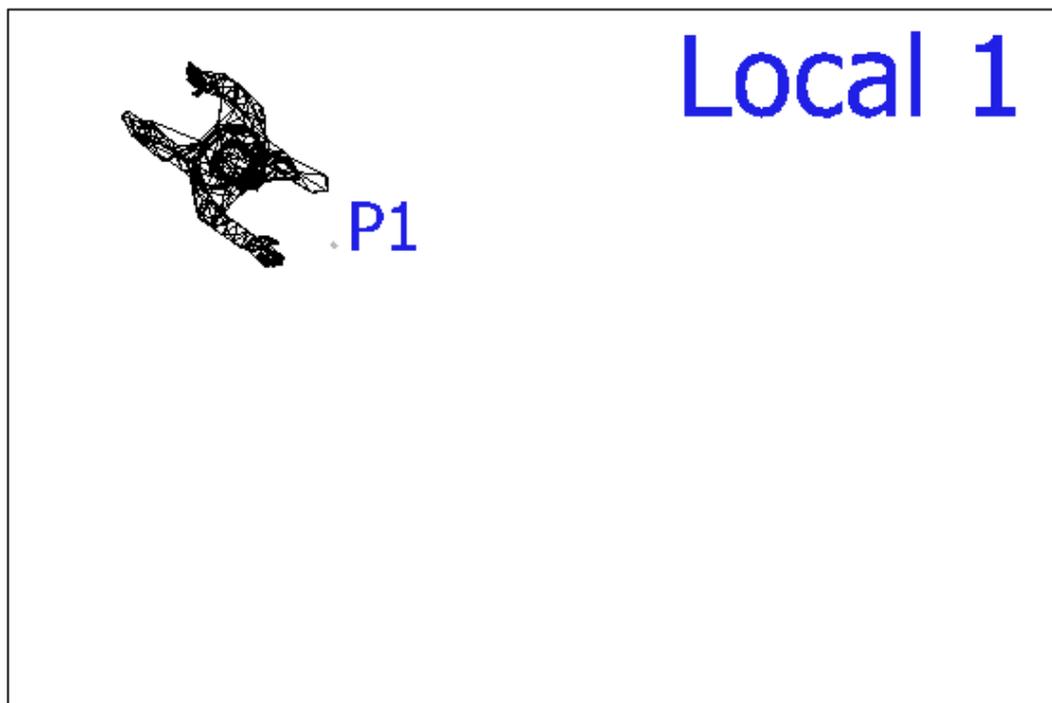
**Figura 51. Ejemplo - Área de trabajo**



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

**4.7.2.3 Punto de cálculo:** El tercer objeto de cálculo que se usará para el análisis de los ambientes es el punto de cálculo. Este objeto sirve para localizar un punto a la altura de la vista de las personas en el ambiente. Se usará para el análisis de UGR y la iluminancia cilíndrica media.

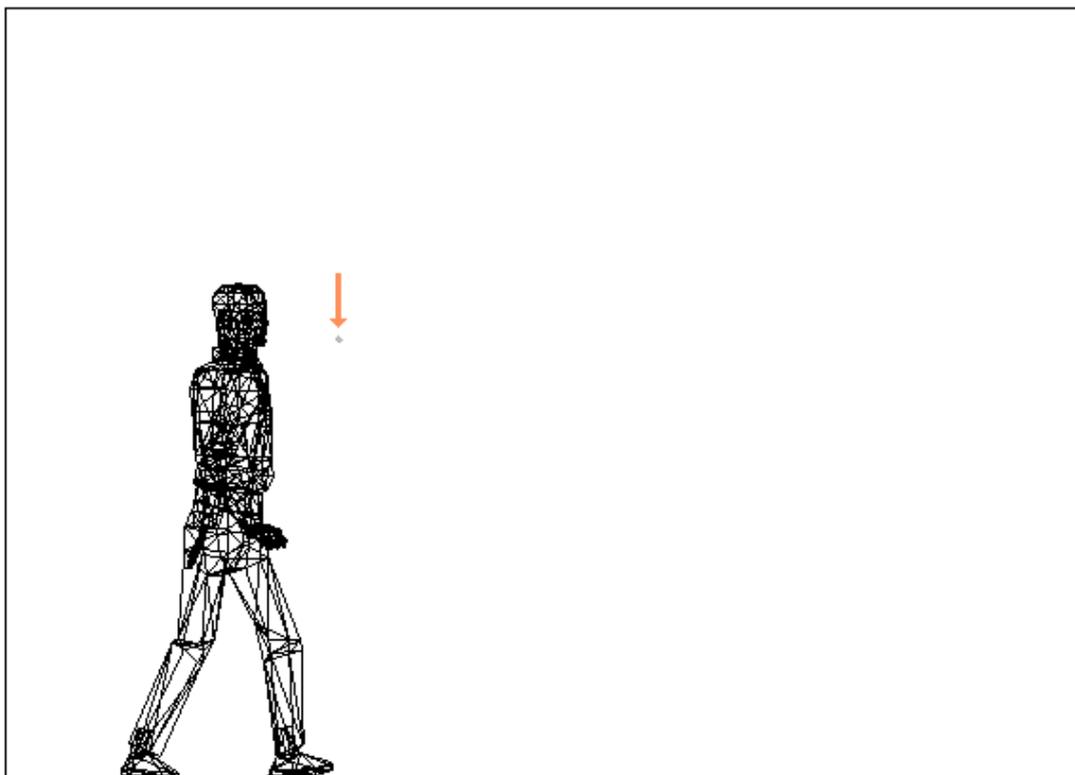
**Figura 52. Ejemplo - Punto de cálculo**



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

Se posicionará cerca a la posición de una persona en el ambiente y la altura especificada en el apartado 1.2.7.

**Figura 53. Ejemplo - Punto de cálculo**



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

El criterio que se tomará para la posición de los puntos de cálculo será ubicarlos en las esquinas de las habitaciones; esto para verificar la iluminación en las zonas de trabajo y, además, en la periferia.

#### **4.7.3 Cantidad de luminarias**

En este paso se añadirá las luminarias en cada ambiente para su iluminación. Sin embargo, lo importante es encontrar la cantidad de luminarias adecuadas para asegurar cumplir la norma EM.010.

Para desarrollar el cálculo se necesitará los siguientes datos:

- Tabla fotométrica de la lámpara
- Valores de coeficiente de reflexión en piso, paredes y techo.

En todos los cálculos, el valor de coeficiente de mantenimiento ( $f_m$ ) se establecerá con un valor de 0.8.

El primer paso consiste en hallar el índice de la habitación, este se obtendrá mediante el siguiente calculo

Donde:

k: Índice de la habitación

l: Largo de la habitación [m]

w: Ancho de la habitación [m]

h: Altura de la habitación [m]

hp: Altura del plano de trabajo [m]

hn: Altura neta de la habitación [m]

$$hn = h - hp$$

$$k = \frac{l \times w}{(h \times n)(l + w)}$$

Ahora, con la tabla del factor de utilización de la lámpara (incluida en la tabla fotométrica) y con los valores de coeficiente de reflexión del ambiente, se obtendrá el valor del factor de utilización ( $\eta$ ). Se hará uso de interpolación si así fuera necesario.

$\eta$ : Factor de utilización

Posteriormente, se hallará el flujo luminoso total:

Donde:

$\phi_T$ : Flujo luminoso total [lm]

$L_m$ : Nivel de iluminancia media [lx]

l: Largo de la habitación [m]

w: Ancho de la habitación [m]

$\eta$ : Factor de utilización

$f_m$ : Factor de mantenimiento

$$\phi_T = \frac{L_m \times l \times w}{\eta \times f_m}$$

Finalmente, se calculará el número de luminarias necesarias para ese ambiente:

Donde:

$\phi_T$ : Flujo luminoso total [lm]

$\phi_L$ : Flujo luminoso de una lámpara [lm]

$N_{\text{aprox}}$ : Cantidad de luminarias aproximado

$$N_{\text{aprox}} = \frac{\Phi_T}{\Phi_L}$$

Este  $N_{\text{aprox}}$  se redondea a un número entero mayor para así obtener el número necesario de luminarias para ese ambiente.

$$N_{\text{aprox}} \approx N$$

N: Cantidad de luminarias para ese ambiente

#### 4.8 Evaluación de resultados en DIALux evo

Desarrollados los anteriores pasos, se hace la simulación en DIALux evo. Los cálculos de cada proyecto deberán cumplir con todos los requerimientos dados por esta metodología. Estos requerimientos serán los siguientes:

- Iluminancia mantenida
- Índice de deslumbramiento
- Uniformidad de luminancia
- Valor de eficiencia energética en iluminación (VEEI)
- Iluminancia cilíndrica media
- Iluminancia en el espacio interior
- Iluminancia en área de trabajo
- Índice de reproducción de color
- Temperatura de color

Si el ambiente estudiado cumple con todos los requerimientos, se concluirá que este ambiente está correctamente iluminado.

Con la metodología planteada en este capítulo se desarrollará a un caso práctico que será una institución educativa de nivel inicial y primaria. Se aplicará la norma peruana, se complementará con las normas internacionales y se simulará en DIALux evo para desarrollar el análisis de iluminación.

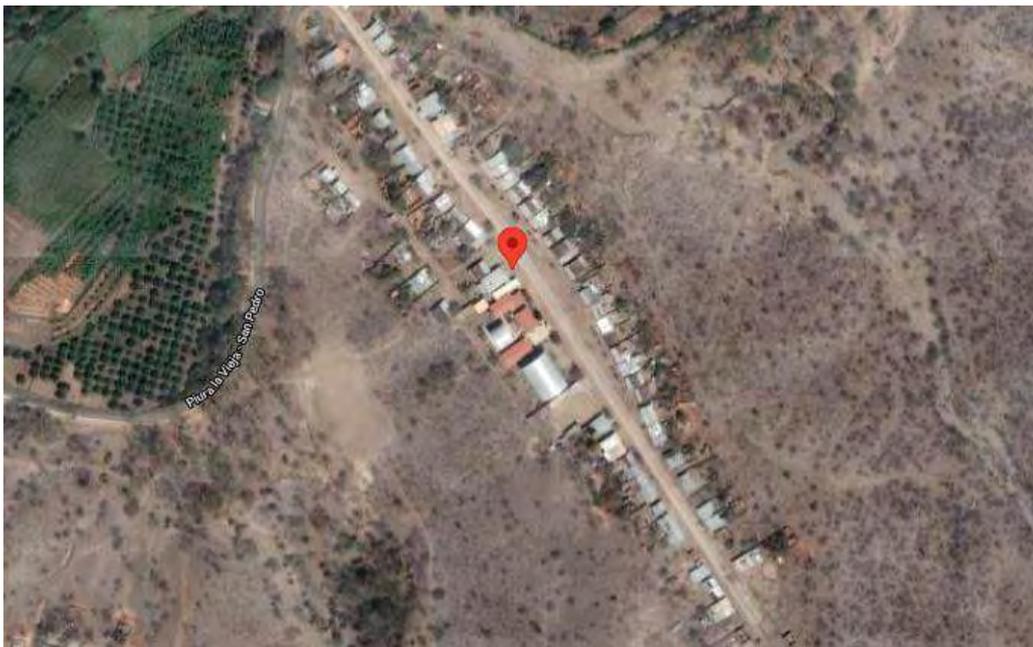


## Capítulo 5

### Caso de aplicación, Institución educativa

Después de presentar la metodología en el capítulo 4, se desarrolla un caso aplicativo para el diseño de iluminación de interiores para una institución educativa. Este centro educativo está localizado en Piura y consta de nivel inicial y primaria, así como de 3 edificios con varios ambientes.

**Figura 54. Localización de la institución educativa, Caso de aplicación**



**Nota.** Adaptada de *Google Maps*, Google

### 5.1 Inspección de planos

Se separará los ambientes en conjuntos de edificios para la simulación de iluminación de interiores. Se hará de la siguiente manera como se observa en la tabla 21.

**Tabla 21. Distribución de ambientes por edificios**

Edificio	Ambiente
Edificio 1	- Aula inicial
	- Depósito de material educativo
	- Almacén general
Edificio 2	- Cocina
	- Despensa
	- Psicomotricidad
	- Sala de archivos
	- Dirección
	- Baño de maestros
Edificio 3	- Cuarto de limpieza
	- Baño niños
	- Baño niñas
	- Baño para discapacitados

En la tabla 22 se tiene las dimensiones, área neta, reflectancia de techo, pared y suelo de cada ambiente.

**Tabla 22. Características de cada ambiente**

Ambiente	Dimensiones			Área neta [m <sup>2</sup> ]	Reflectancia		
	Largo [m]	Ancho [m]	Altura [m]		Techo	Pared	Suelo
Aula inicial	7.55	8.70	3.25	61.56	Color celeste pastel: 80%	Color celeste pastel: 80%	Madera haya: 70%
Depósito material educativo	2.90	2.82	3.25	6.11	Cemento: 84%	Cemento: 84%	Azulejo rojo: 10%
Almacén general	4.60	2.82	3.25	10.12	Cemento: 84%	Cemento: 84%	Azulejo rojo: 10%
Cocina	5.14	3.41	3.25	14.53	Cemento: 84%	Azulejo blanco y negro: 34%	Azulejo blanco y negro: 34%

Ambiente	Dimensiones			Área neta [m <sup>2</sup> ]	Reflectancia		
	Largo [m]	Ancho [m]	Altura [m]		Techo	Pared	Suelo
Despensa	3.16	3.41	3.25	9.07	Cemento: 84%	Azulejo blanco y negro: 34%	Azulejo blanco y negro: 34%
Psicomotricidad	8.30	8.12	3.25	59.88	Color rosado claro: 81%	Color rosado claro: 81%	Madera píceas: 51%
Sala de archivos	3.14	2.50	3.25	6.22	Cemento: 84%	Color celeste: 83%	Madera cerezo: 43%
Dirección	3.14	3.90	2.50	11.95	Cemento: 84%	Color celeste: 83%	Madera cerezo americano: 55%
Baño de maestros	3.14	1.20	3.25	3.77	Cemento: 84%	Azulejo blanco: 76%	Azulejo blanco: 76%
Cuarto de limpieza	1.62	2.82	2.80	2.77	Cemento: 84%	Cemento: 84%	Cemento crudo oscuro: 28%
Baño niños	2.10	2.82	2.80	8.02	Cemento: 84%	Azulejo azul: 59%	Azulejo azul: 59%
Baño niñas	1.99	2.82	2.80	8.02	Cemento: 84%	Azulejo rosa: 59%	Azulejo rosa: 59%
Baño para discapacitados	2.06	2.82	2.80	3.97	Cemento: 84%	Azulejo azul: 59%	Azulejo azul: 59%

## 5.2 Clasificación de ambientes

Se clasificará los ambientes de la institución educativa según la norma EM.010.

**Tabla 23. Clasificación de ambientes**

<b>Ambiente</b>	<b>Clasificación</b>
Aula inicial	Educación - Guardería
Depósito de material educativo	Educación - Almacenes de material de profesores
Almacén general	Vivienda - Estudio, almacenes, etc.
Cocina	Educación - Cocina
Despensa	Vivienda - Estudio, almacenes, etc.
Psicomotricidad	Educación - Guardería
Sala de archivos	Vivienda - Estudio, almacenes, etc.
Dirección	Educación - Locales de maestros
Baño de maestros	Vivienda - Baño
Cuarto de limpieza	Vivienda - Estudio, almacenes, etc.
Baño niños	Vivienda - Baño
Baño niñas	Vivienda - Baño
Baño para discapacitados	Vivienda - Baño

### 5.3 Revisión de normativa para establecer parámetros

Revisando las normas, se tiene para los ambientes de la institución educativa los siguientes requisitos de iluminación observados en la tabla 24.

#### 5.3.1 Normativa en Perú

**Tabla 24. Requisitos de iluminación**

<b>Ambiente</b>	<b>Requisitos de iluminación</b>			
	<b>Em [lx]</b>	<b>UGR</b>	<b>Uo</b>	<b>Ra</b>
Aula inicial	300	22	0,40	80
Depósito de material educativo	100	25	0,40	80
Almacén general	500	-	-	-
Cocina	500	22	0,60	80
Despensa	500	-	-	-
Psicomotricidad	300	22	0,40	80
Sala de archivos	500	-	-	-

Ambiente	Requisitos de iluminación			
	Em [lx]	UGR	Uo	Ra
Dirección	300	19	0,60	80
Baño de maestros	100	-	-	-
Cuarto de limpieza	500	-	-	-
Baño niños	100	-	-	-
Baño niñas	100	-	-	-
Baño para discapacitados	100	-	-	-

### 5.3.2 Normativa de España

**5.3.2.1 Valor de eficiencia energética en iluminación (VEEI).** Clasificando los ambientes de la institución educativa según la actividad que realicen, se obtendrá el valor de eficiencia energética en iluminación límite para cada ambiente (Tabla 25).

**Tabla 25. Valor de eficiencia energética en iluminación**

Ambiente	Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
Aula inicial	Aulas y laboratorios	3.5
Depósito de material educativo	Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	4.0
Almacén general	Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	4.0
Cocina	Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	4.0
Despensa	Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	4.0
Psicomotricidad	Aulas y laboratorios	3.5
Sala de archivos	Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	4.0
Dirección	Administrativa en general	3.0
Baño de maestros	Recintos interiores no descritos en este listado	4.0
Cuarto de limpieza	Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	4.0
Baño niños	Recintos interiores no descritos en este listado	4.0
Baño niñas	Recintos interiores no descritos en este listado	4.0
Baño para discapacitados	Recintos interiores no descritos en este listado	4.0

**5.3.2.2 Temperatura de color.** Se selecciona la temperatura de color óptimo para cada ambiente según la actividad que se realicen o el nivel de iluminación (Tabla 26).

**Tabla 26. Temperatura de color**

<b>Ambiente</b>	<b>Tipo de actividad o de iluminación</b>	<b>Temperatura de color</b>
Aula inicial	Altos niveles de iluminación	5300 K < T
Depósito de material educativo	Altos niveles de iluminación	5300 K < T
Almacén general	Altos niveles de iluminación	5300 K < T
Cocina	Altos niveles de iluminación	5300 K < T
Despensa	Altos niveles de iluminación	5300 K < T
Psicomotricidad	Altos niveles de iluminación	5300 K < T
Sala de archivos	Altos niveles de iluminación	5300 K < T
Dirección	Altos niveles de iluminación	5300 K < T
Baño de maestros	Bajos niveles de iluminación	T < 3300 K
Cuarto de limpieza	Altos niveles de iluminación	5300 K < T
Baño niños	Bajos niveles de iluminación	T < 3300 K
Baño niñas	Bajos niveles de iluminación	T < 3300 K
Baño para discapacitados	Bajos niveles de iluminación	T < 3300 K

### **5.3.3 Normas en Colombia**

**5.3.3.1 Áreas de trabajo.** En la institución educativa analizada, solo se encontraron áreas de trabajo en el aula inicial, en psicomotricidad y en dirección. Se estableció el nivel de iluminación media para cada las áreas circundantes del área de trabajo (Tabla 27).

**Tabla 27. Áreas de trabajo**

Edificio	Ambiente	Objeto	Área de tarea visual [lx]	Área circundante inmediata [lx]	Área de fondo [lx]
Edificio 1	Aula inicial	Mesa	300	200	66.67
Edificio 2	Psicomotricidad	Mesa	300	200	66.67
Edificio 2	Dirección	Escritorio	300	200	66.67

**5.3.3.2 Iluminancia en el espacio interior.** Se establecerá los requerimientos de iluminación en espacio interior (iluminancia cilíndrica media e iluminancia en la habitación) según el tipo de recinto o la actividad que realicen (Tabla 28).

**Tabla 28. Iluminancia en espacio interior**

Ambiente	Tipo de recinto y actividad	Niveles de iluminancia [lx]		
		Em, z	Em, pared	Em, techo
Aula inicial	Escritura, mecanografía, lectura, procesamiento de datos	150	150	100
Depósito de material educativo	Archivo	75	75	50
Almacén general	Archivo	75	75	50
Cocina	Cocina, Actividades industriales y artesanías	50	50	50
Despensa	Área de almacenamiento, Locales comerciales	50	-	-
Psicomotricidad	Escritura, mecanografía, lectura, procesamiento de datos	150	150	100
Sala de archivos	Archivo	75	75	50
Dirección	Recepción	100	100	75
Baño de maestros	Baños, Zonas generales en el interior de edificios	75	75	50
Cuarto de limpieza	Limpieza general	50	50	30
Baño niños	Baños, Zonas generales en el interior de edificios	75	75	50

Ambiente	Tipo de recinto y actividad	Niveles de iluminancia [lx]		
		Em, z	Em, pared	Em, techo
Baño niñas	Baños, Zonas generales en el interior de edificios	75	75	50
Baño para discapacitados	Baños, Zonas generales en el interior de edificios	75	75	50

## 5.4 Selección de luminarias

### 5.4.1 Tipo de luminarias

Según el tipo de montaje disponible en ese ambiente y la actividad que se desarrolle cada ambiente, se elige el tipo de luminaria (Tabla 29).

**Tabla 29. Tipo de luminarias y montaje**

Ambiente	Tipo de luminaria	Tipo de montaje
Aula inicial	Luminaria adosada directa o indirectas	Montaje en techo
Depósito de material educativo	Luminarias estancadas para fluorescentes lineales	Montaje en techo
Almacén general	Luminarias estancadas para fluorescentes lineales	Montaje en techo
Cocina	Luminarias estancadas para fluorescentes lineales	Montaje en techo
Despensa	Luminarias estancadas para fluorescentes lineales	Montaje en techo
Psicomotricidad	Luminaria adosada directa o indirectas	Montaje en techo
Sala de archivos	Luminarias estancadas para fluorescentes lineales	Montaje en techo
Dirección	Luminaria suspendida	Suspendidas
Baño de maestros	Luminarias estancadas para fluorescentes lineales	Montaje en techo
Cuarto de limpieza	Luminarias estancadas para fluorescentes lineales	Montaje en techo
Baño niños	Luminarias estancadas para fluorescentes lineales	Montaje en techo
Baño niñas	Luminarias estancadas para fluorescentes lineales	Montaje en techo
Baño para discapacitados	Luminarias estancadas para fluorescentes lineales	Montaje en techo

## 5.5 Selección de lámparas

Se selecciona diferentes tipos de lámparas para cada ambiente considerando el tipo de luminaria que se use, así como la instalación:

### 5.5.1 Selección por tipo de montaje

El tipo de lámpara deberá cumplir con el tipo de montaje ya especificado en el apartado 5.4.1

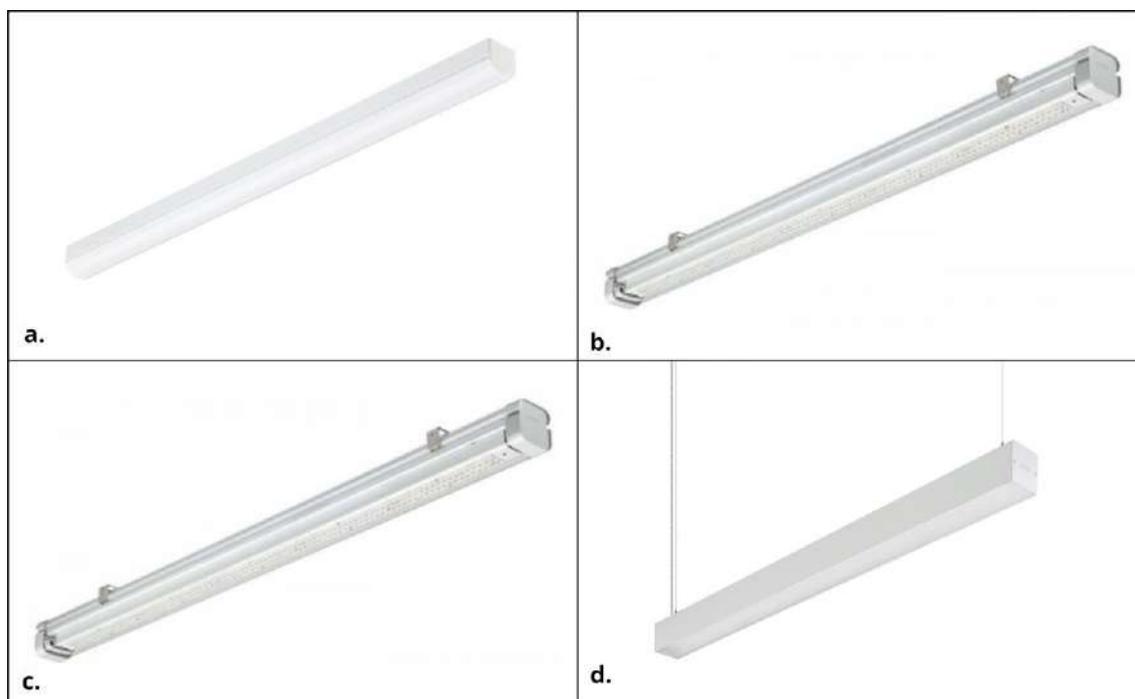
En la tabla 30 se observa la elección de lámparas. Las lámparas elegidas deben cumplir con el tipo de montaje seleccionado en el apartado 5.4.1. Se escogió la marca PHILIPS, esto por ser una marca muy comercial y accesible en Perú. Se señala el valor de Código de lámpara, este valor sirve para diferenciar entre las diferentes lámparas que tiene el proveedor. En los anexos se da más información de las lámparas como su tabla fotométrica y su ficha técnica.

**Tabla 30. Tipo de montaje de lámparas**

Ambiente	Marca de lámpara	Código de lámpara	Tipo de montaje
Aula inicial	PHILIPS	911401897380	Montaje en techo
Depósito de material educativo	PHILIPS	910925863791	Montaje en techo
Almacén general	PHILIPS	910925863832	Montaje en techo
Cocina	PHILIPS	910925863832	Montaje en techo
Despensa	PHILIPS	910925863832	Montaje en techo
Psicomotricidad	PHILIPS	911401897380	Montaje en techo
Sala de archivos	PHILIPS	911401897380	Montaje en techo
Dirección	PHILIPS	910925868356	Suspendidas
Baño de maestros	PHILIPS	910925863791	Montaje en techo
Cuarto de limpieza	PHILIPS	910925863832	Montaje en techo
Baño niños	PHILIPS	910925863791	Montaje en techo
Baño niñas	PHILIPS	910925863791	Montaje en techo
Baño para discapacitados	PHILIPS	910925863791	Montaje en techo

En la figura 55 se puede observar las lámparas seleccionadas.

**Figura 55. Lámparas para proyecto**



**Nota.** a. Lámpara 91140197380, b. Lámpara 910925863791, c. Lámpara 910925863832, d. Lámpara 910925868356. Reproducida de Catálogo de productos, PHILIPS.

### 5.5.2 Selección por índice de reproducción cromática

En este apartado se comprueba que las lámparas seleccionadas cumplan con el valor de IRC mínimo para cada ambiente. En la tabla 31 se brinda el valor de IRC da cada luminaria escogida.

**Tabla 31. Índice de producción cromática**

Ambiente	Código de lámpara	IRC
Aula inicial	911401897380	>80
Depósito de material educativo	910925863791	>80
Almacén general	910925863832	>80
Cocina	910925863832	>80
Despensa	910925863832	>80
Psicomotricidad	911401897380	>80

<b>Ambiente</b>	<b>Código de lámpara</b>	<b>IRC</b>
Sala de archivos	911401897380	>80
Dirección	910925868356	>80
Baño de maestros	910925863791	>80
Cuarto de limpieza	910925863832	>80
Baño niños	910925863791	>80
Baño niñas	910925863791	>80
Baño para discapacitados	910925863791	>80

### 5.5.3 Selección por temperatura de color

En este apartado se muestra la temperatura de color para cada luminaria. Las lámparas poseen una temperatura de color predeterminado, por ello, se podrá modificar el valor de temperatura de color en el software DIALux evo.

**Tabla 32. Temperatura de color**

<b>Ambiente</b>	<b>Código de lámpara</b>	<b>Temperatura de color [K]</b>
Aula inicial	911401897380	4000
Depósito de material educativo	910925863791	4000
Almacén general	910925863832	4000
Cocina	910925863832	4000
Despensa	910925863832	4000
Psicomotricidad	911401897380	4000
Sala de archivos	911401897380	4000
Dirección	910925868356	4000
Baño de maestros	910925863791	4000
Cuarto de limpieza	910925863832	4000
Baño niños	910925863791	4000

<b>Ambiente</b>	<b>Código de lámpara</b>	<b>Temperatura de color [K]</b>
Baño niñas	910925863791	4000
Baño para discapacitados	910925863791	4000

En la tabla 33 se aprecia una tabla resumen sobre la selección de lámparas: la marca de lámpara, su código, tipo de montaje, flujo luminoso, potencia, temperatura de color e IRC.



### 5.5.4 Tabla resumen – Selección de lámparas

Tabla 33. Selección de lámparas

Ambiente	Marca de lámpara	Código de lámpara	Tipo de montaje	Flujo de lámpara [lm]	Potencia [W]	Temperatura de color [K]	IRC
Aula inicial	PHILIPS	911401897380	Montaje en techo	4100	31	4000	>80
Depósito de material educativo	PHILIPS	910925863791	Montaje en techo	2300	16.4	4000	>80
Almacén general	PHILIPS	910925863832	Montaje en techo	6400	46.5	4000	>80
Cocina	PHILIPS	910925863832	Montaje en techo	6400	46.5	4000	>80
Despensa	PHILIPS	910925863832	Montaje en techo	6400	46.5	4000	>80
Psicomotricidad	PHILIPS	911401897380	Montaje en techo	4100	31	4000	>80
Sala de archivos	PHILIPS	911401897380	Montaje en techo	4100	31	4000	>80
Dirección	PHILIPS	910925868356	Suspendidas	2700	20	4000	>80
Baño de maestros	PHILIPS	910925863791	Montaje en techo	2300	16.4	4000	>80
Cuarto de limpieza	PHILIPS	910925863832	Montaje en techo	6400	46.5	4000	>80
Baño niños	PHILIPS	910925863791	Montaje en techo	2300	16.4	4000	>80
Baño niñas	PHILIPS	910925863791	Montaje en techo	2300	16.4	4000	>80
Baño para discapacitados	PHILIPS	910925863791	Montaje en techo	2300	16.4	4000	>80

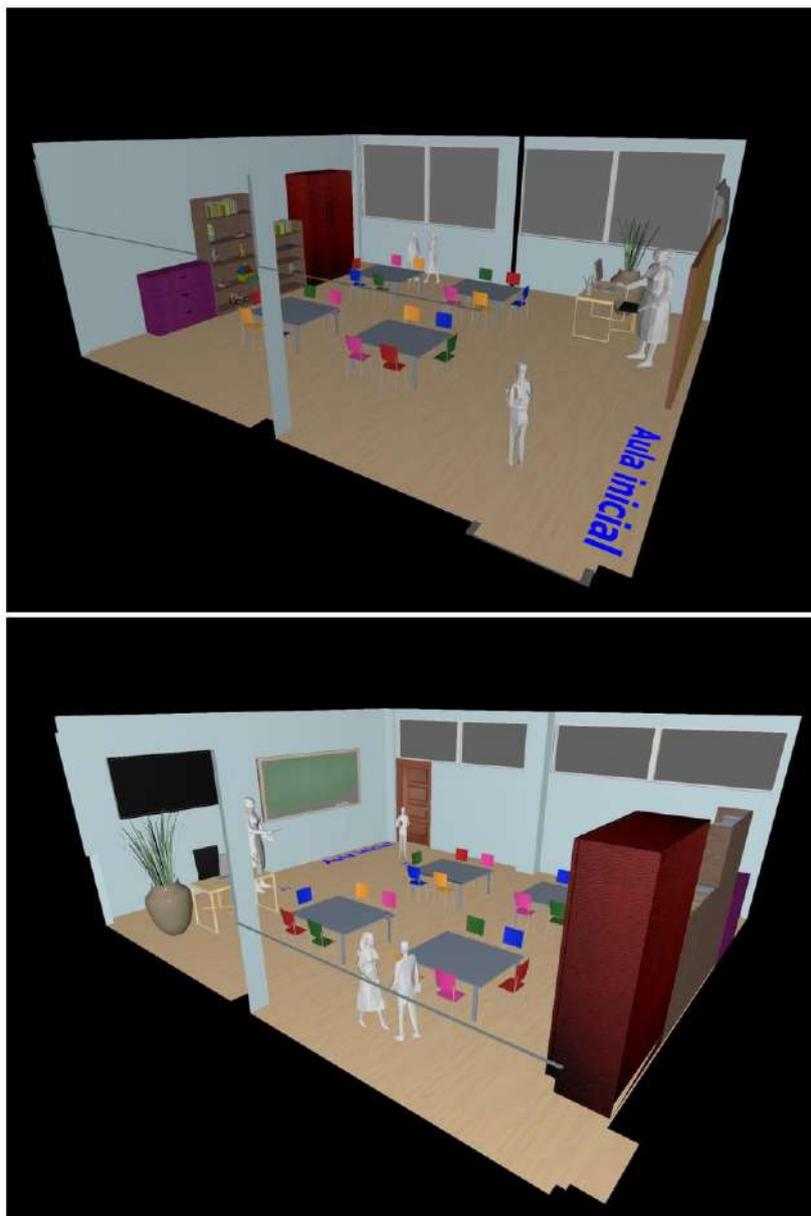
## 5.6 Desarrollo del modelo en DIALux evo

En este apartado de la aplicación de la metodología se hará el modelo en DIALux evo de la institución educativa. Para ello se usará las herramientas del apartado 4.6.

### 5.6.1 Edificio 1 – Desarrollo del modelo en DIALux evo

- Aula inicial

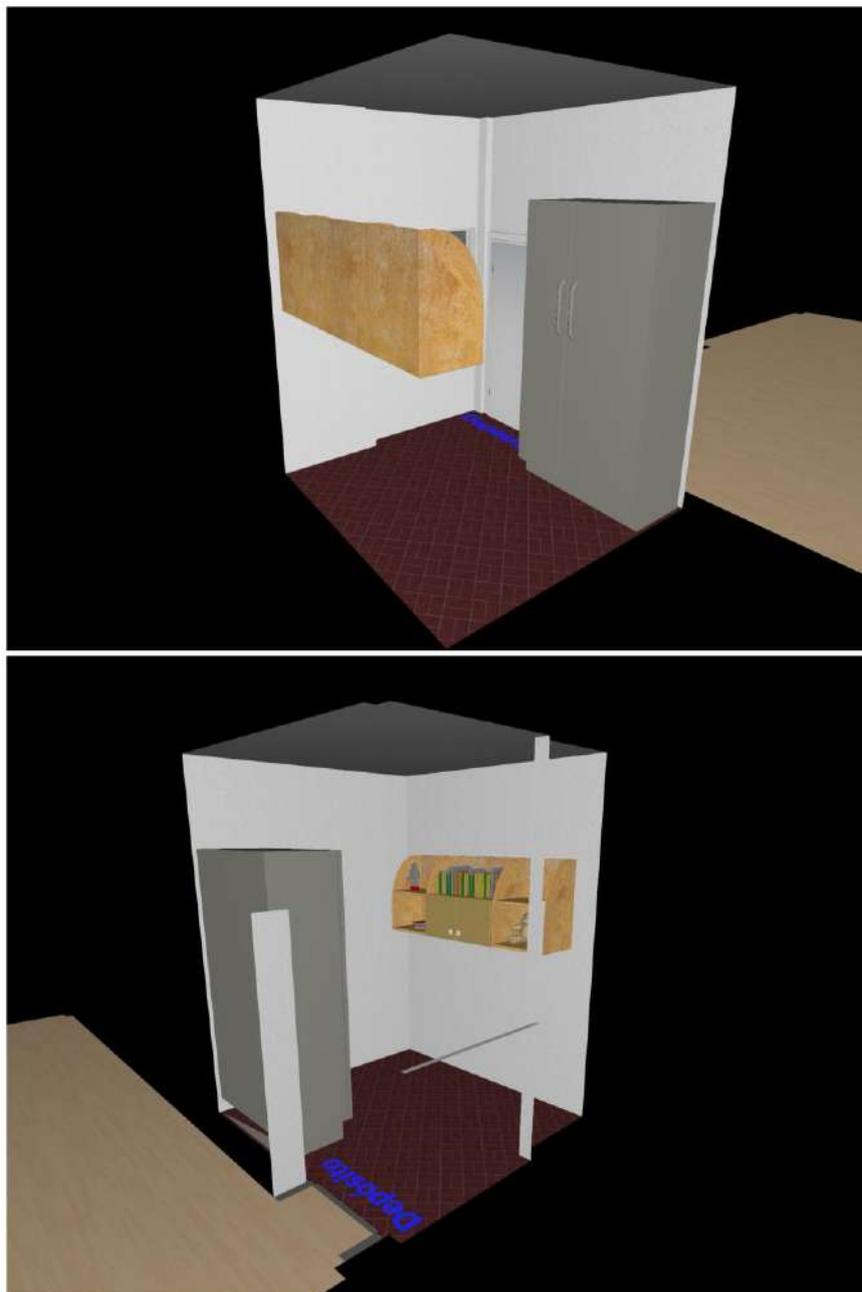
**Figura 56. Modelo de Aula inicial**



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

- Depósito de material educativo

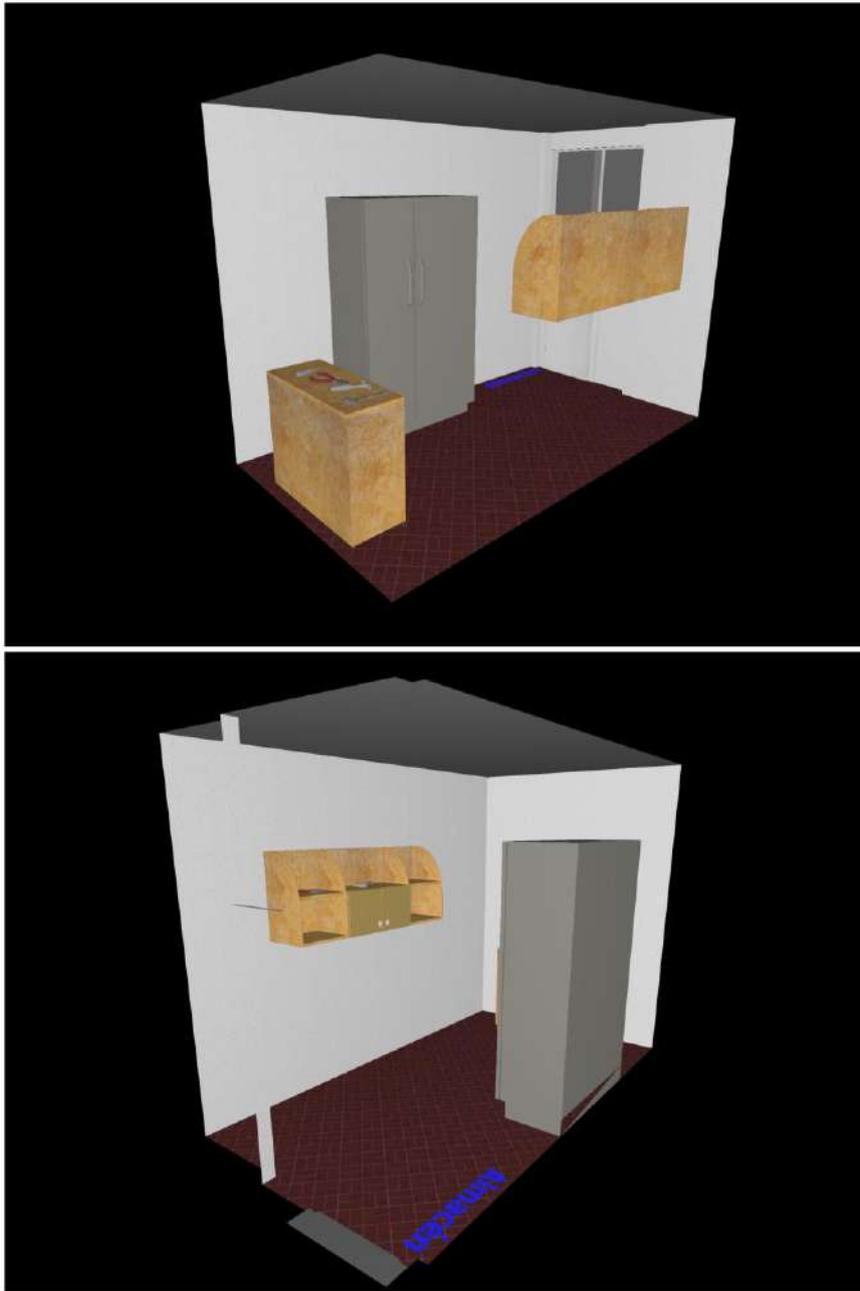
**Figura 57. Modelo de Depósito de material educativo**



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

- Almacén general

**Figura 58. Modelo de Almacén general**

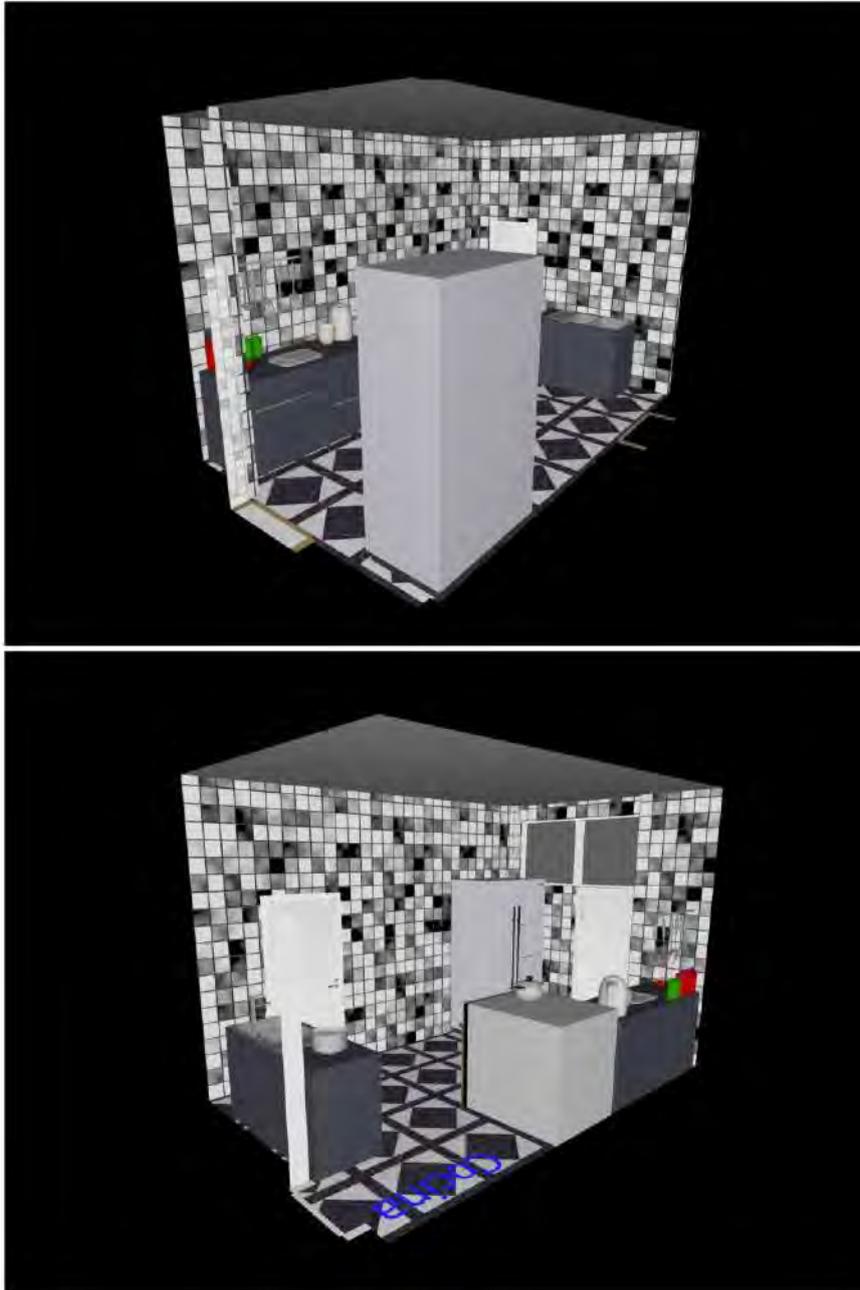


**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

### 5.6.2 Edificio 2 - Desarrollo del modelo en DIALux evo

- Cocina

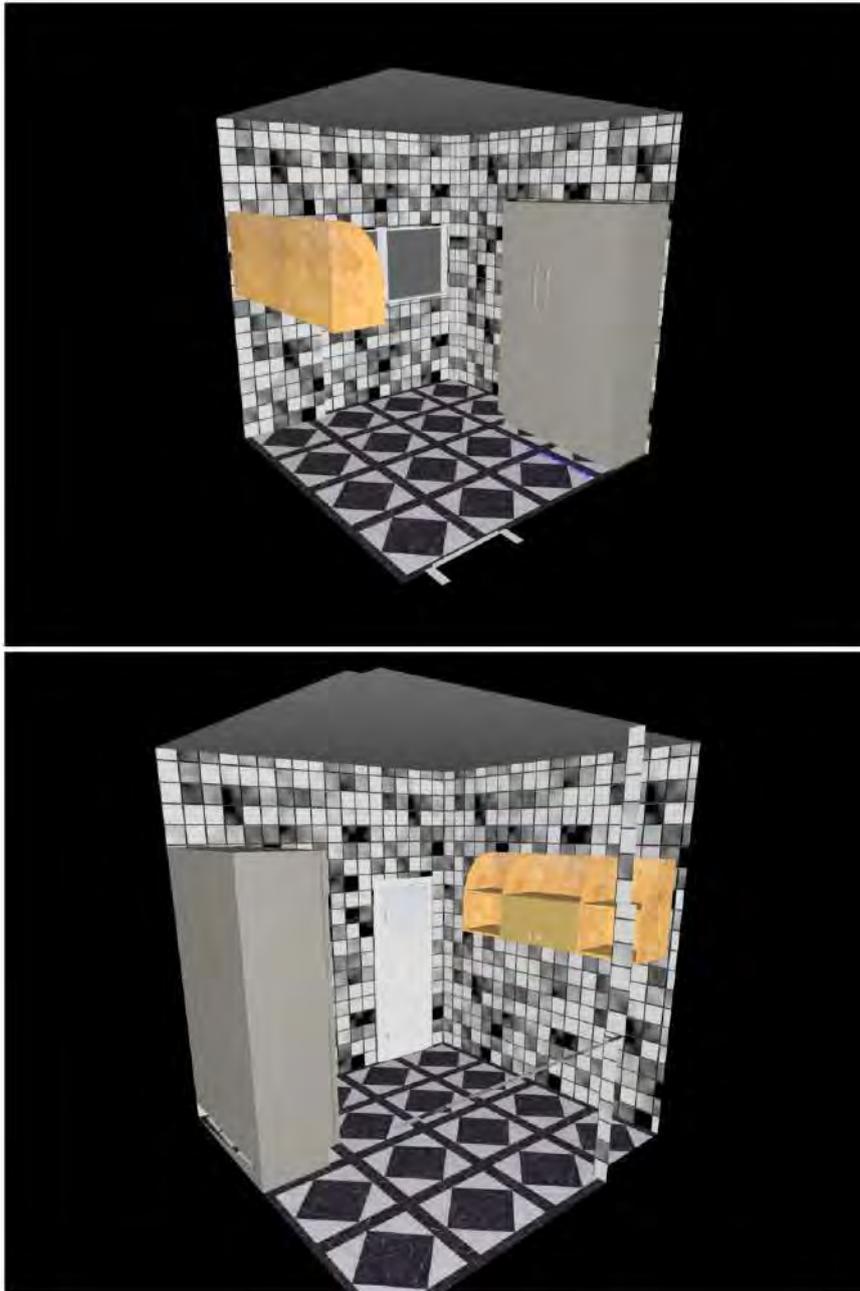
Figura 59. Modelo de Cocina



*Nota.* Adaptada del software DIALux evo.

- Despensa

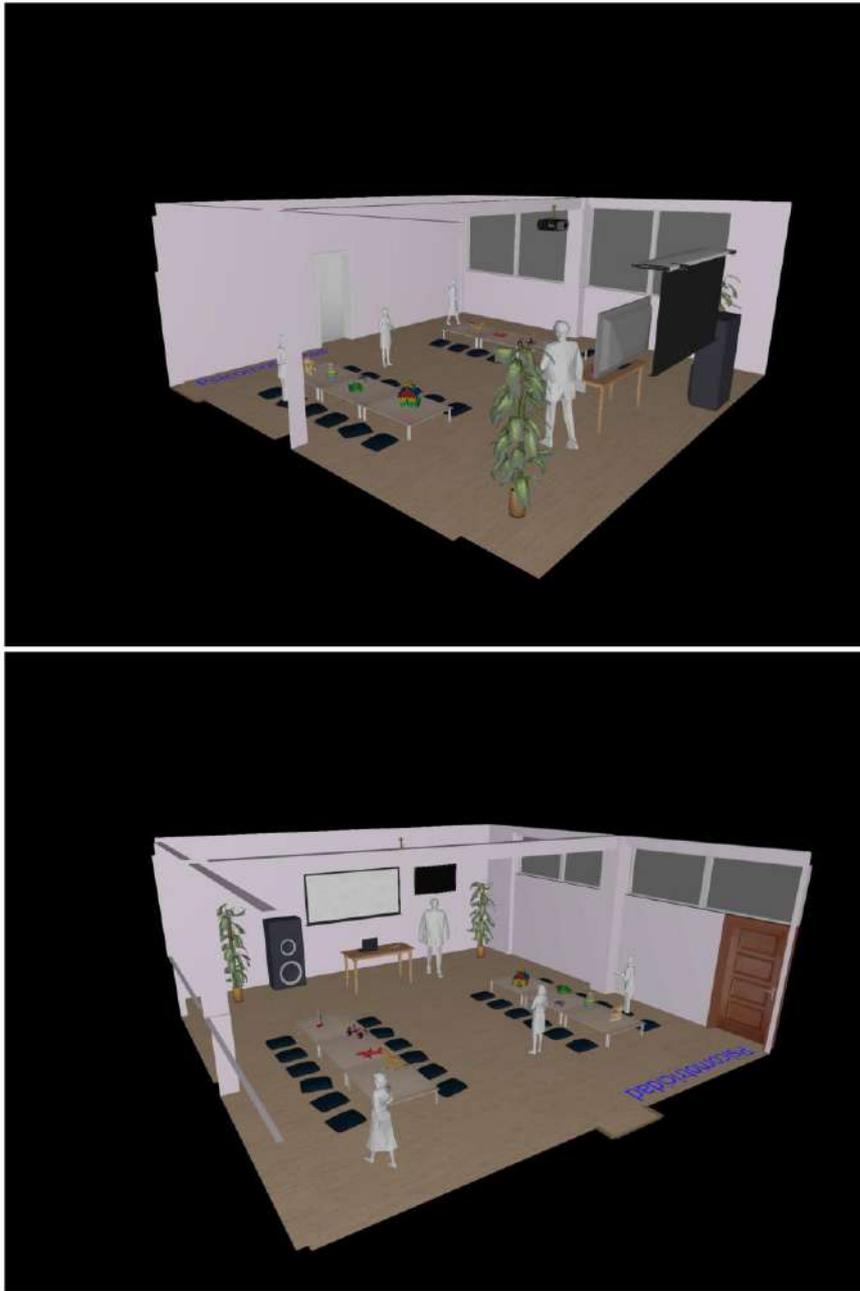
**Figura 60. Modelo de Despensa**



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

- Psicomotricidad

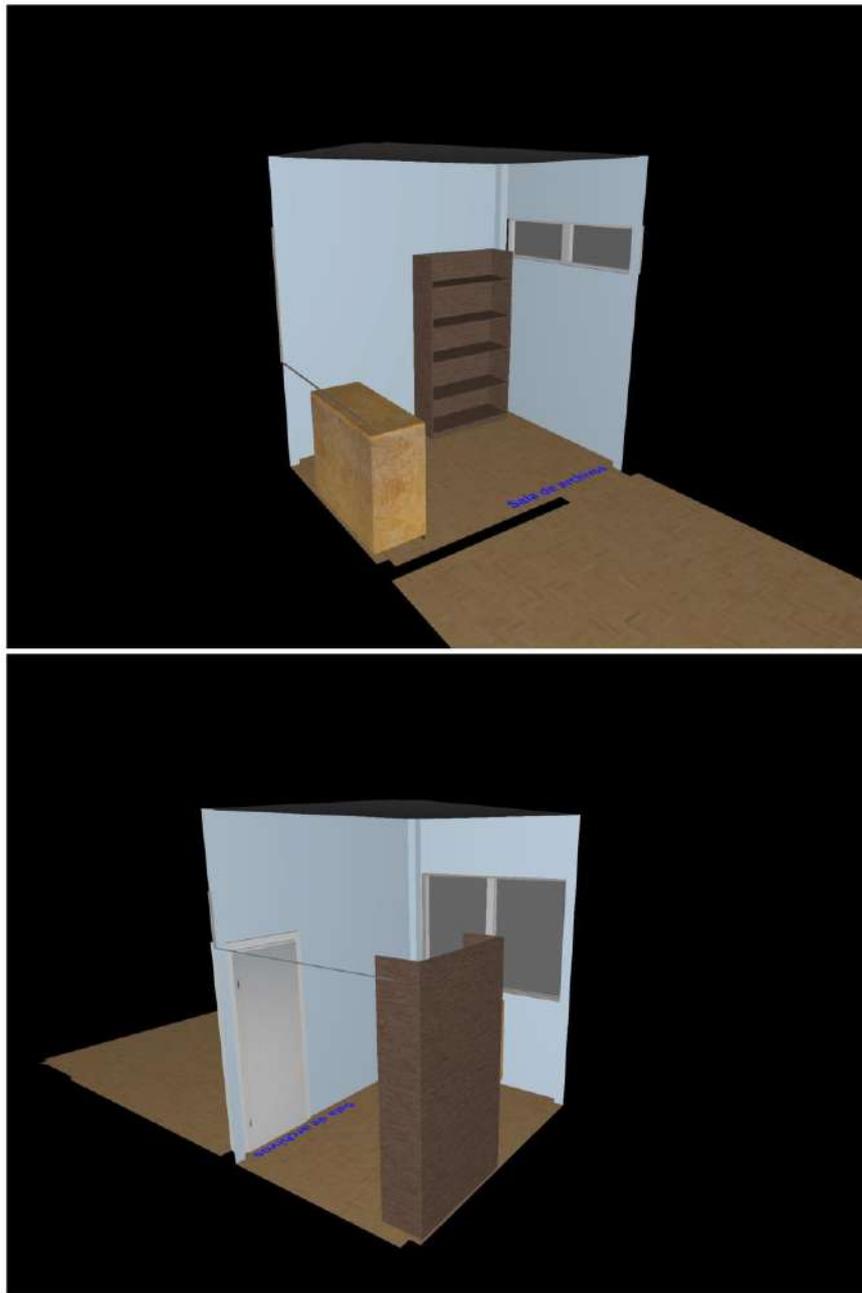
**Figura 61. Modelo de Psicomotricidad**



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

- Sala de archivos

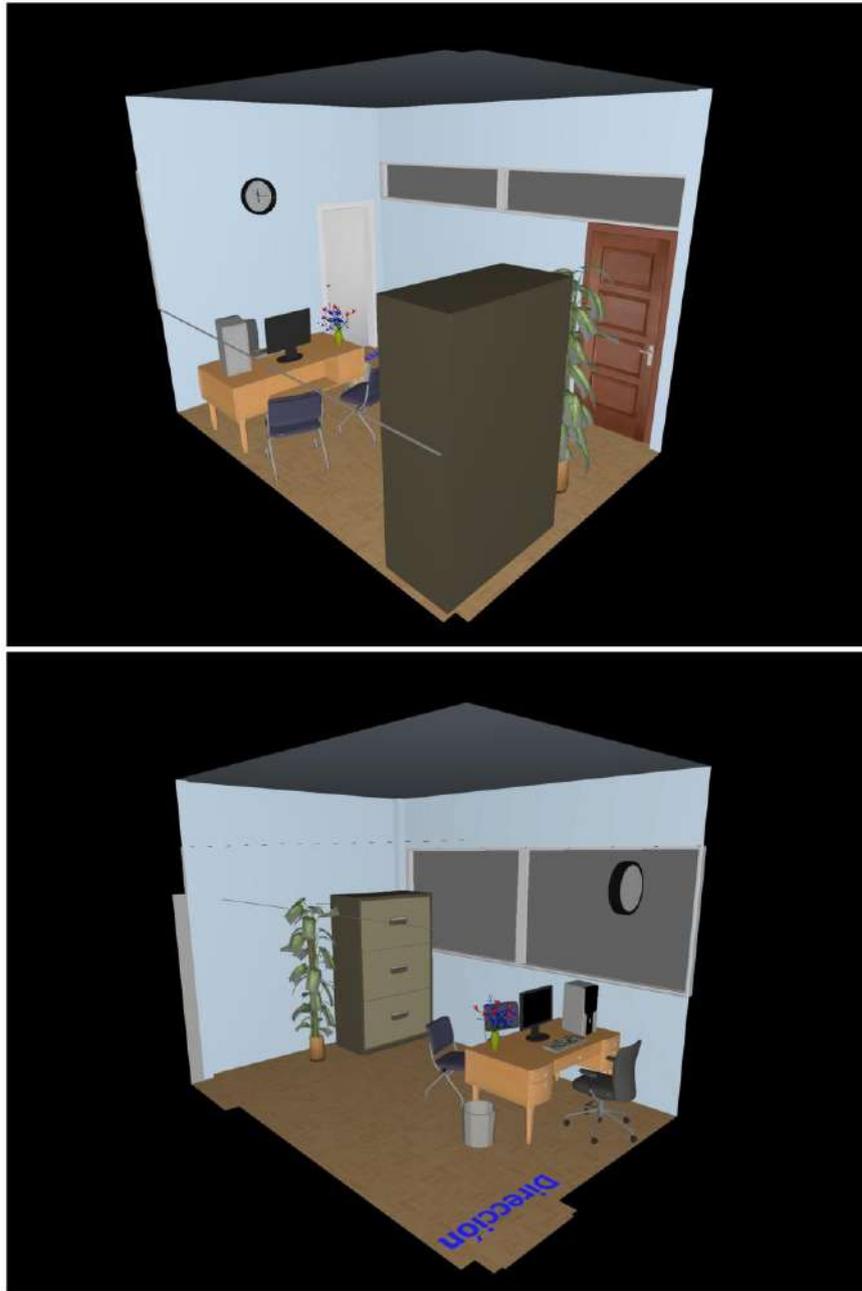
**Figura 62. Modelo de Sala de archivos**



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

- Dirección

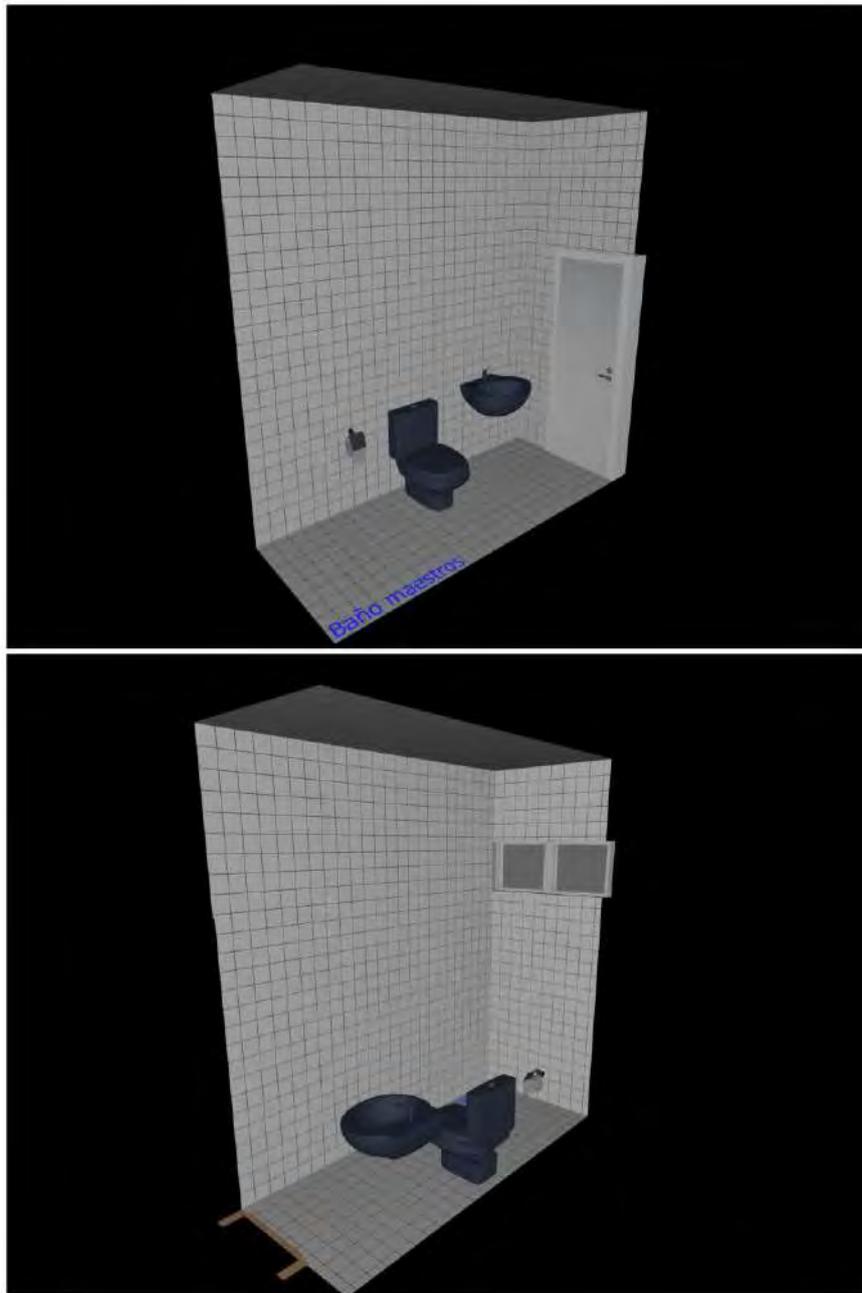
**Figura 63. Modelo de Dirección**



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

- Baño de maestros

**Figura 64. Modelo de Baño de maestros**

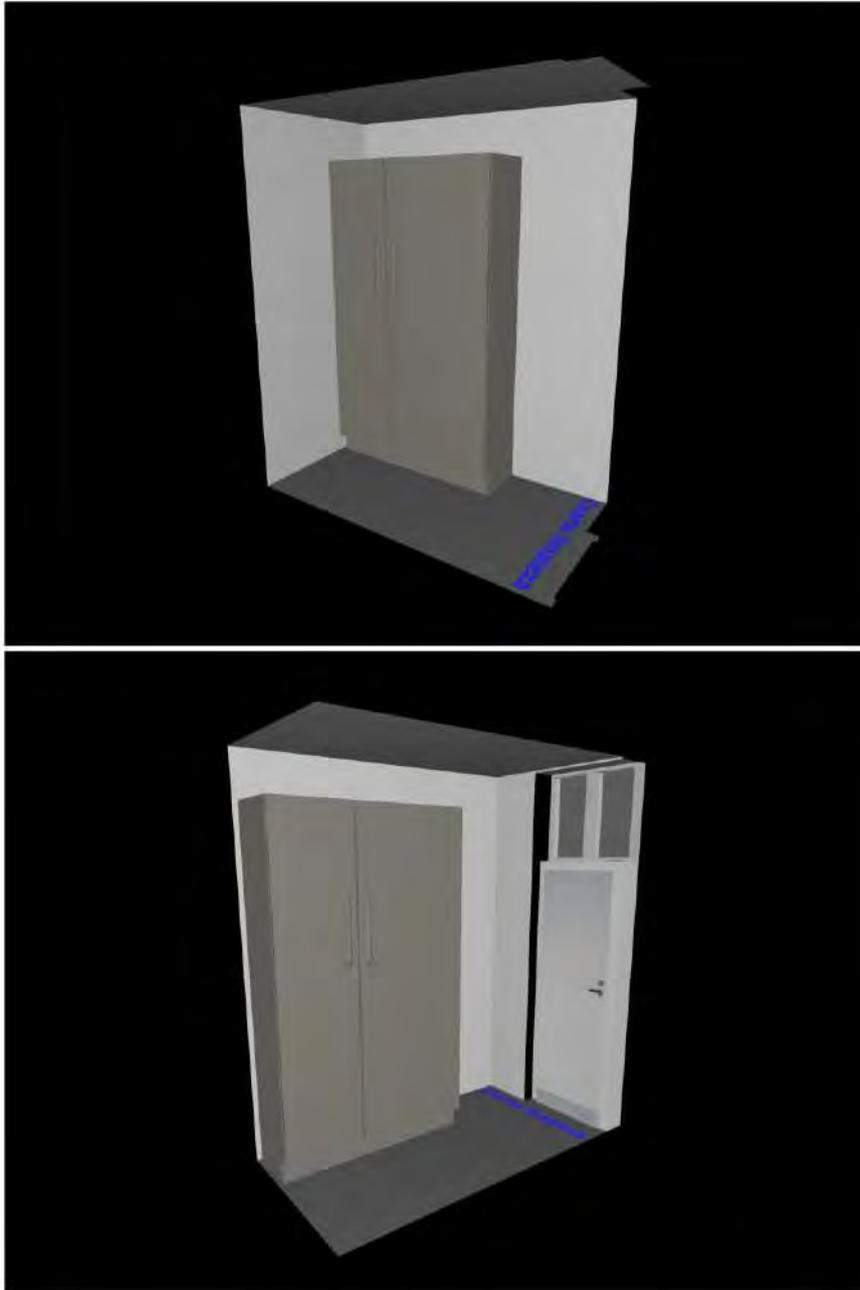


**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

### 5.6.3 Edificio 3 - Desarrollo del modelo en DIALux evo

- Cuarto de limpieza

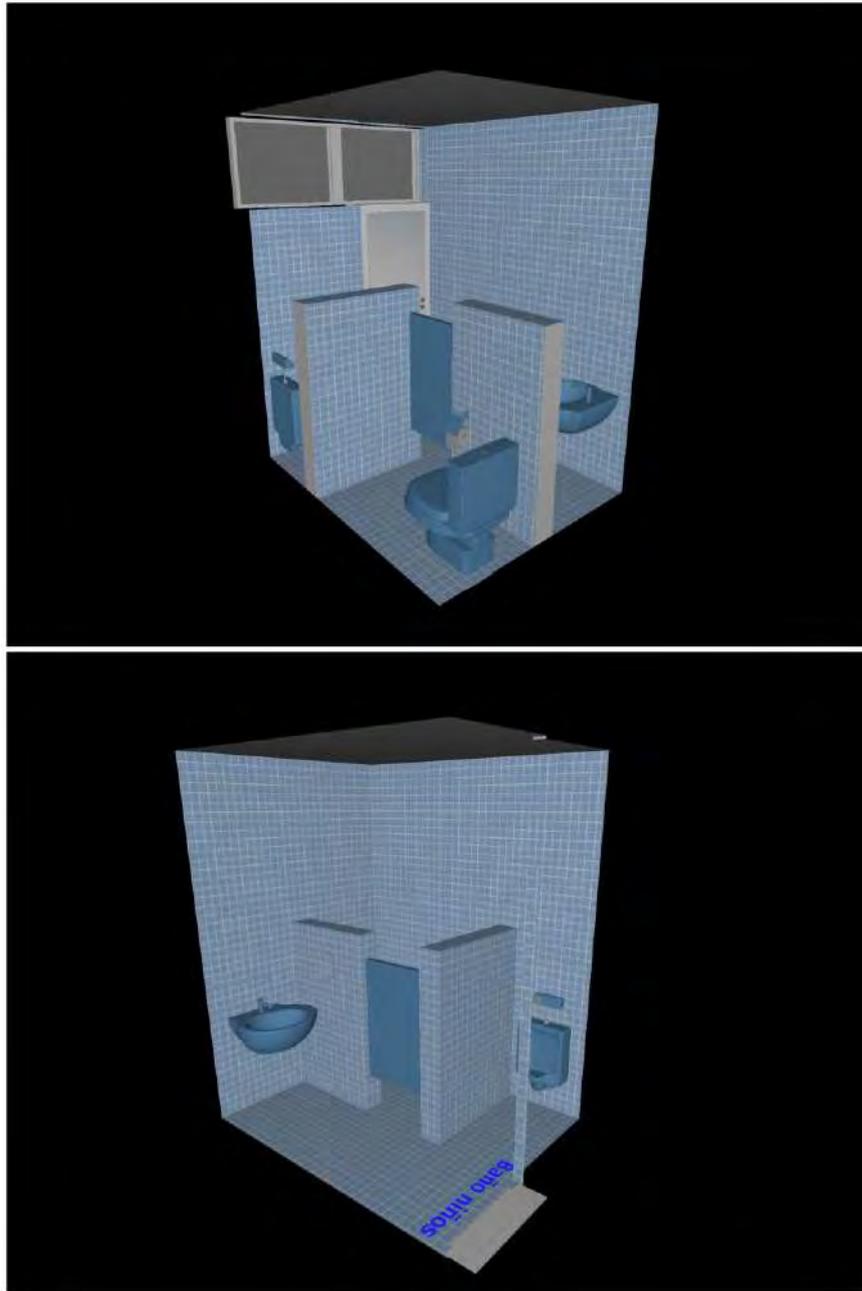
Figura 65. Modelo de Cuarto de limpieza



*Nota.* Adaptada del software DIALux evo.

- Baño niños

**Figura 66. Modelo de Baño niños**

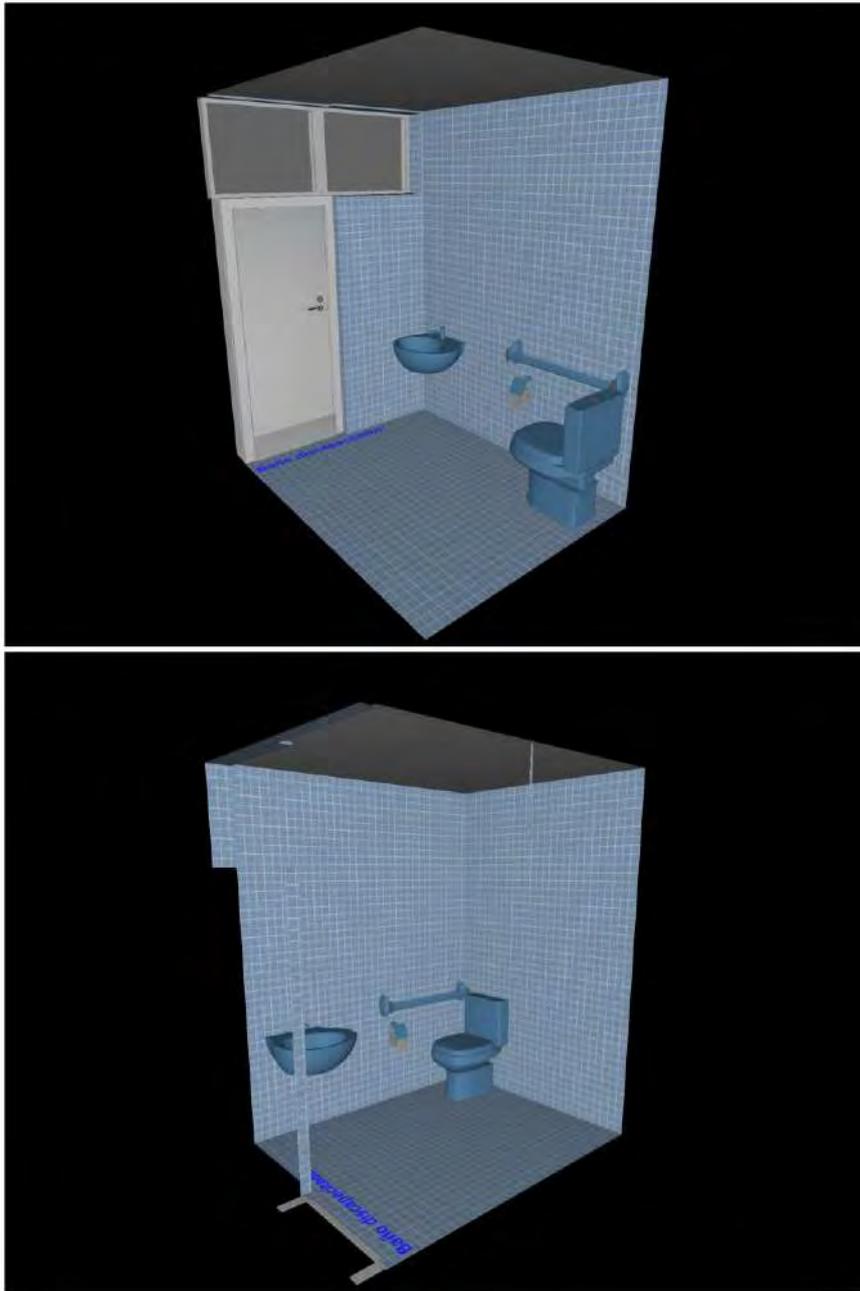


**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.



- Baño para discapacitados

**Figura 68. Modelo de Baño para discapacitados**



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

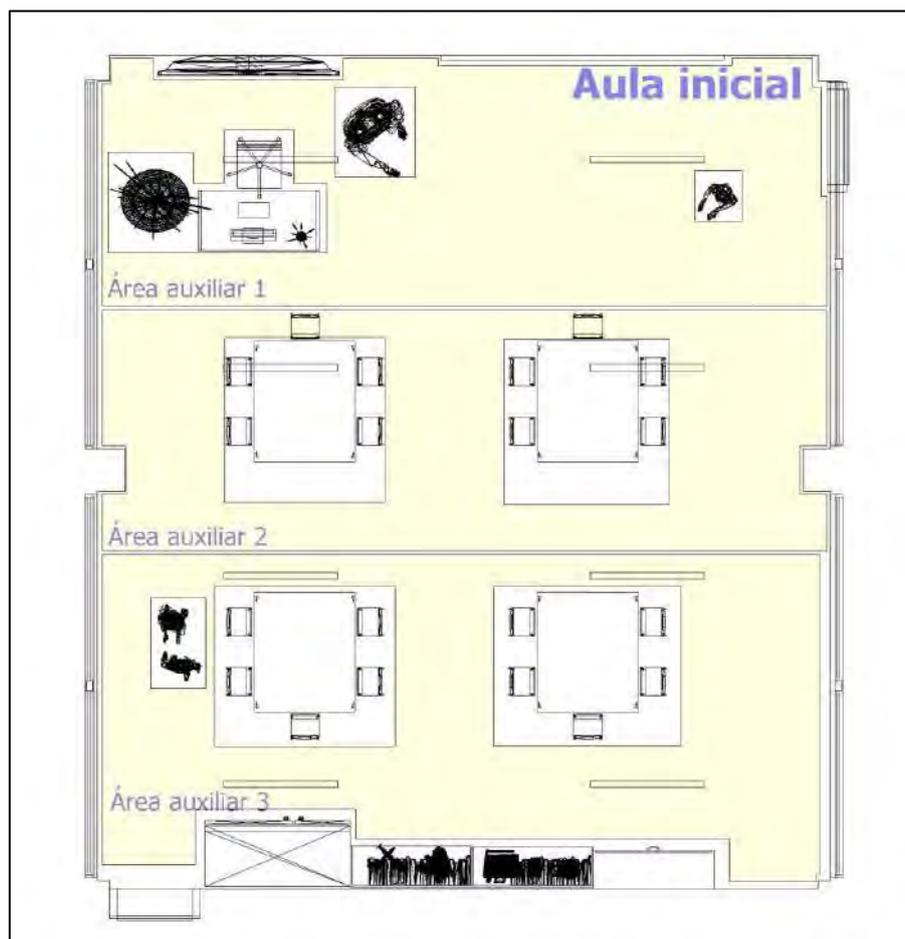
## 5.7 Objetos de cálculo

En este apartado se mostrará los objetos de cálculo usados para cada ambiente de la institución educativa: Áreas auxiliares, áreas de trabajo y puntos de cálculos.

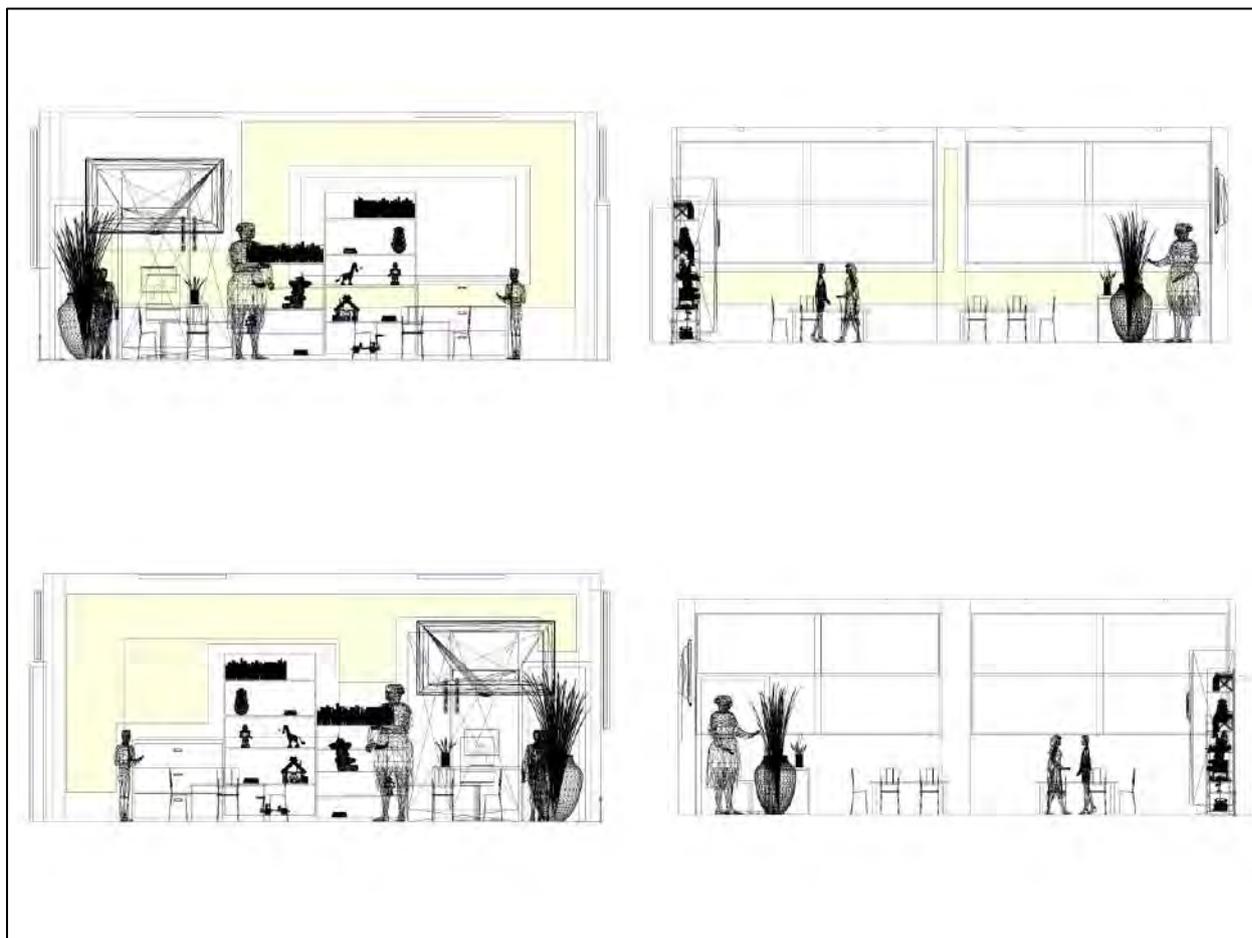
### 5.7.1 Edificio 1 – Objetos de cálculo

- Aula inicial

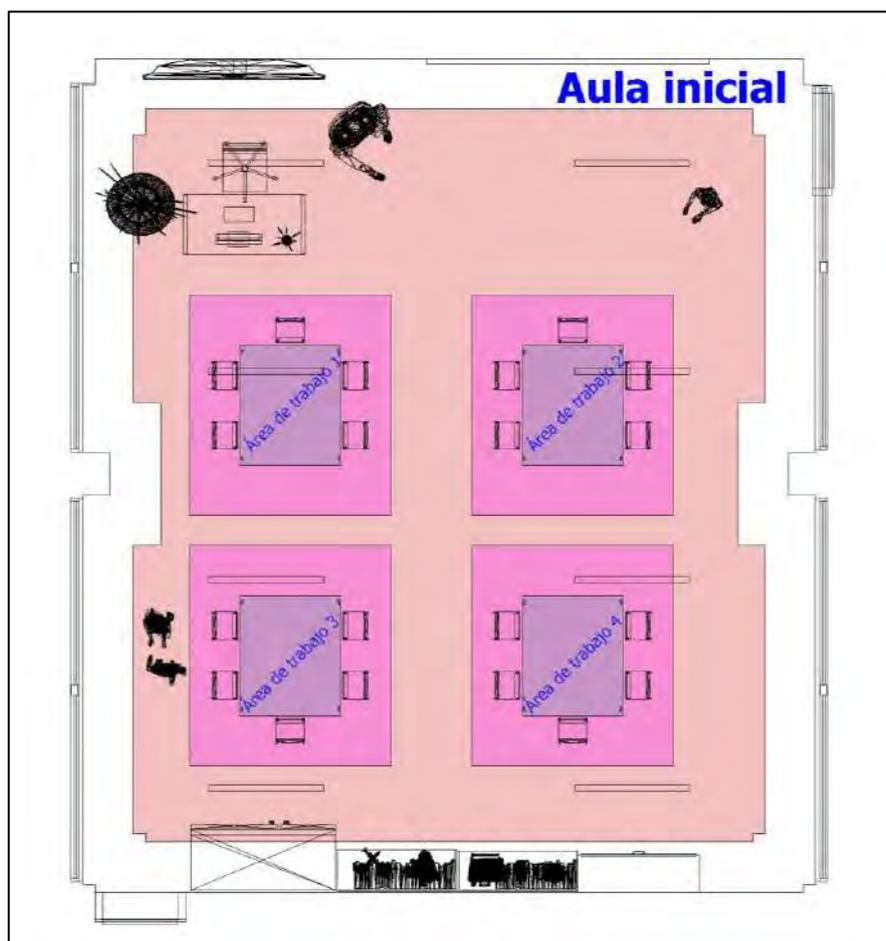
**Figura 69. Aula inicial – Áreas auxiliares**



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

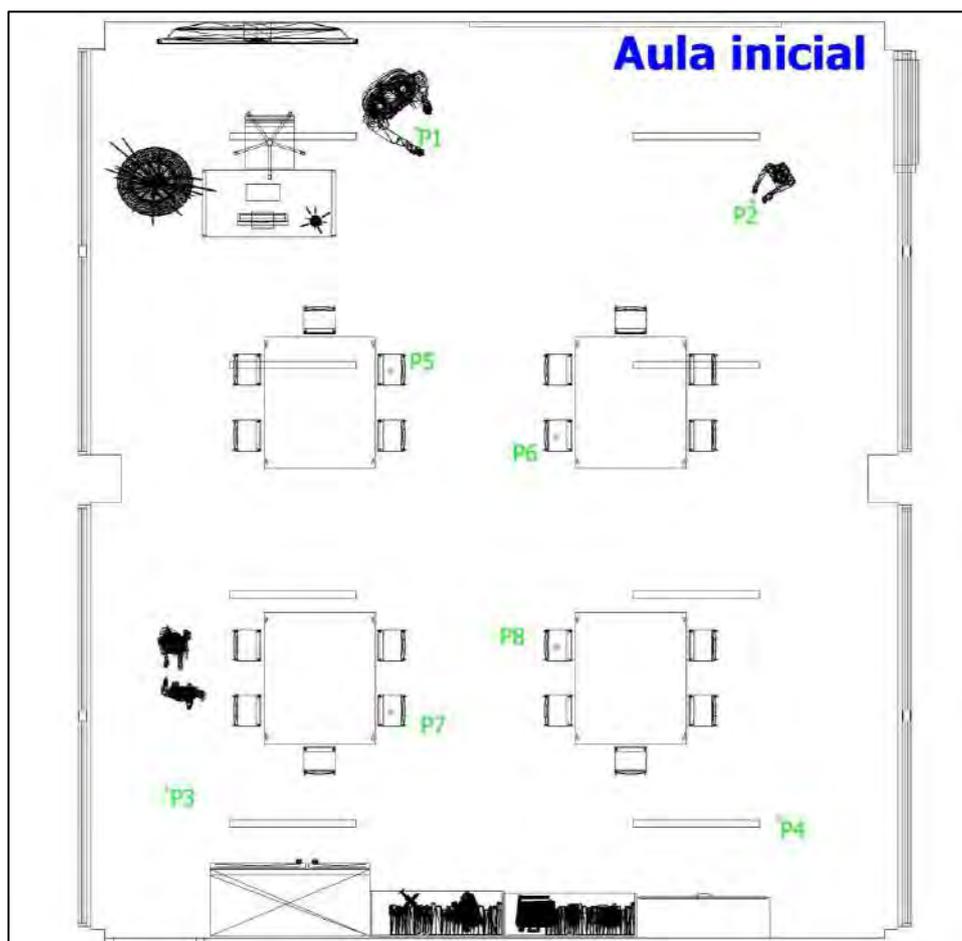
**Figura 70. Aula inicial – Áreas para iluminancia**

**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

**Figura 71. Aula inicial – Áreas de trabajo**

**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

Figura 72. Aula inicial – Puntos de cálculo

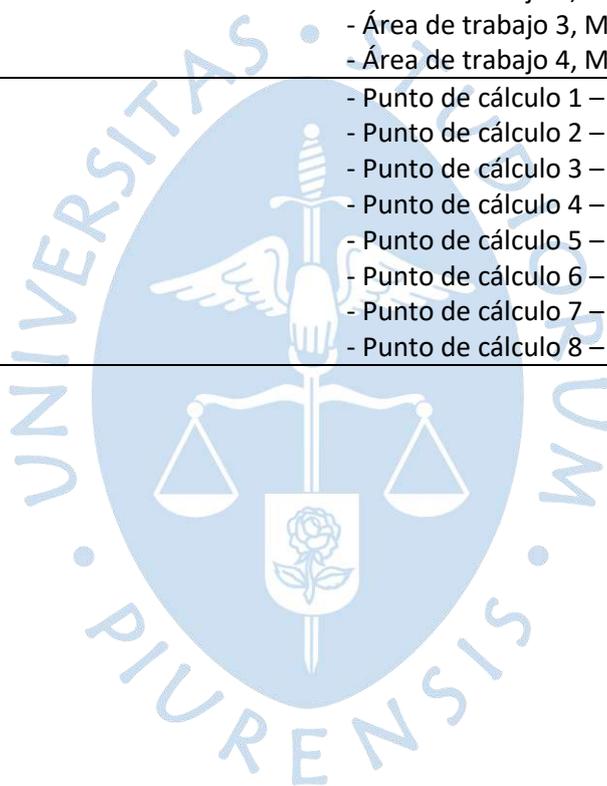


*Nota.* Adaptada del software DIALux evo.

Se han asignado las siguientes áreas auxiliares:

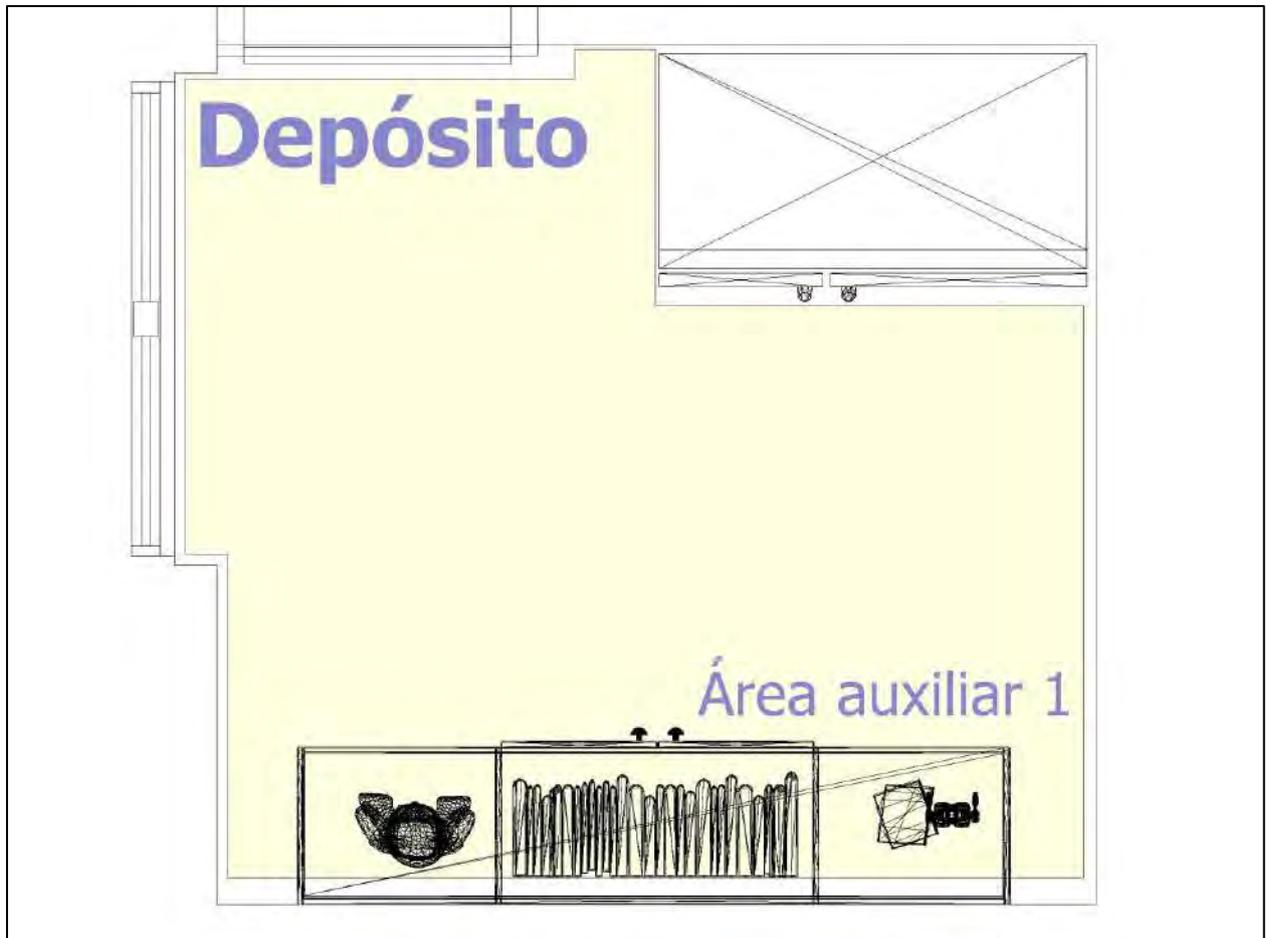
**Tabla 34. Objetos de cálculo – Aula inicial**

<b>Tipo de área auxiliar</b>	<b>Nombre área auxiliar</b>
Área auxiliar para el cálculo de iluminación	- Área auxiliar 1 – Aula inicial - Área auxiliar 2 – Aula inicial - Área auxiliar 3 – Aula inicial
Área para iluminancia en la habitación	- Área auxiliar 4 – Pared 1, Aula inicial - Área auxiliar 5 – Pared 2, Aula inicial - Área auxiliar 6 – Pared 3, Aula inicial - Área auxiliar 7 – Pared 4, Aula inicial - Área auxiliar 8 – Techo, Aula inicial
Área de trabajo	- Área de trabajo 1, Mesa – Aula inicial - Área de trabajo 2, Mesa – Aula inicial - Área de trabajo 3, Mesa – Aula inicial - Área de trabajo 4, Mesa – Aula inicial
Punto de cálculo	- Punto de cálculo 1 – Aula inicial - Punto de cálculo 2 – Aula inicial - Punto de cálculo 3 – Aula inicial - Punto de cálculo 4 – Aula inicial - Punto de cálculo 5 – Aula inicial - Punto de cálculo 6 – Aula inicial - Punto de cálculo 7 – Aula inicial - Punto de cálculo 8 – Aula inicial

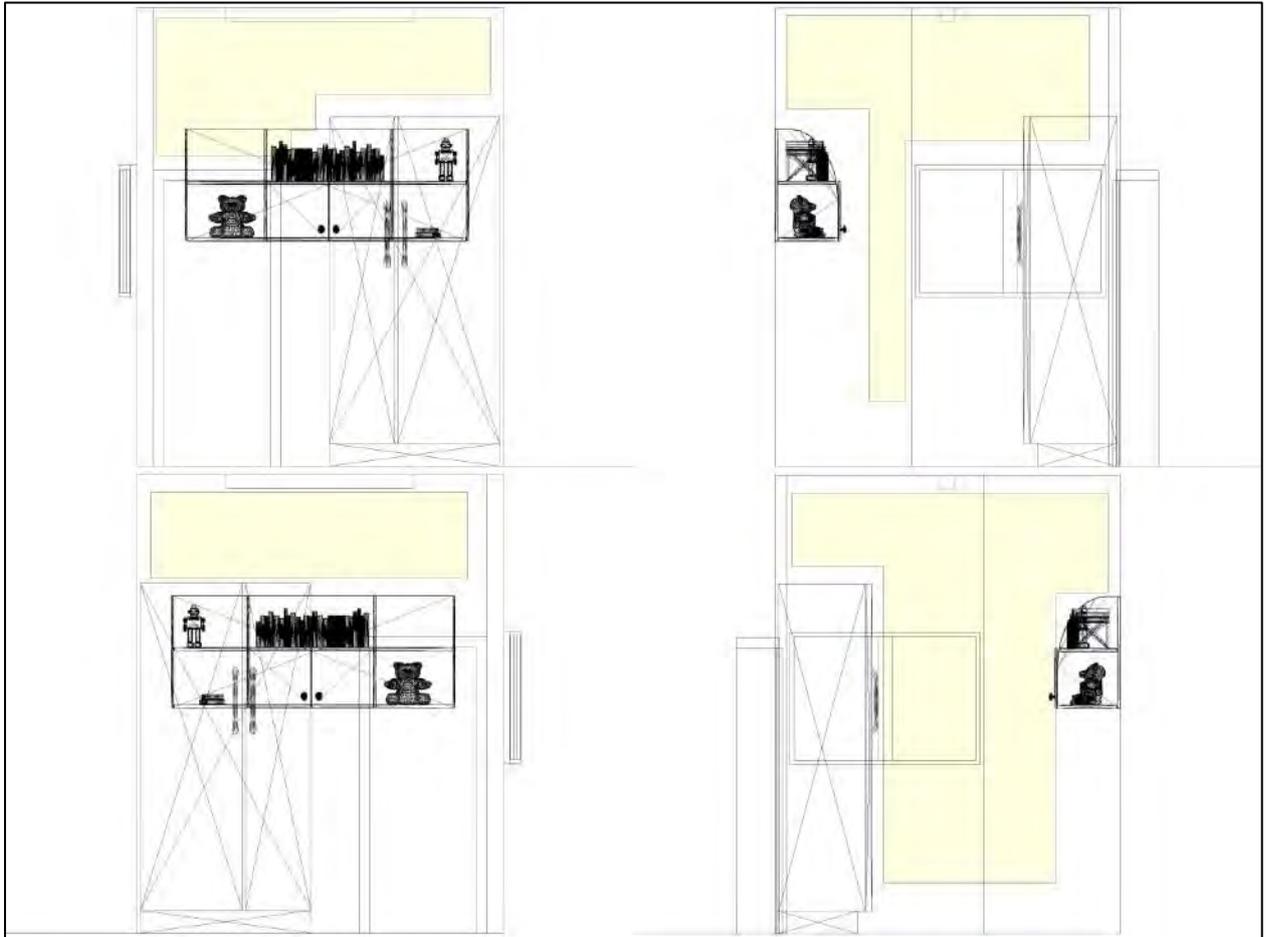


- Depósito de material educativo

**Figura 73. Depósito – Áreas auxiliares**

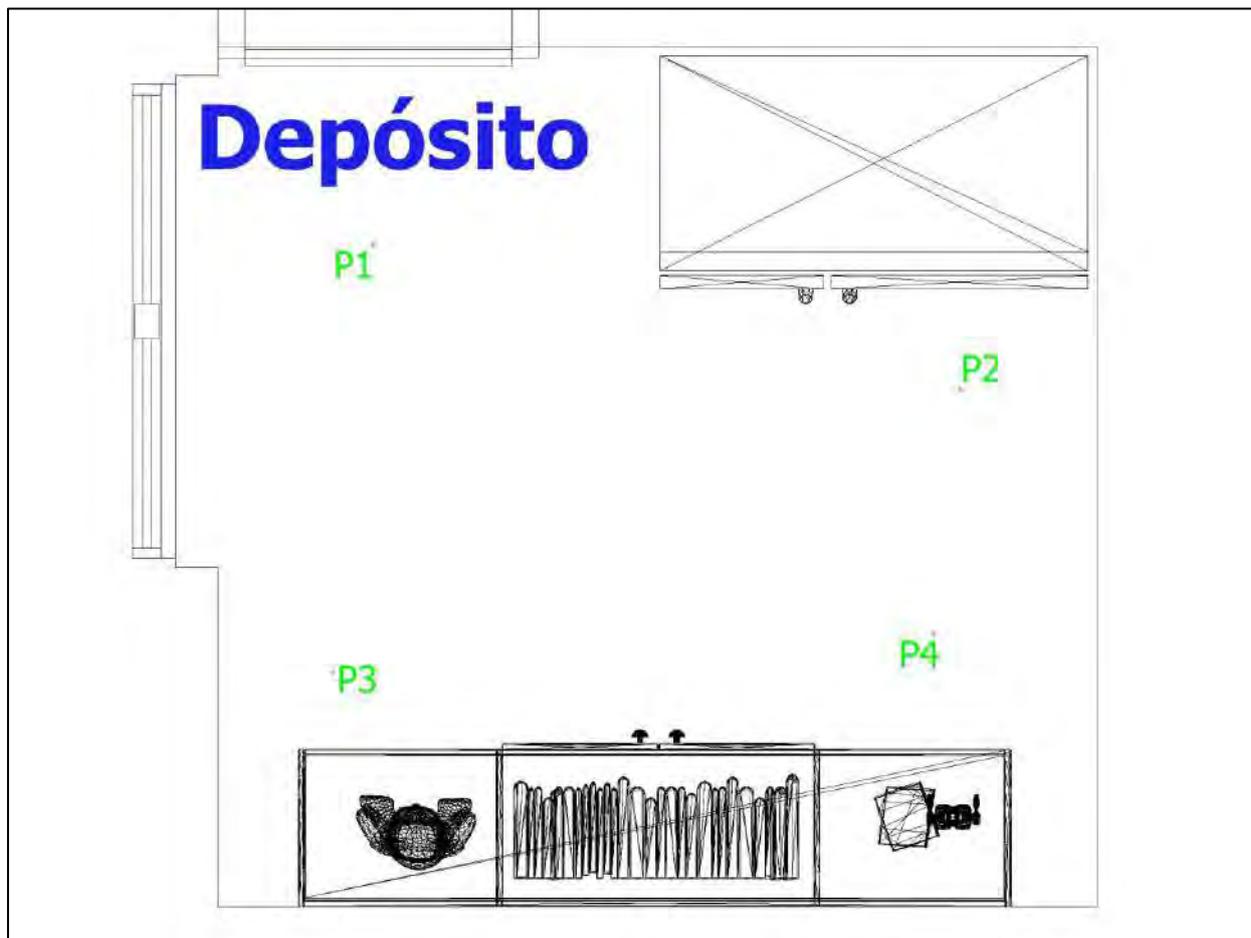


**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

**Figura 74. Depósito – Áreas para iluminancia**

**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

Figura 75. Depósito– Puntos de cálculo

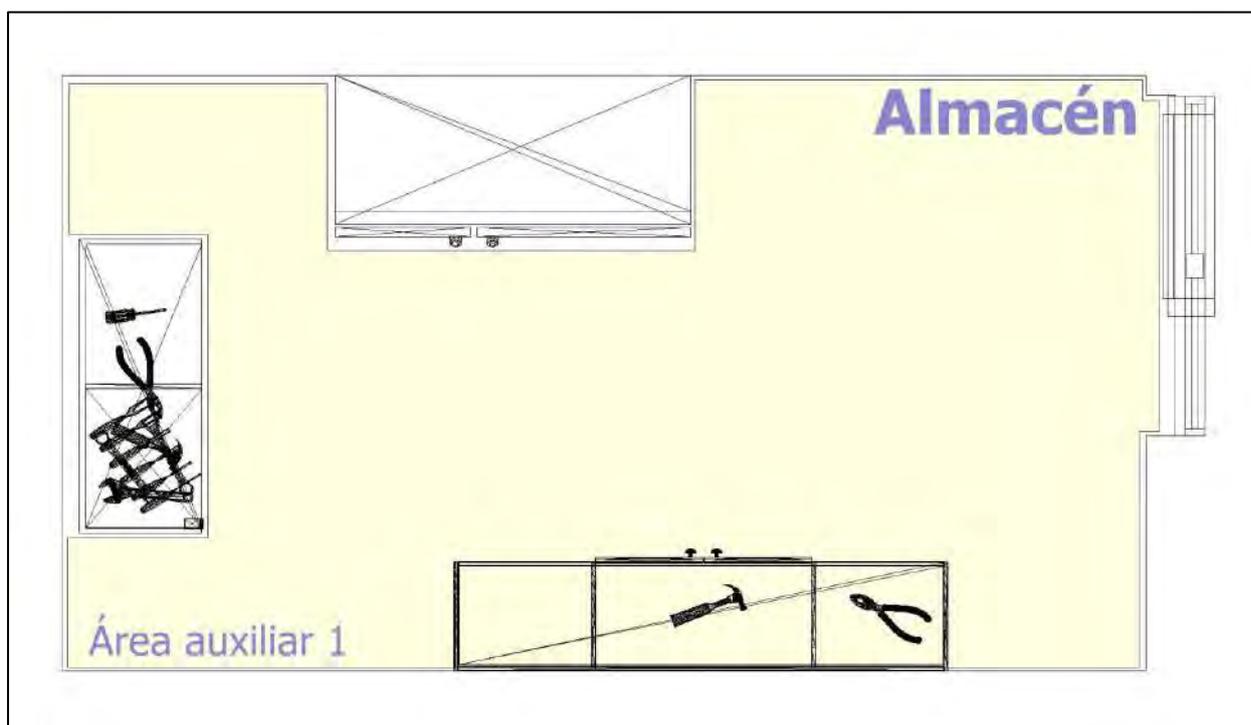


*Nota.* Adaptada del software DIALux evo.

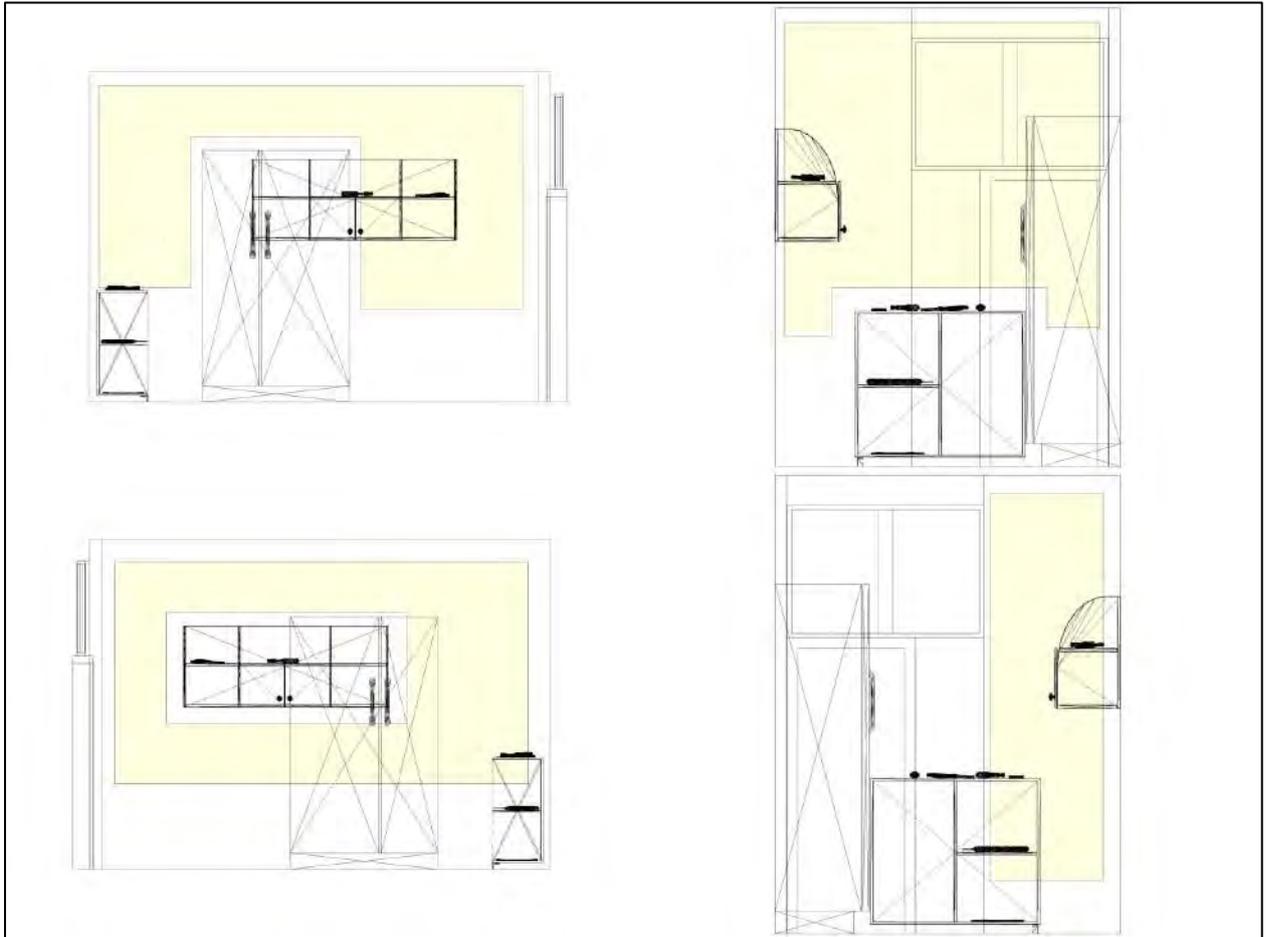
**Tabla 35. Objetos de cálculo – Depósito**

Tipo de área auxiliar	Nombre área auxiliar
Área auxiliar para el cálculo de iluminación	- Área auxiliar 1 – Depósito
Área para iluminancia en la habitación	- Área auxiliar 2 – Pared 1, Depósito - Área auxiliar 3 – Pared 2, Depósito - Área auxiliar 4 – Pared 3, Depósito - Área auxiliar 5 – Pared 4, Depósito - Área auxiliar 6 – Techo, Depósito
Punto de cálculo	- Punto de cálculo 1 – Depósito - Punto de cálculo 2 – Depósito - Punto de cálculo 3 – Depósito - Punto de cálculo 4 – Depósito

- Almacén general

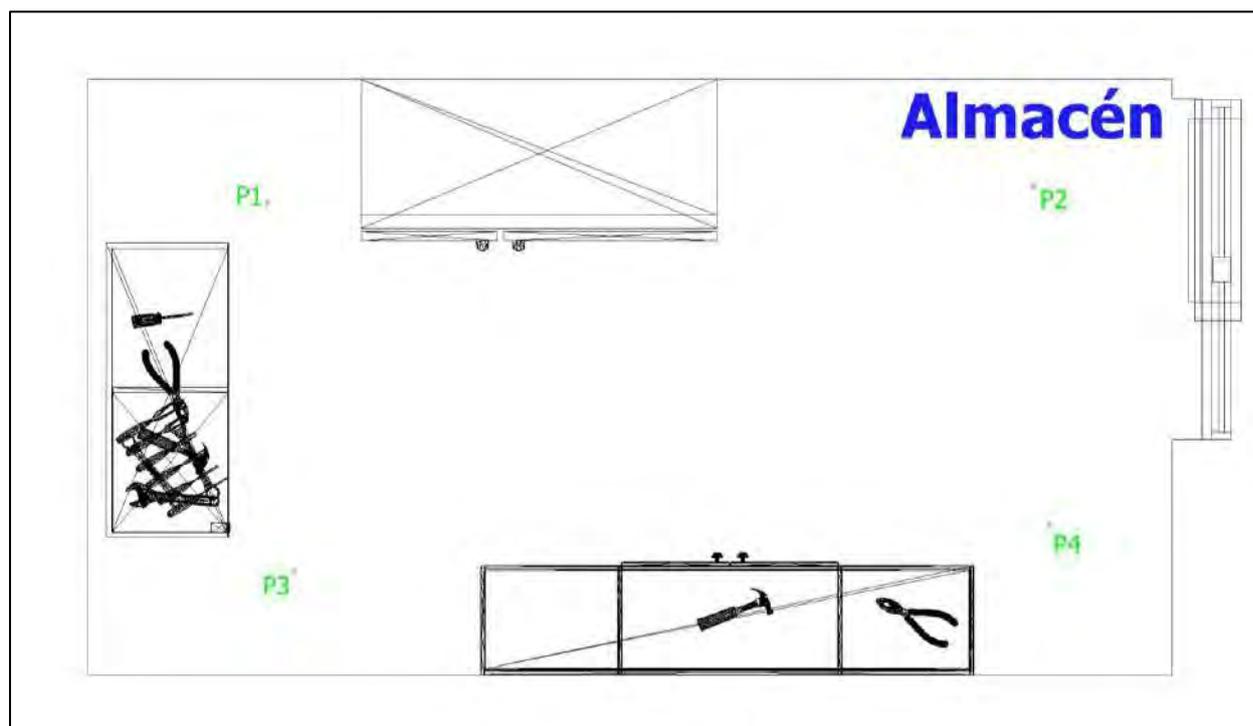
**Figura 76. Almacén – Áreas auxiliares**

**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

**Figura 77. Almacén – Áreas para iluminancia**

**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

Figura 78. Almacén – Puntos de cálculo



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

Tabla 36. Objetos de cálculo – Almacén

Tipo de área auxiliar	Nombre área auxiliar
Área auxiliar para el cálculo de iluminación	- Área auxiliar 1 – Almacén
Área para iluminancia en la habitación	- Área auxiliar 2 – Pared 1, Almacén - Área auxiliar 3 – Pared 2, Almacén - Área auxiliar 4 – Pared 3, Almacén - Área auxiliar 5 – Pared 4, Almacén - Área auxiliar 6 – Techo, Almacén
Punto de cálculo	- Punto de cálculo 1 – Almacén - Punto de cálculo 2 – Almacén - Punto de cálculo 3 – Almacén - Punto de cálculo 4 – Almacén

### 5.7.2 Edificio 2 – Objetos de cálculo

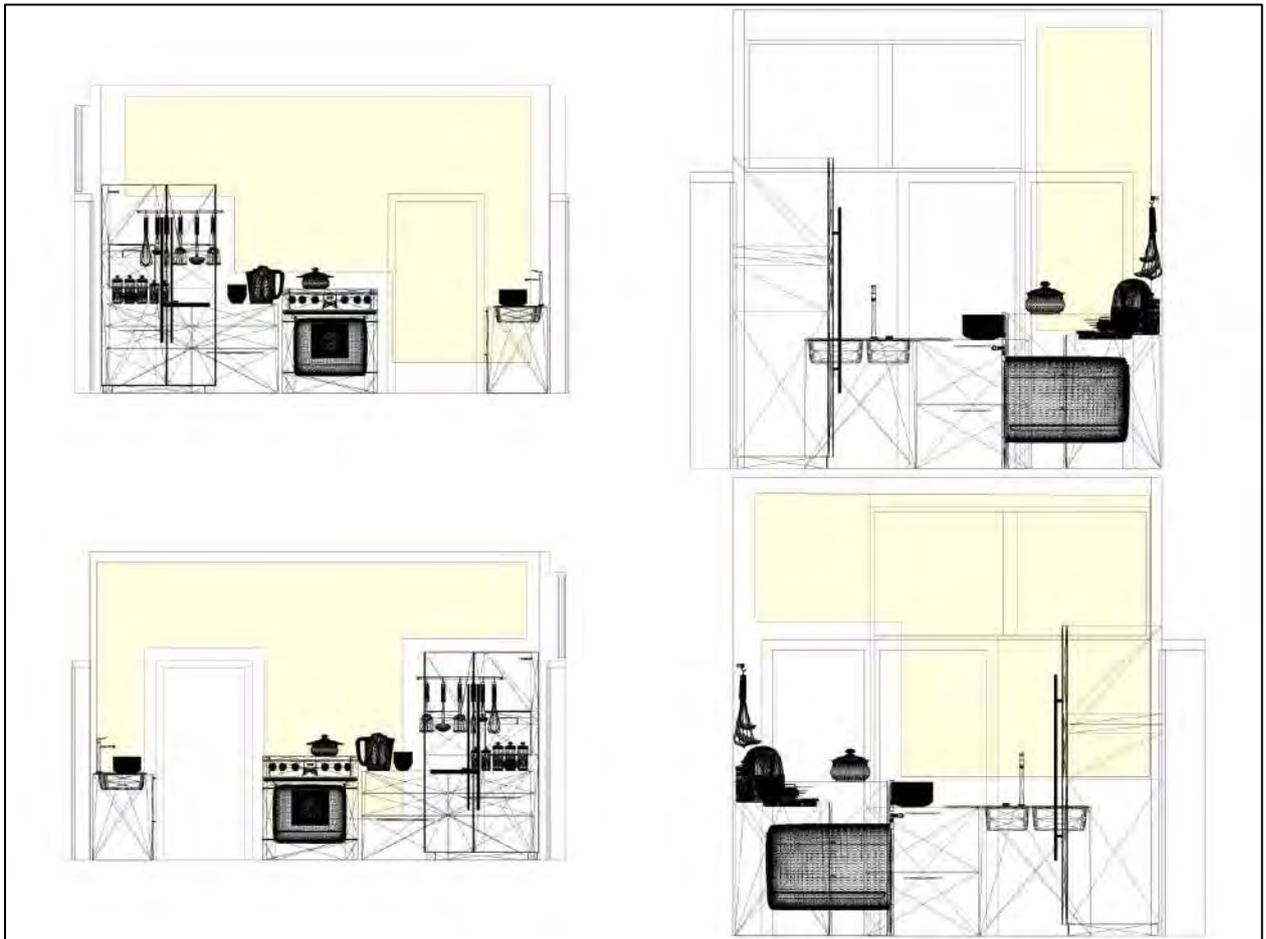
- Cocina

Figura 79. Cocina – Áreas auxiliares



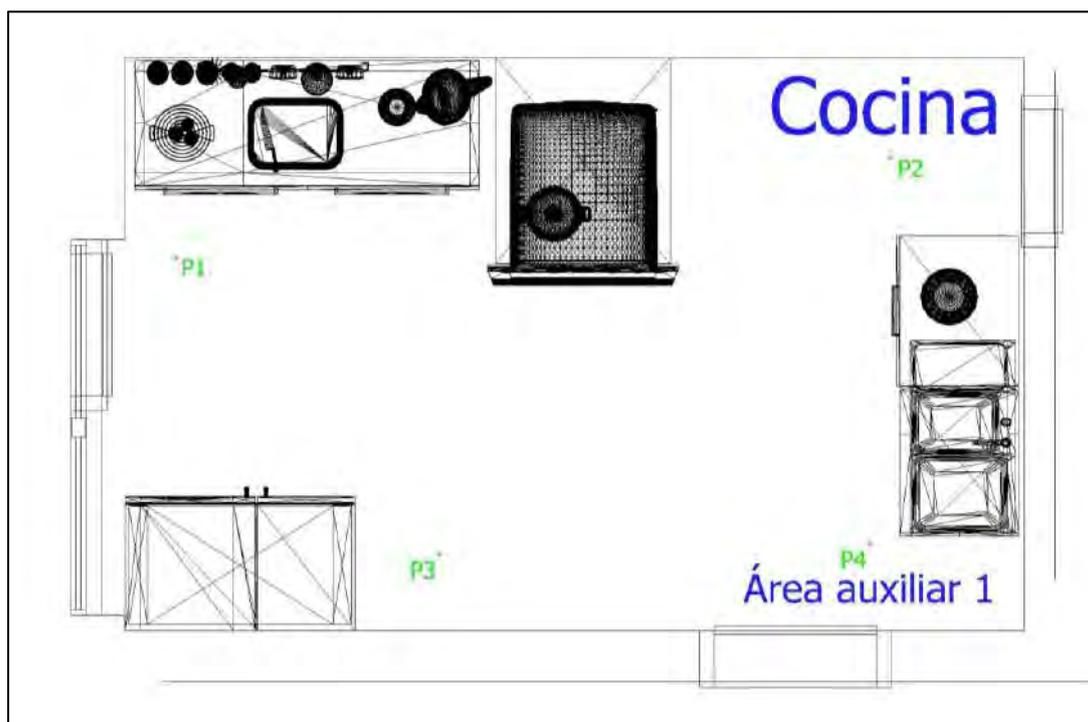
**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

Figura 80. Cocina – Áreas para iluminancia



*Nota.* Adaptada del software DIALux evo.

Figura 81. Cocina – Puntos de cálculo



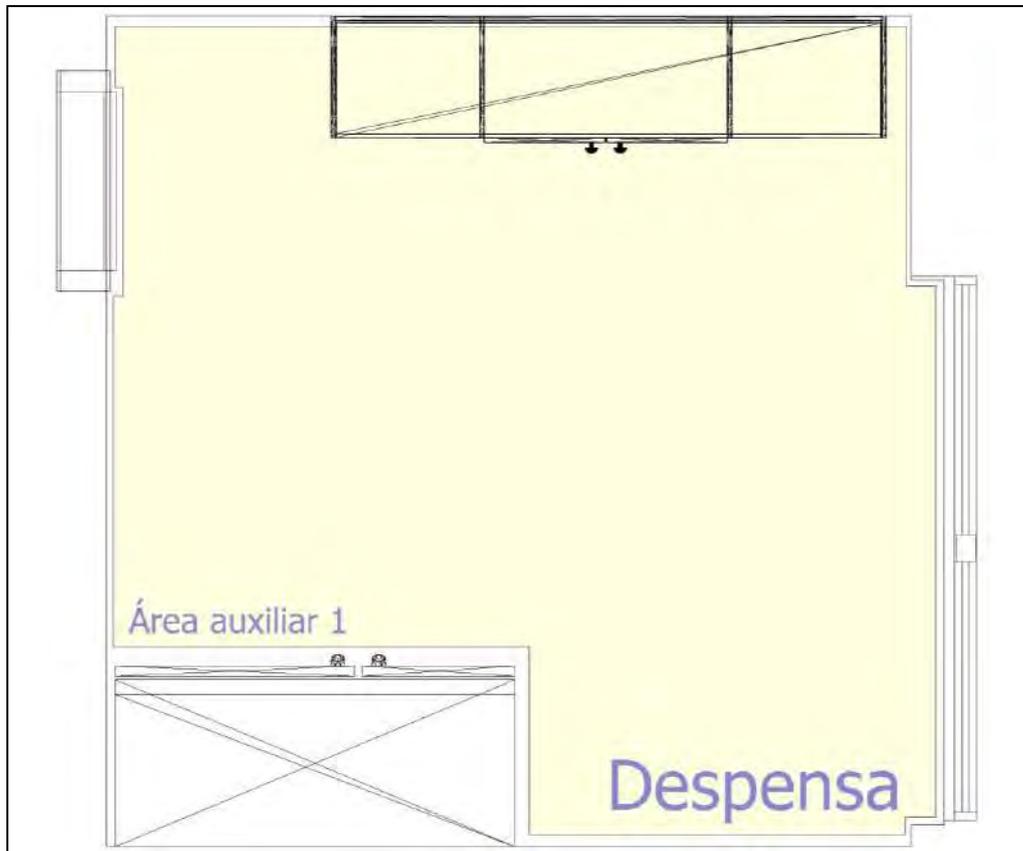
**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

Tabla 37. Objetos de cálculo – Cocina

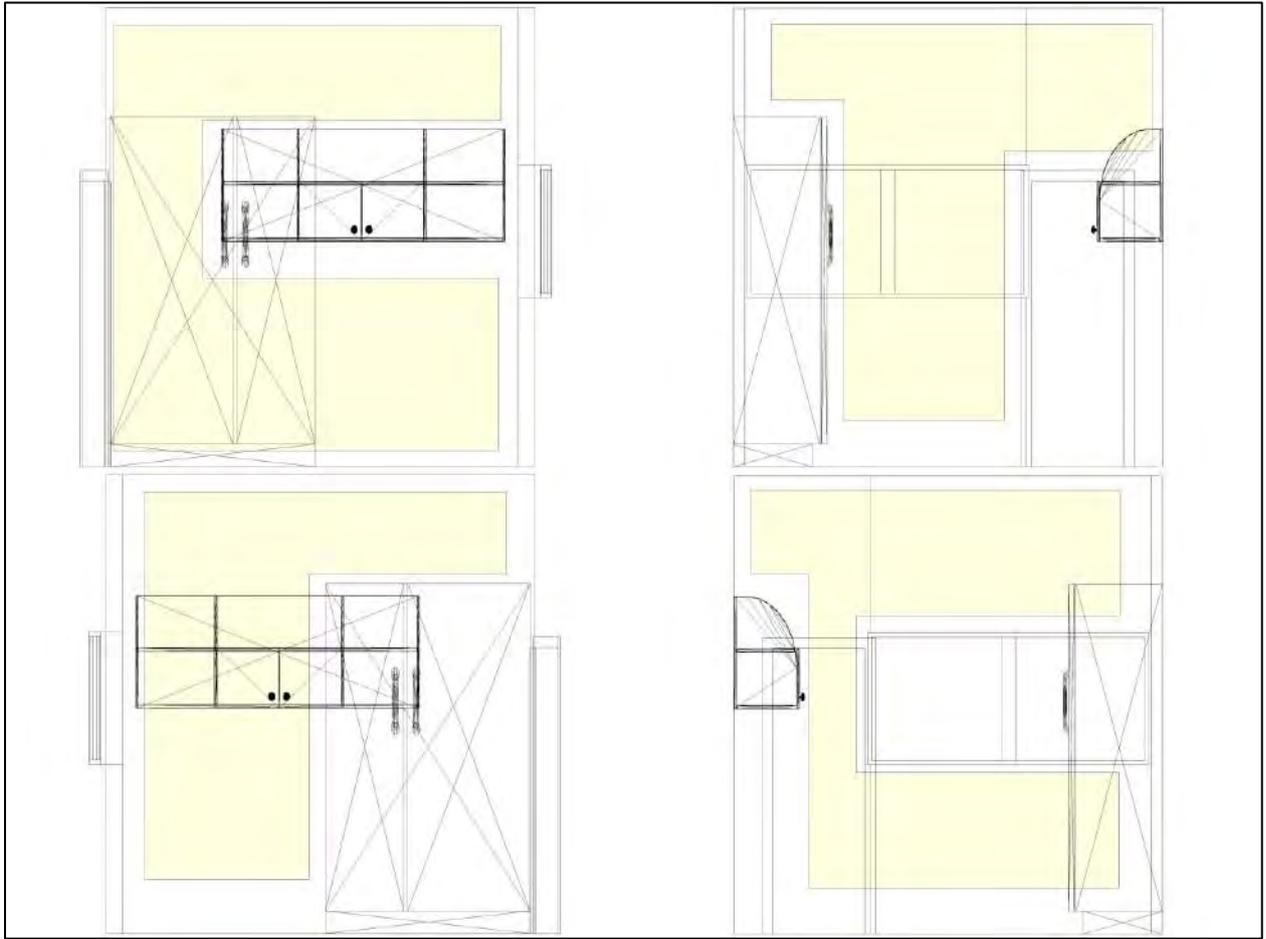
Tipo de área auxiliar	Nombre área auxiliar
Área auxiliar para el cálculo de iluminación	- Área auxiliar 1 – Cocina
Área para iluminancia en la habitación	- Área auxiliar 2 – Pared 1, Cocina - Área auxiliar 3 – Pared 2, Cocina - Área auxiliar 4 – Pared 3, Cocina - Área auxiliar 5 – Pared 4, Cocina - Área auxiliar 6 – Techo, Cocina
Punto de cálculo	- Punto de cálculo 1 – Cocina - Punto de cálculo 2 – Cocina - Punto de cálculo 3 – Cocina - Punto de cálculo 4 – Cocina

- Despensa

**Figura 82. Despensa – Áreas auxiliares**

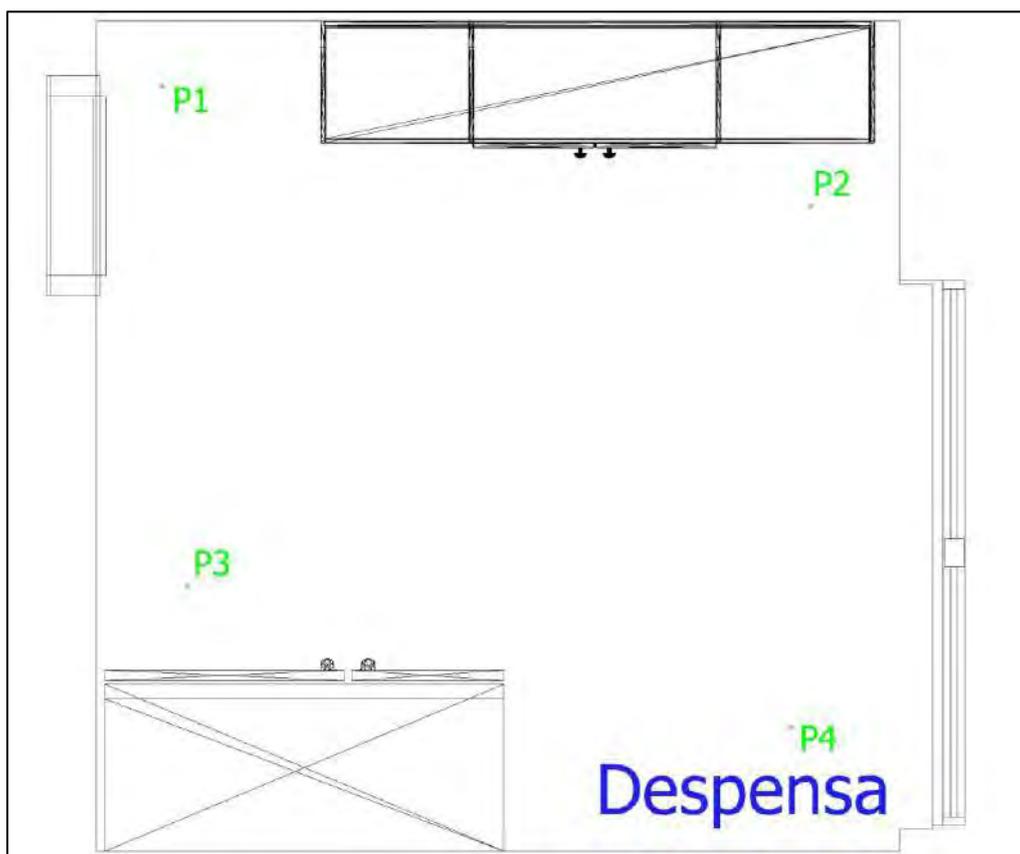


**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

**Figura 83. Despensa – Áreas para iluminancia**

**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

Figura 84. Despensa – Puntos de cálculo



*Nota.* Adaptada del software DIALux evo.

Tabla 38. Objetos de cálculo – Despensa

Tipo de área auxiliar	Nombre área auxiliar
Área auxiliar para el cálculo de iluminación	- Área auxiliar 1 – Despensa
Área para iluminancia en la habitación	- Área auxiliar 2 – Pared 1, Despensa - Área auxiliar 3 – Pared 2, Despensa - Área auxiliar 4 – Pared 3, Despensa - Área auxiliar 5 – Pared 4, Despensa - Área auxiliar 6 – Techo, Despensa
Punto de cálculo	- Punto de cálculo 1 – Despensa - Punto de cálculo 2 – Despensa - Punto de cálculo 3 – Despensa - Punto de cálculo 4 – Despensa

- Psicomotricidad

Figura 85. Psicomotricidad – Áreas auxiliares



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

**Figura 86. Psicomotricidad – Áreas para iluminancia**

**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

**Figura 87. Psicomotricidad – Áreas de trabajo**

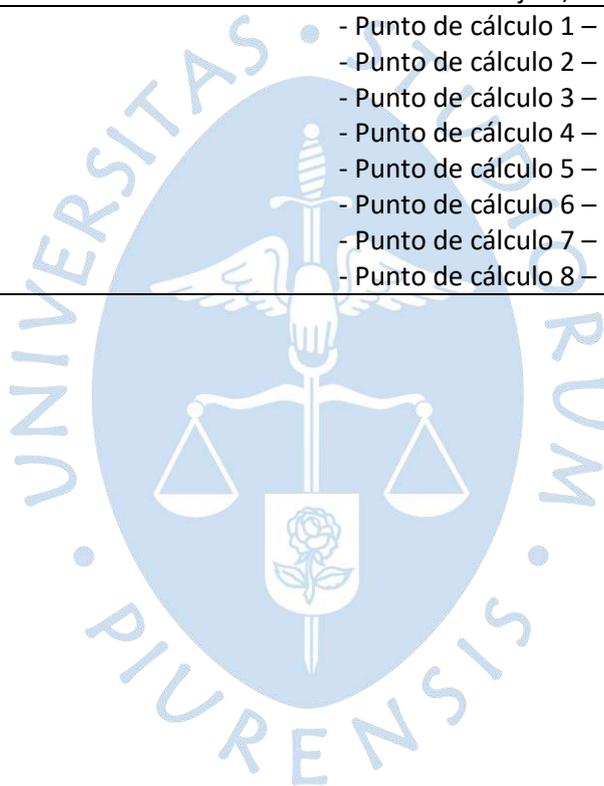
**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.



Se han asignado las siguientes áreas auxiliares:

**Tabla 39. Objetos de cálculo – Psicomotricidad**

<b>Tipo de área auxiliar</b>	<b>Nombre área auxiliar</b>
Área auxiliar para el cálculo de iluminación	- Área auxiliar 1 – Psicomotricidad - Área auxiliar 2 – Psicomotricidad - Área auxiliar 3 – Psicomotricidad
Área para iluminancia en la habitación	- Área auxiliar 4 – Pared 1, Psicomotricidad - Área auxiliar 5 – Pared 2, Psicomotricidad - Área auxiliar 6 – Pared 3, Psicomotricidad - Área auxiliar 7 – Pared 4, Psicomotricidad - Área auxiliar 8 – Techo, Psicomotricidad
Área de trabajo	- Área de trabajo 1, Mesa – Psicomotricidad - Área de trabajo 2, Mesa – Psicomotricidad
Punto de cálculo	- Punto de cálculo 1 – Psicomotricidad - Punto de cálculo 2 – Psicomotricidad - Punto de cálculo 3 – Psicomotricidad - Punto de cálculo 4 – Psicomotricidad - Punto de cálculo 5 – Psicomotricidad - Punto de cálculo 6 – Psicomotricidad - Punto de cálculo 7 – Psicomotricidad - Punto de cálculo 8 – Psicomotricidad



- Sala de archivos

**Figura 89. Sala de archivos – Áreas auxiliares**

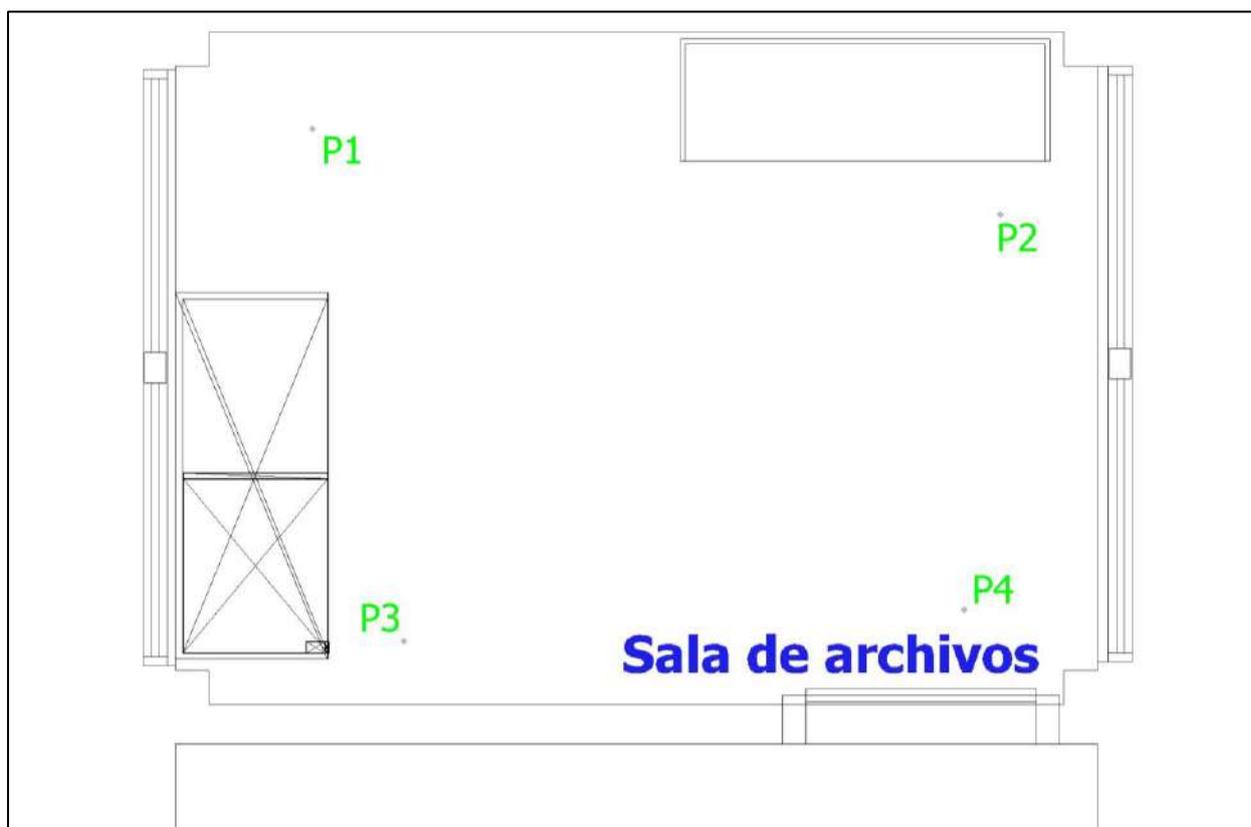


**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

**Figura 90. Sala de archivos – Áreas para iluminancia**

**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

Figura 91. Sala de archivos – Puntos de cálculo



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

Tabla 40. Objetos de cálculo – Sala de archivos

Tipo de área auxiliar	Nombre área auxiliar
Área auxiliar para el cálculo de iluminación	- Área auxiliar 1 – Sala de archivos
Área para iluminancia en la habitación	- Área auxiliar 2 – Pared 1, Sala de archivos - Área auxiliar 3 – Pared 2, Sala de archivos - Área auxiliar 4 – Pared 3, Sala de archivos - Área auxiliar 5 – Pared 4, Sala de archivos - Área auxiliar 6 – Techo, Sala de archivos
Punto de cálculo	- Punto de cálculo 1 – Sala de archivos - Punto de cálculo 2 – Sala de archivos - Punto de cálculo 3 – Sala de archivos - Punto de cálculo 4 – Sala de archivos

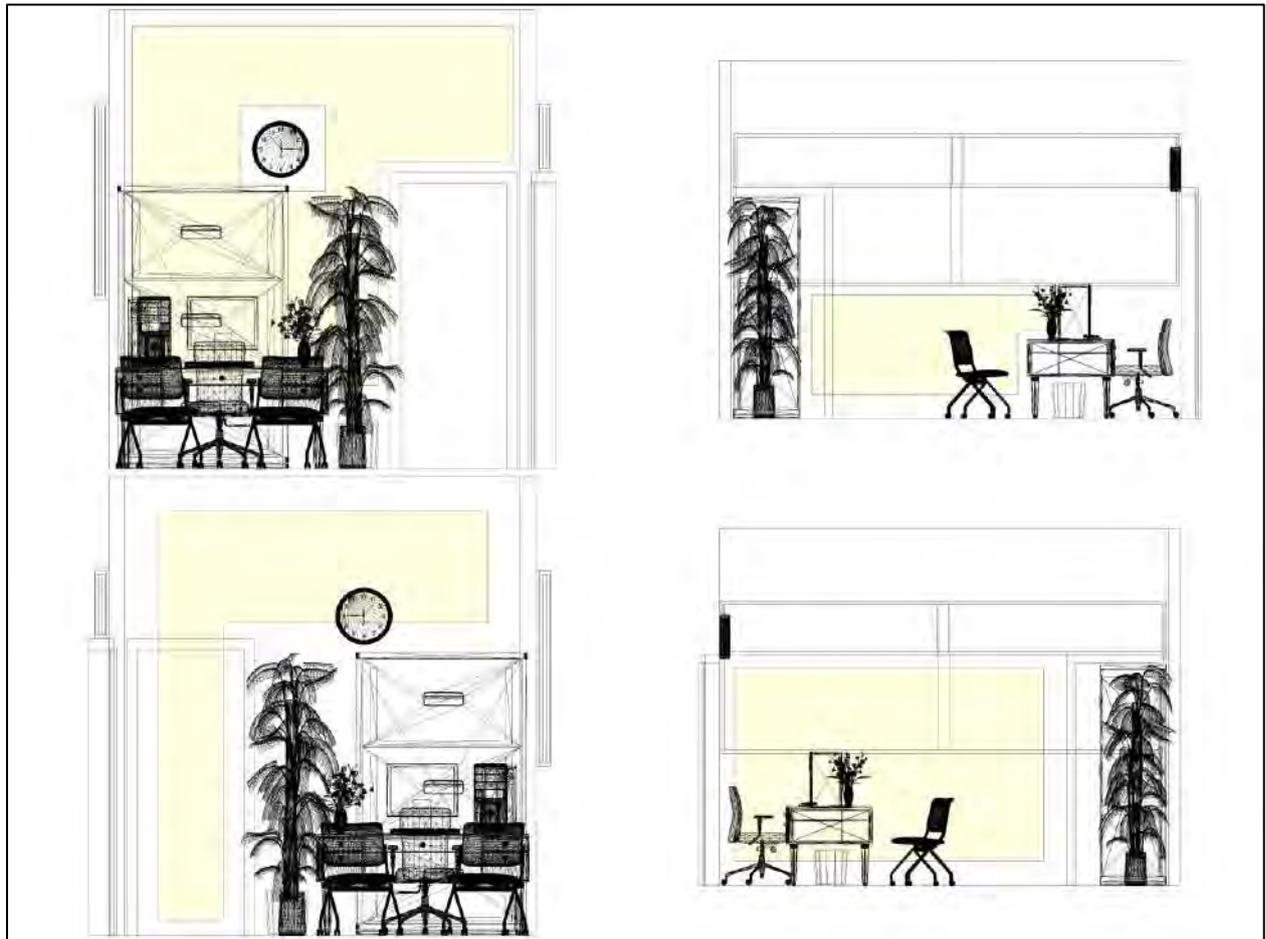
- Dirección

**Figura 92. Dirección – Áreas auxiliares**



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

Figura 93. Dirección – Áreas para iluminancia



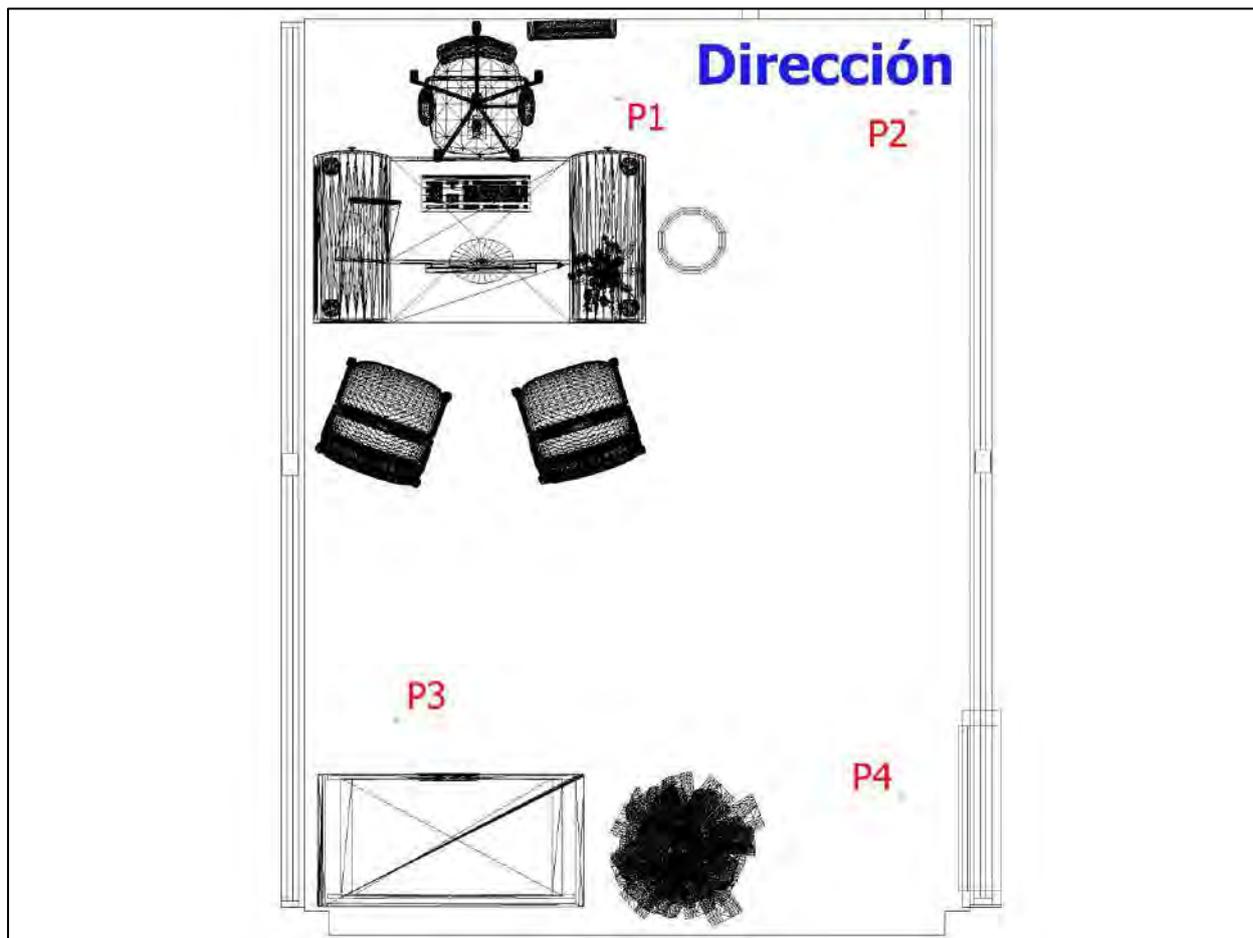
*Nota.* Adaptada del software DIALux evo.

Figura 94. Dirección – Áreas de trabajo



*Nota.* Adaptada del software DIALux evo.

Figura 95. Dirección – Puntos de cálculo



*Nota.* Adaptada del software DIALux evo.

**Tabla 41. Objetos de cálculo – Dirección**

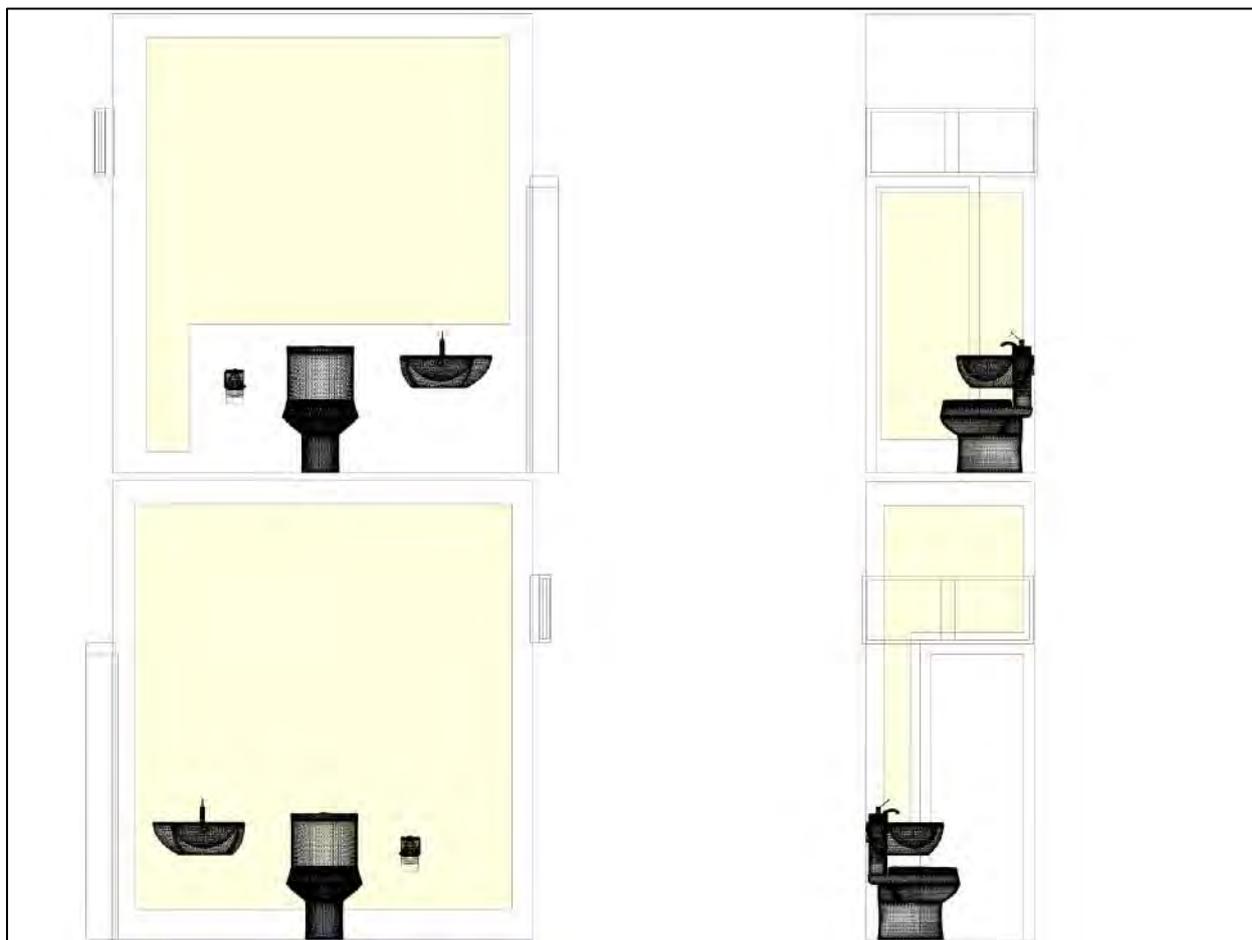
<b>Tipo de área auxiliar</b>	<b>Nombre área auxiliar</b>
Área auxiliar para el cálculo de iluminación	- Área auxiliar 1 – Dirección
Área para iluminancia en la habitación	- Área auxiliar 2 – Pared 1, Dirección - Área auxiliar 3 – Pared 2, Dirección - Área auxiliar 4 – Pared 3, Dirección - Área auxiliar 5 – Pared 4, Dirección - Área auxiliar 6 – Techo, Dirección
Área de trabajo	- Área de trabajo 1, Mesa – Dirección
Punto de cálculo	- Punto de cálculo 1 – Dirección - Punto de cálculo 2 – Dirección - Punto de cálculo 3 – Dirección - Punto de cálculo 4 – Dirección

- Baño de maestros

**Figura 96. Baño de maestros – Áreas auxiliares**

**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

**Figura 97. Baño de maestros – Áreas para iluminancia**



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

Figura 98. Baño de maestros – Puntos de cálculo



*Nota.* Adaptada del software DIALux evo.

Tabla 42. Objetos de cálculo – Baño de maestros

Tipo de área auxiliar	Nombre área auxiliar
Área auxiliar para el cálculo de iluminación	- Área auxiliar 1 – Baño de maestros
Área para iluminancia en la habitación	- Área auxiliar 2 – Pared 1, Baño de maestros
	- Área auxiliar 3 – Pared 2, Baño de maestros
	- Área auxiliar 4 – Pared 3, Baño de maestros
	- Área auxiliar 5 – Pared 4, Baño de maestros
	- Área auxiliar 6 – Techo, Baño de maestros
	Punto de cálculo
- Punto de cálculo 2 – Baño de maestros	
- Punto de cálculo 3 – Baño de maestros	
- Punto de cálculo 4 – Baño de maestros	

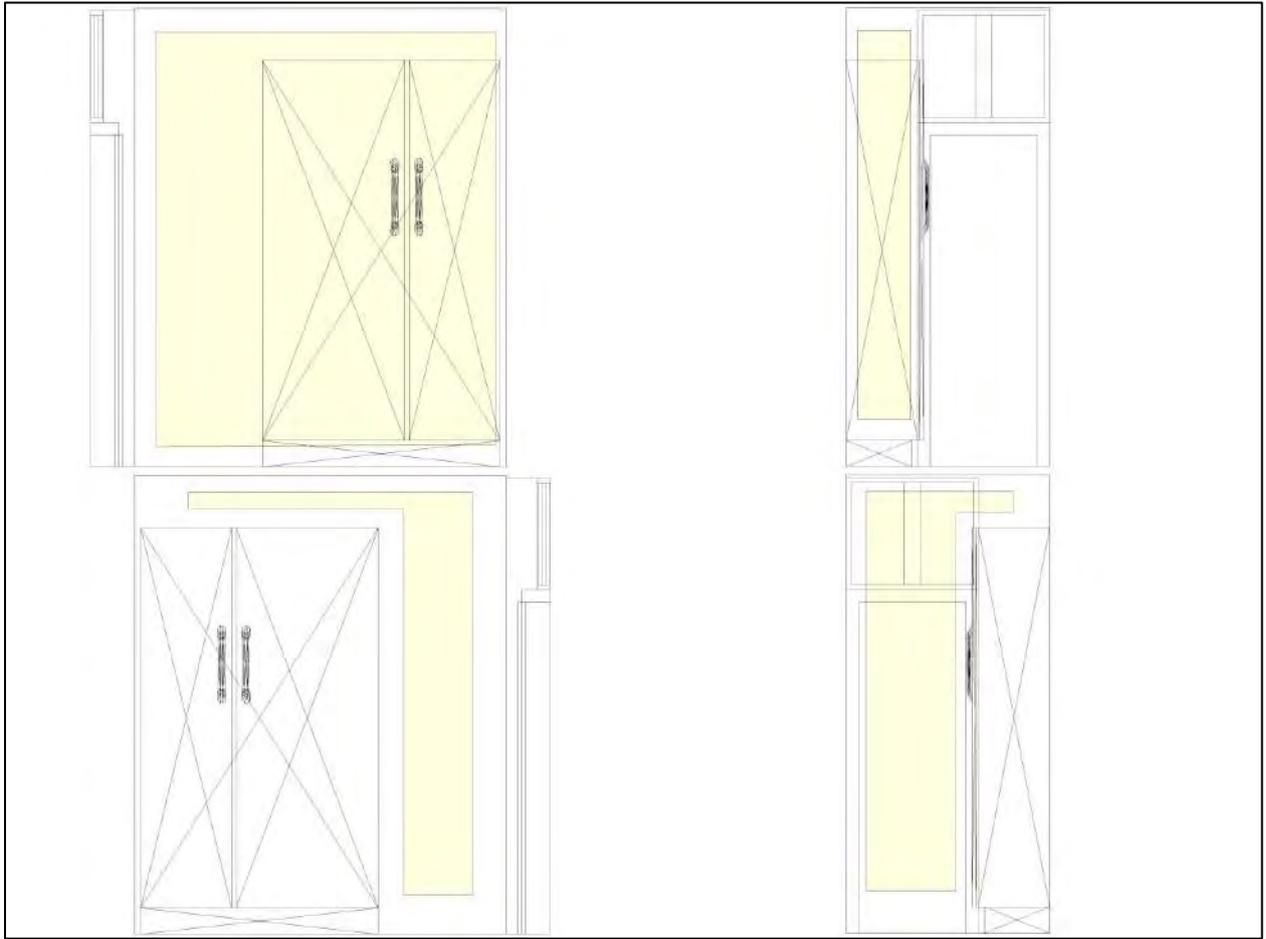
### 5.7.3 Edificio 3 – Objetos de cálculo

- Cuarto de limpieza

Figura 99. Cuarto de limpieza – Áreas auxiliares

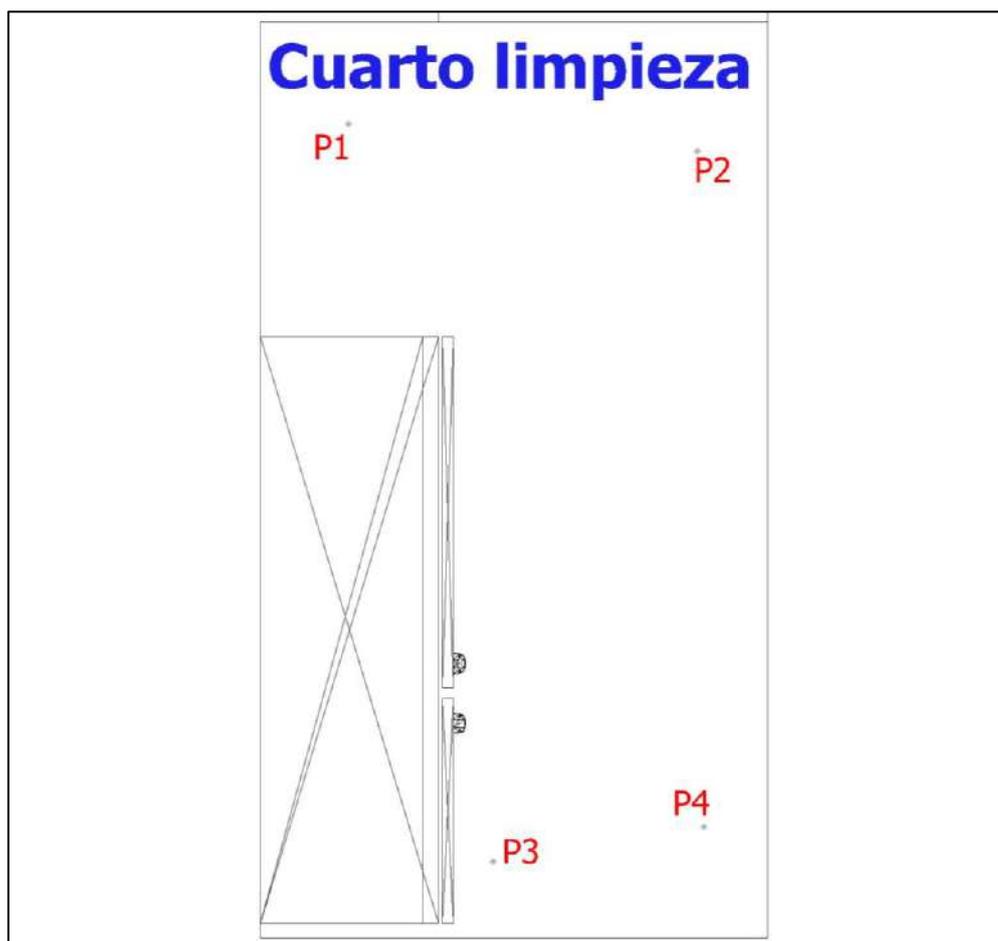


**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

**Figura 100. Cuarto de limpieza – Áreas para iluminancia**

**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

Figura 101. Cuarto limpieza – Puntos de cálculo



*Nota.* Adaptada del software DIALux evo.

Tabla 43. Objetos de cálculo – Cuarto de limpieza

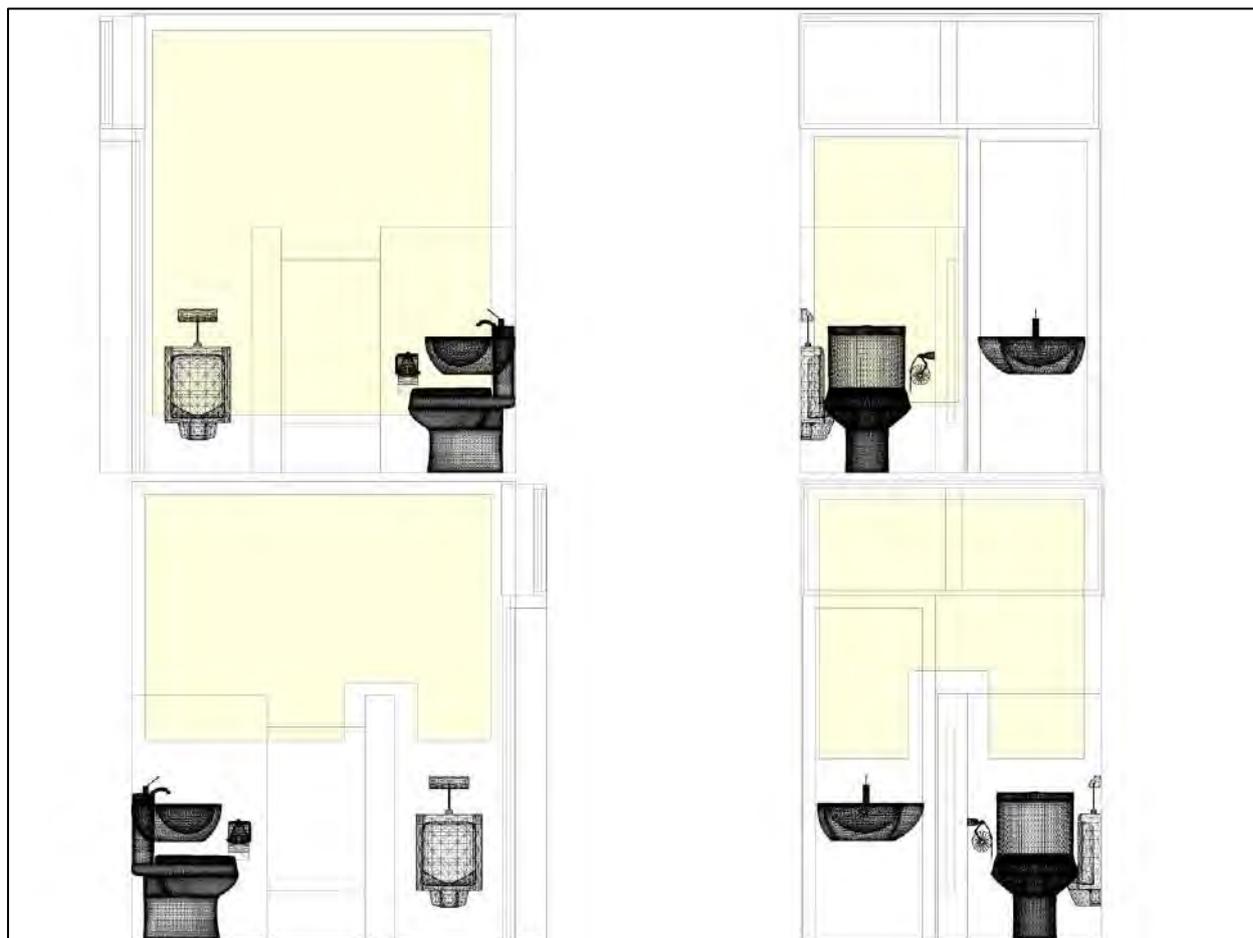
Tipo de área auxiliar	Nombre área auxiliar
Área auxiliar para el cálculo de iluminación	- Área auxiliar 1 – Cuarto limpieza
Área para iluminancia en la habitación	- Área auxiliar 2 – Pared 1, Cuarto limpieza - Área auxiliar 3 – Pared 2, Cuarto limpieza - Área auxiliar 4 – Pared 3, Cuarto limpieza - Área auxiliar 5 – Pared 4, Cuarto limpieza - Área auxiliar 6 – Techo, Cuarto limpieza
Punto de cálculo	- Punto de cálculo 1 – Cuarto limpieza - Punto de cálculo 2 – Cuarto limpieza - Punto de cálculo 3 – Cuarto limpieza - Punto de cálculo 4 – Cuarto limpieza

- Baño niños

**Figura 102. Baño niños – Áreas auxiliares**



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

**Figura 103. Baño niños – Áreas para iluminancia**

**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

Figura 104. Baño niños – Puntos de cálculo



*Nota.* Adaptada del software DIALux evo.

Tabla 44. Objetos de cálculo – Baño niños

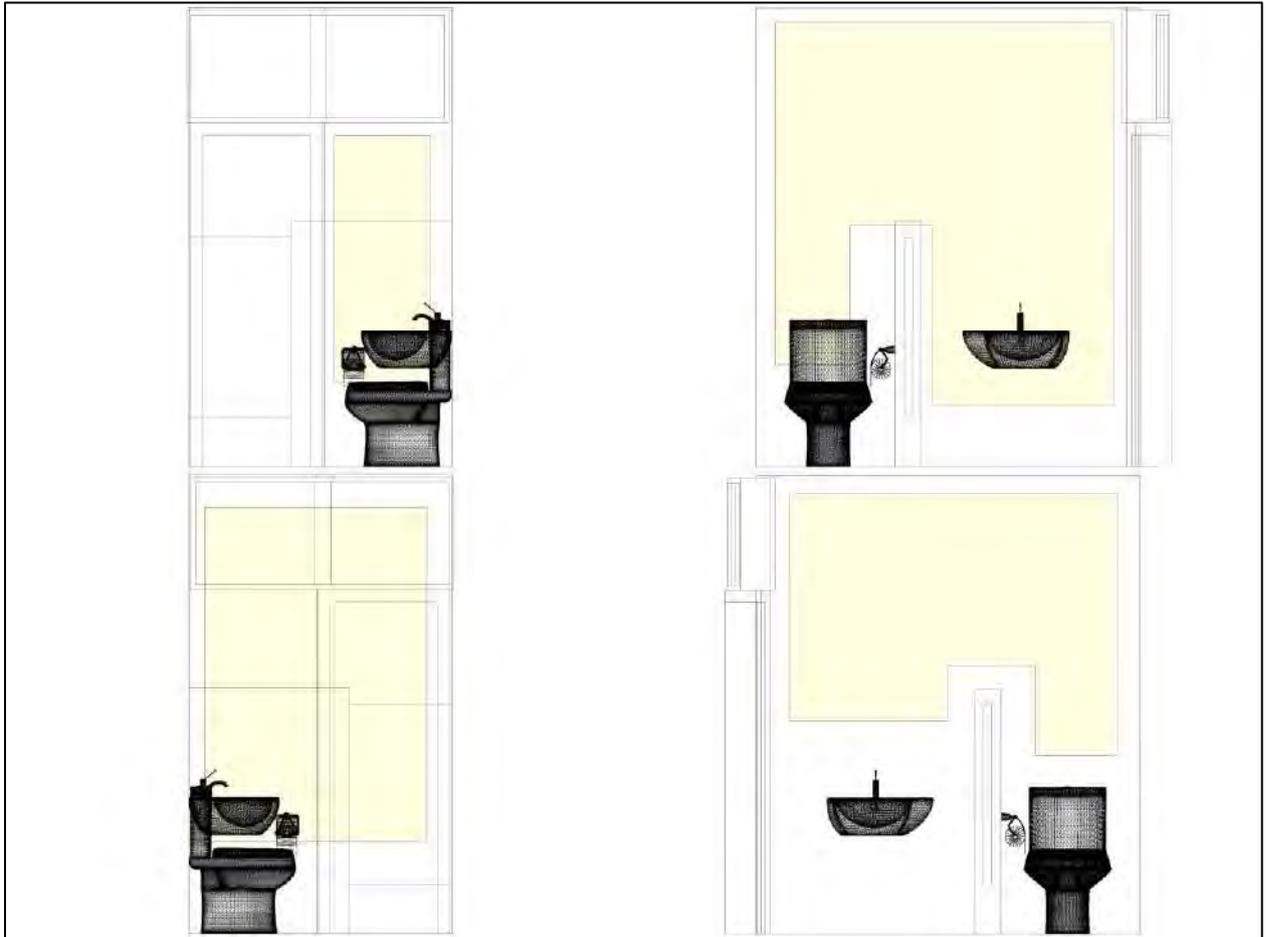
Tipo de área auxiliar	Nombre área auxiliar
Área auxiliar para el cálculo de iluminación	- Área auxiliar 1 – Baño niños
	- Área auxiliar 2 – Baño niños
Área para iluminancia en la habitación	- Área auxiliar 3 – Pared 1, Baño niños
	- Área auxiliar 4 – Pared 2, Baño niños
	- Área auxiliar 5 – Pared 3, Baño niños
	- Área auxiliar 6 – Pared 4, Baño niños
	- Área auxiliar 7 – Techo, Baño niños
Punto de cálculo	- Punto de cálculo 1 – Baño niños
	- Punto de cálculo 2 – Baño niños
	- Punto de cálculo 3 – Baño niños
	- Punto de cálculo 4 – Baño niños

- Baño niñas

**Figura 105. Baño niñas – Áreas auxiliares**



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

**Figura 106. Baño niñas – Áreas para iluminancia**

**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

Figura 107. Baño niñas – Puntos de cálculo



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

Tabla 45. Objetos de cálculo – Baño niñas

Tipo de área auxiliar	Nombre área auxiliar
Área auxiliar para el cálculo de iluminación	- Área auxiliar 1 – Baño niñas - Área auxiliar 2 – Baño niñas
Área para iluminancia en la habitación	- Área auxiliar 3 – Pared 1, Baño niñas - Área auxiliar 4 – Pared 2, Baño niñas - Área auxiliar 5 – Pared 3, Baño niñas - Área auxiliar 6 – Pared 4, Baño niñas - Área auxiliar 7 – Techo, Baño niñas
Punto de cálculo	- Punto de cálculo 1 – Baño niñas - Punto de cálculo 2 – Baño niñas - Punto de cálculo 3 – Baño niñas - Punto de cálculo 4 – Baño niñas

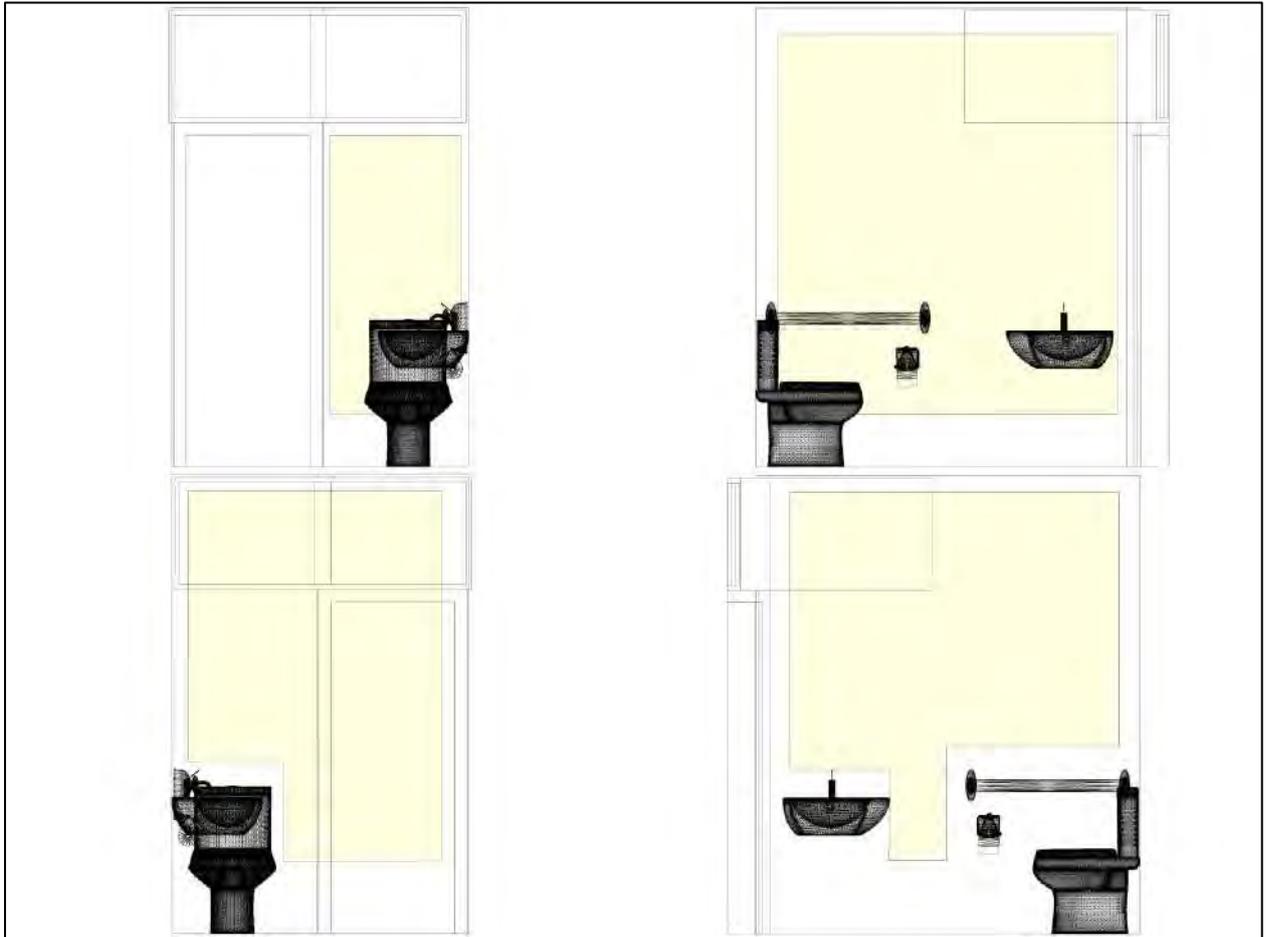
- Baño para discapacitados

**Figura 108. Baño para discapacitados – Áreas auxiliares**



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

**Figura 109. Baño para discapacitados – Áreas para iluminancia**



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

Figura 110. Baño para discapacitados – Puntos de cálculo



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

**Tabla 46. Objetos de cálculo – Baño para discapacitados**

Tipo de área auxiliar	Nombre área auxiliar
Área auxiliar para el cálculo de iluminación	- Área auxiliar 1 – Baño para discapacitados
Área para iluminancia en la habitación	- Área auxiliar 2 – Pared 1, Baño para discapacitados - Área auxiliar 3 – Pared 2, Baño para discapacitados - Área auxiliar 4 – Pared 3, Baño para discapacitados - Área auxiliar 5 – Pared 4, Baño para discapacitados - Área auxiliar 6 – Techo, Baño para discapacitados

Tipo de área auxiliar	Nombre área auxiliar
Punto de cálculo	- Punto de cálculo 1 – Baño para discapacitados - Punto de cálculo 2 – Baño para discapacitados - Punto de cálculo 3 – Baño para discapacitados - Punto de cálculo 4 – Baño para discapacitados

### 5.8 Cantidad de luminarias

En este apartado se hallará la cantidad de luminarias adecuadas para los ambientes. La memoria de cálculo de este apartado se encontrará en el apéndice A. Además, las tablas fotométricas estarán en los anexos A, B, C y D:

**Tabla 47. Cantidad de luminarias en centro docente**

Ambiente	Iluminancia mantenida [lx]	Código	Cantidad de luminarias
Aula inicial	300	911401897380	8
Depósito de material educativo	100	910925863791	1
Almacén general	500	910925863832	3
Cocina	500	910925863832	3
Despensa	500	910925863832	2
Psicomotricidad	300	911401897380	8
Sala de archivos	500	911401897380	3
Dirección	300	910925868356	2
Baño de maestros	100	910925863791	1
Cuarto de limpieza	500	910925863832	1
Baño niños	100	910925863791	1
Baño niñas	100	910925863791	1
Baño para discapacitados	100	910925863791	1

## 5.9 Cálculo del proyecto y evaluación de resultados

Se analizará cada ambiente con el software DIALux evo para obtener los requisitos de cada ambiente. Estos serán Iluminancia mantenida ( $E_m$ ), índice de deslumbramiento (UGR), uniformidad de luminancia ( $U_o$ ) y el índice de reproducción de color ( $R_a$ ) por la norma técnica peruana EM.010 para las instalaciones eléctricas de interiores del Reglamento Nacional de Edificaciones. También se analizará los parámetros valor de eficiencia energética en iluminación (VEEI) y la temperatura de color (Temp.) por la Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación – Centros Docentes de España, además; también se estudiará las áreas de trabajo ( $E_m, w$ ), la iluminancia cilíndrica media ( $E_m, z$ ) y la iluminancia de espacio interior ( $E_m, interior$ ) por la norma colombiana dada en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público del RETILAP.

En la tabla 48 se muestra que, para cada ambiente, cumple con los requisitos establecidos en esta metodología. Los detalles de los valores obtenidos en la simulación en DIALux evo se encuentran desde el Apéndice B hasta el Apéndice N.

**Tabla 48. Requisitos de iluminación en centros docentes**

Ambiente	Requisitos de iluminación							
	$E_m$	UGR	$U_o$	$R_a$	VEEI	$E_m, w$	$E_m, z$	$E_m, interior$
Aula inicial	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Depósito de material educativo	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	-	Cumple	Cumple
Almacén general	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	-	Cumple	Cumple
Cocina	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	-	Cumple	Cumple
Despensa	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	-	Cumple	Cumple
Psicomotricidad	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Sala de archivos	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	-	Cumple	Cumple
Dirección	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Baño de maestros	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	-	Cumple	Cumple
Cuarto de limpieza	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	-	Cumple	Cumple
Baño niños	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	-	Cumple	Cumple
Baño niñas	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	-	Cumple	Cumple
Baño para discapacitados	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	-	Cumple	Cumple

El parámetro de temperatura de color para estas luminarias se modificará en el software DIALux evo. En un caso real, se recomienda consultar con el proveedor sobre la temperatura de color disponible sobre la luminaria escogida.

**Tabla 49. Temperatura de color en centro docente**

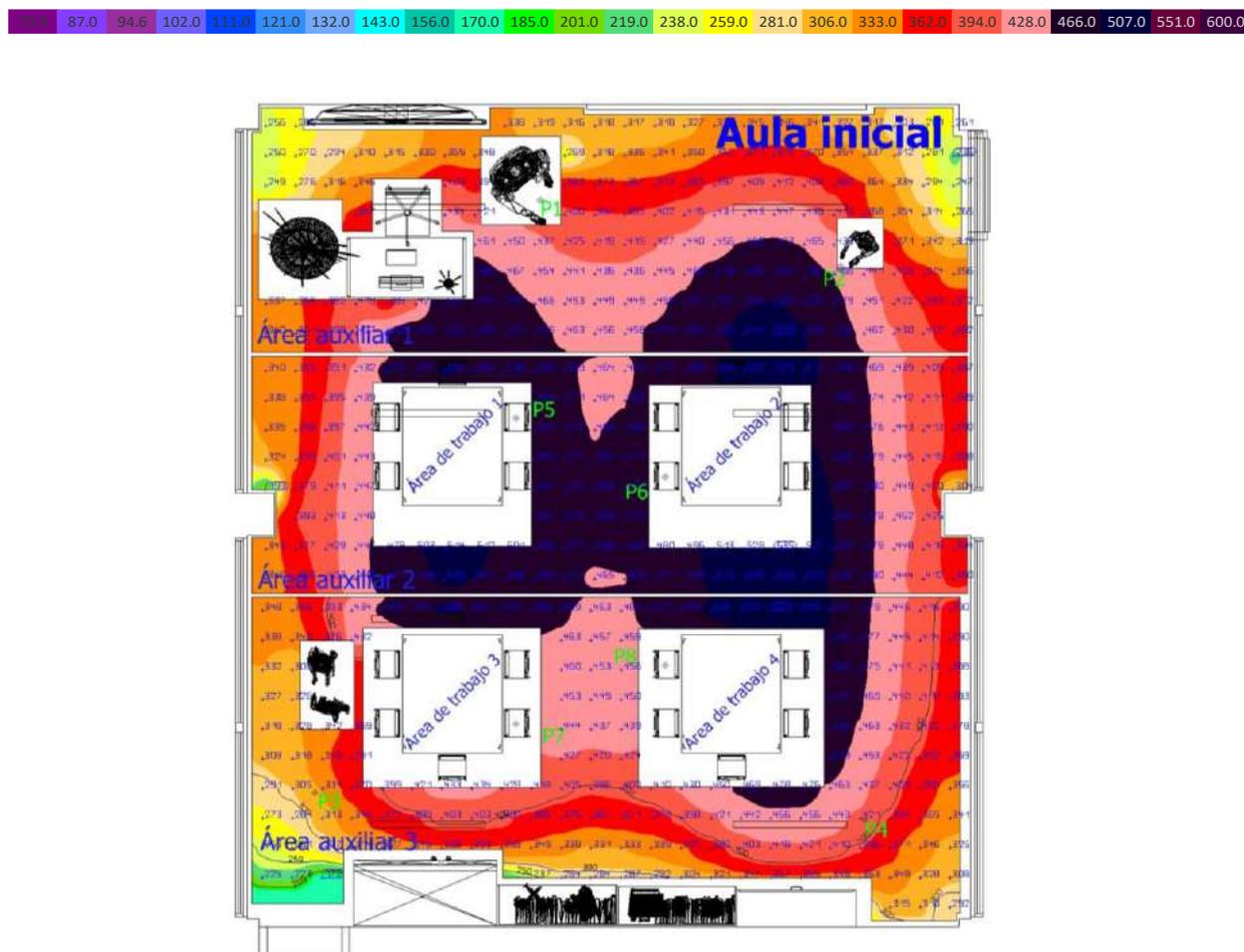
Ambiente	Temperatura de color		
	Requerido	Real	Modificado
Aula inicial	5300 K < T	4000 K	6000 K
Depósito de material educativo	5300 K < T	4000 K	6000 K
Almacén general	5300 K < T	4000 K	6000 K
Cocina	5300 K < T	4000 K	6000 K
Despensa	5300 K < T	4000 K	6000 K
Psicomotricidad	5300 K < T	4000 K	6000 K
Sala de archivos	5300 K < T	4000 K	6000 K
Dirección	5300 K < T	4000 K	6000 K
Baño de maestros	T < 3300 K	4000 K	2500 K
Cuarto de limpieza	5300 K < T	4000 K	6000 K
Baño niños	T < 3300 K	4000 K	2500 K
Baño niñas	T < 3300 K	4000 K	2500 K
Baño para discapacitados	T < 3300 K	4000 K	2500 K

En las figuras del 111 al 123 se mostrará la iluminación que posee cada ambiente con colores falsos.

### 5.9.1 Edificio 1 – Cálculo del proyecto y evaluación de resultados

- Aula inicial

Figura 111. Aula inicial – Vista de planta



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

- Depósito de material educativo

**Figura 112. Depósito – Vista de planta**



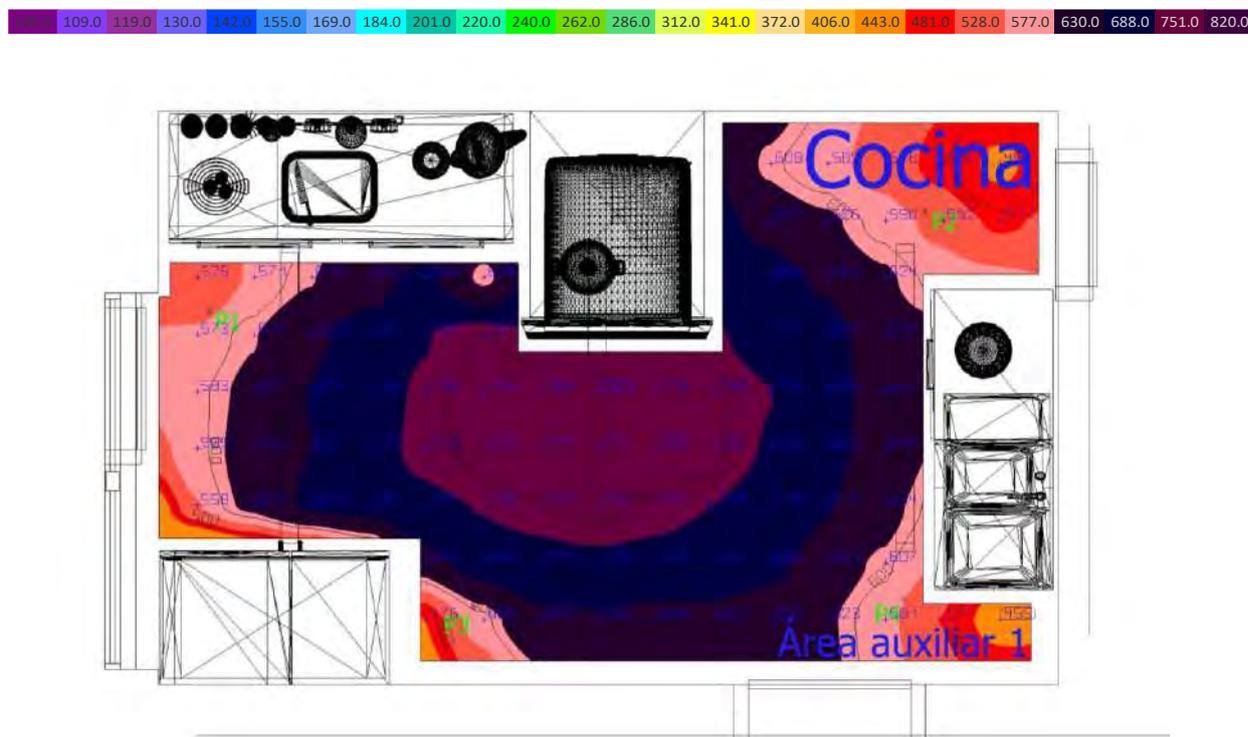
**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.



### 5.9.2 Edificio 2 - Cálculo del proyecto y evaluación de resultados

- Cocina

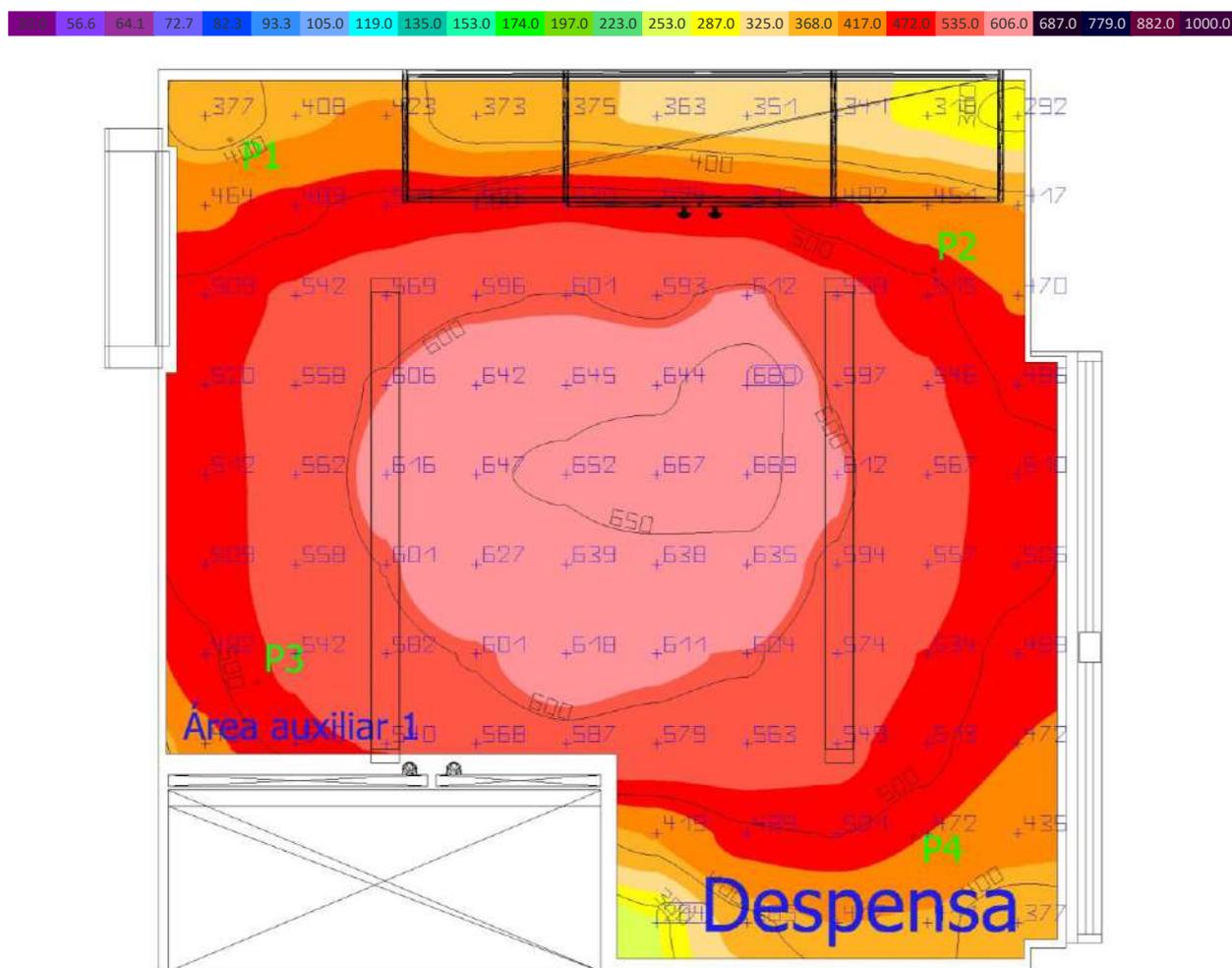
Figura 114. Cocina – Vista de planta



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

- Despensa

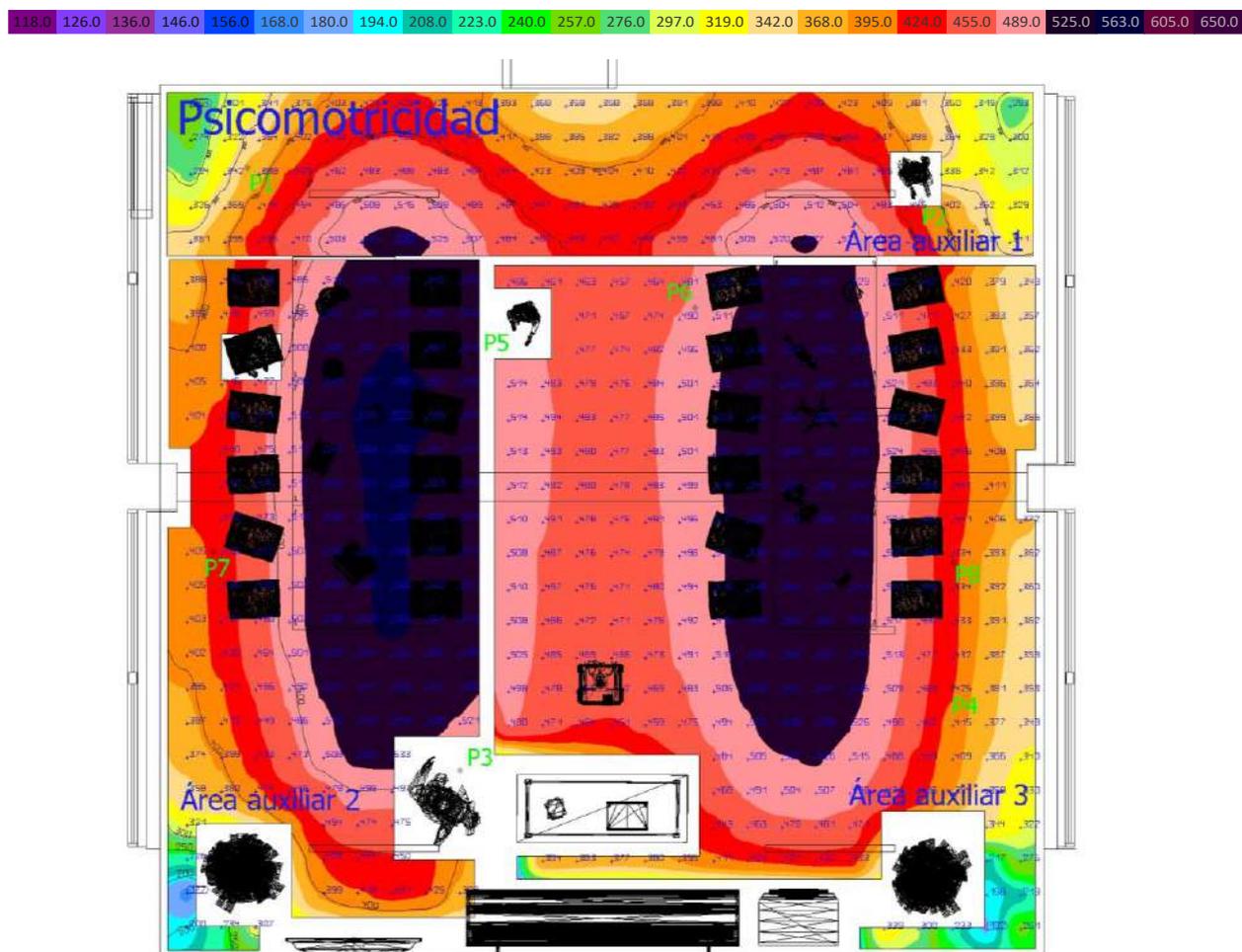
**Figura 115. Despensa – Vista de planta**



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

- Psicomotricidad

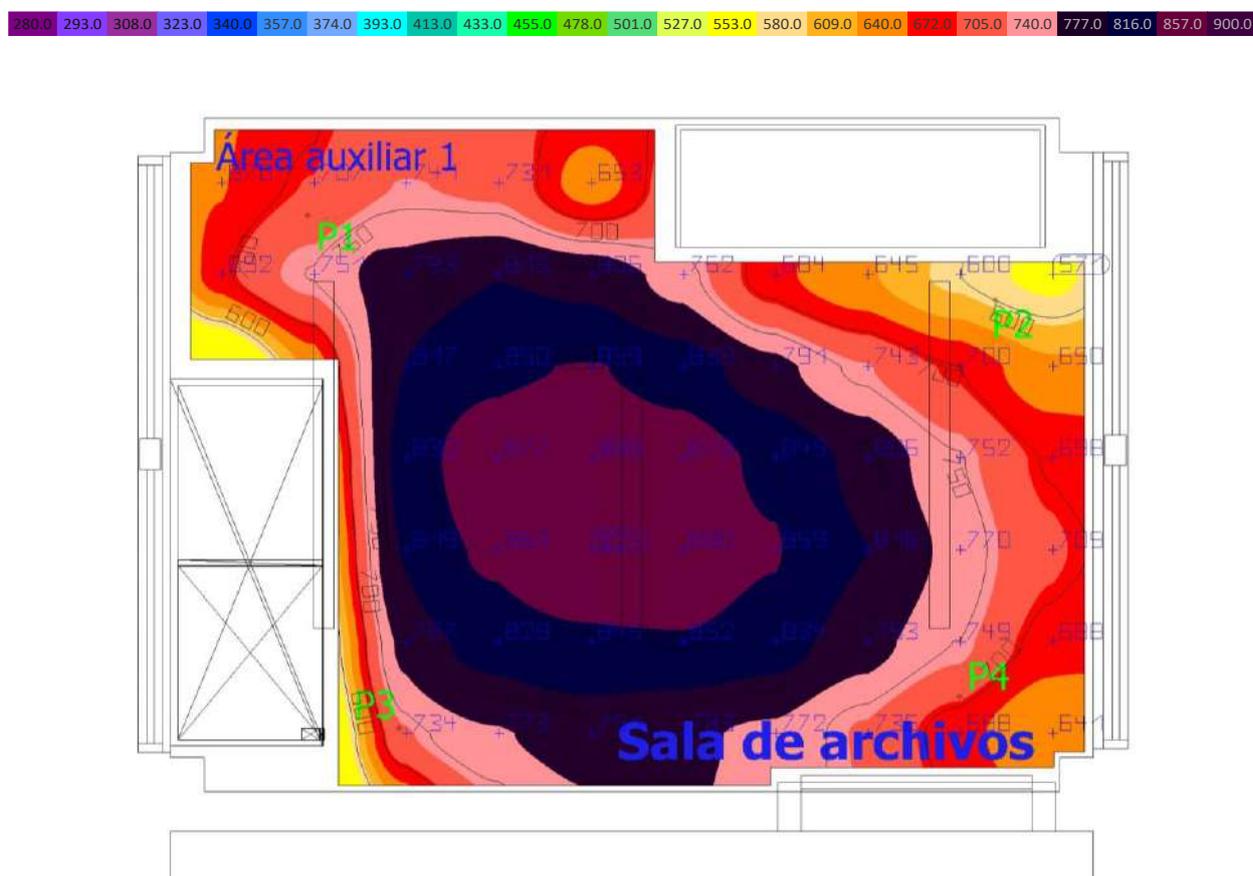
Figura 116. Psicomotricidad – Vista de planta



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

- Sala de archivos

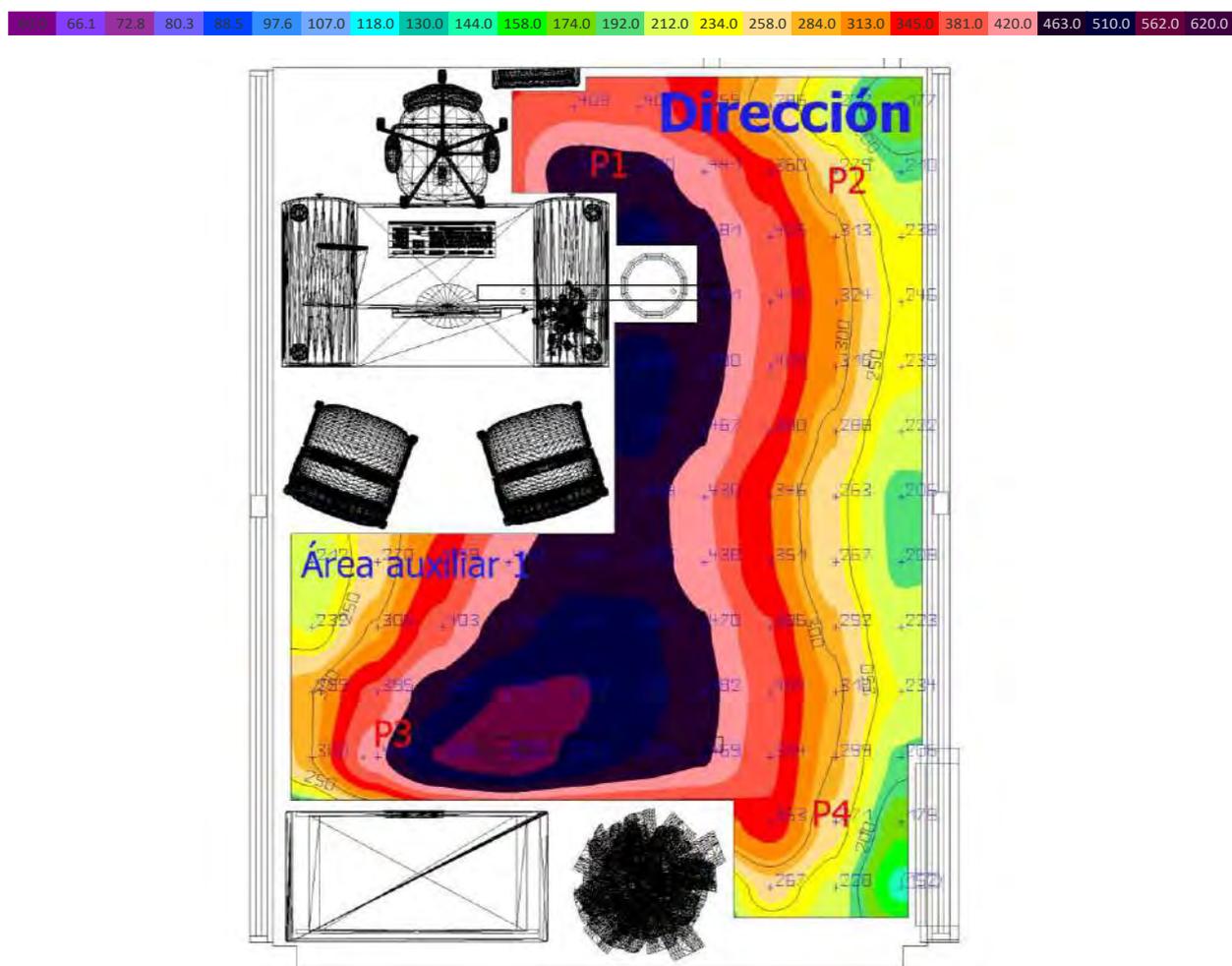
**Figura 117. Sala de archivos – Vista de planta**



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

- Dirección

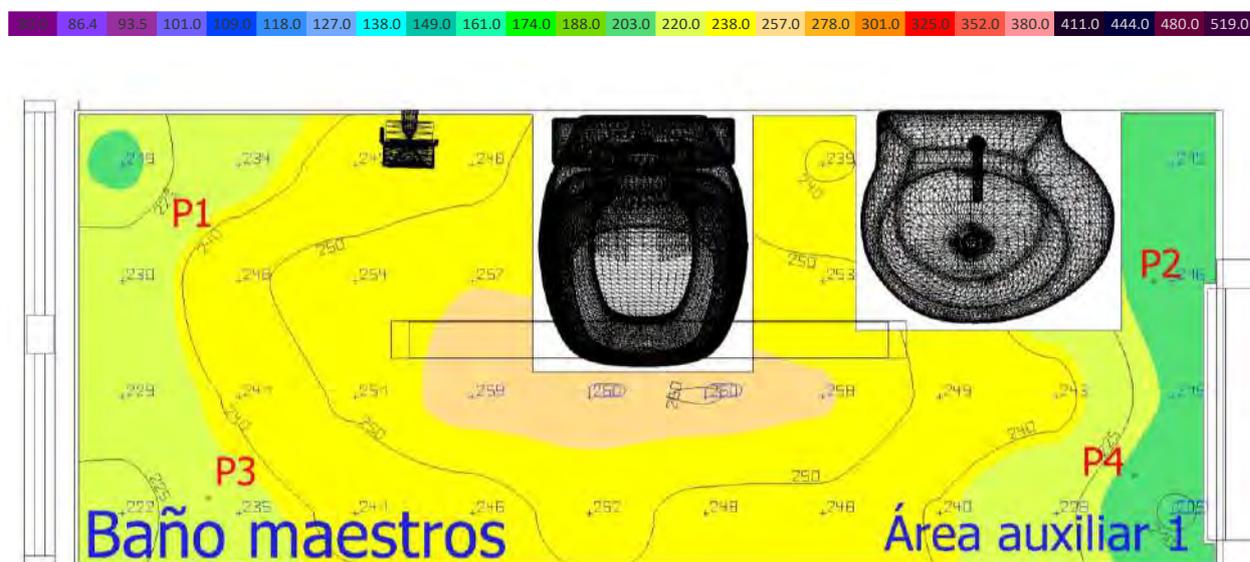
Figura 118. Dirección – Vista de planta



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

- Baño de maestros

**Figura 119. Baño de maestros – Vista de planta**

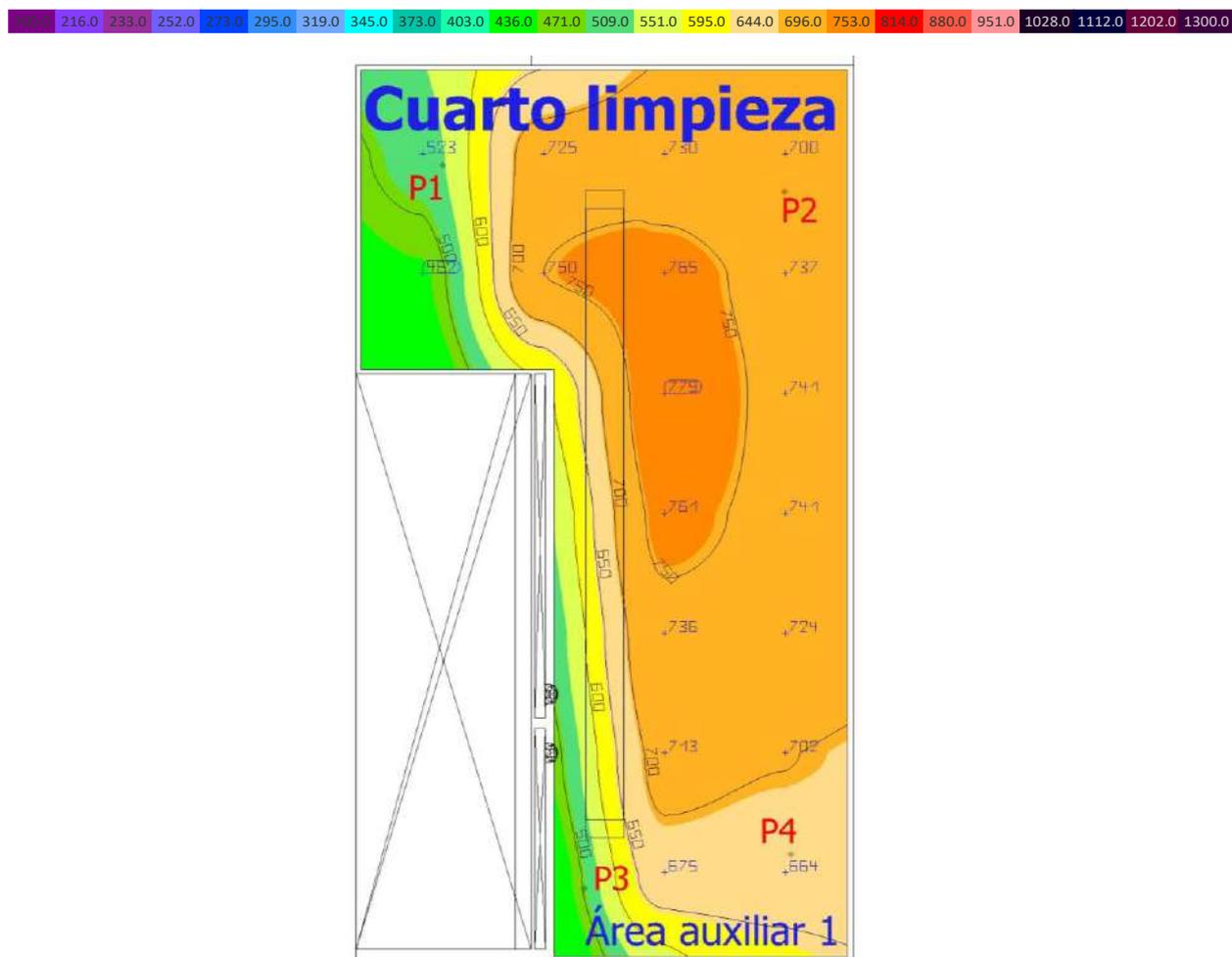


**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

### 5.9.3 Edificio 3 - Cálculo del proyecto y evaluación de resultados

- Cuarto de limpieza

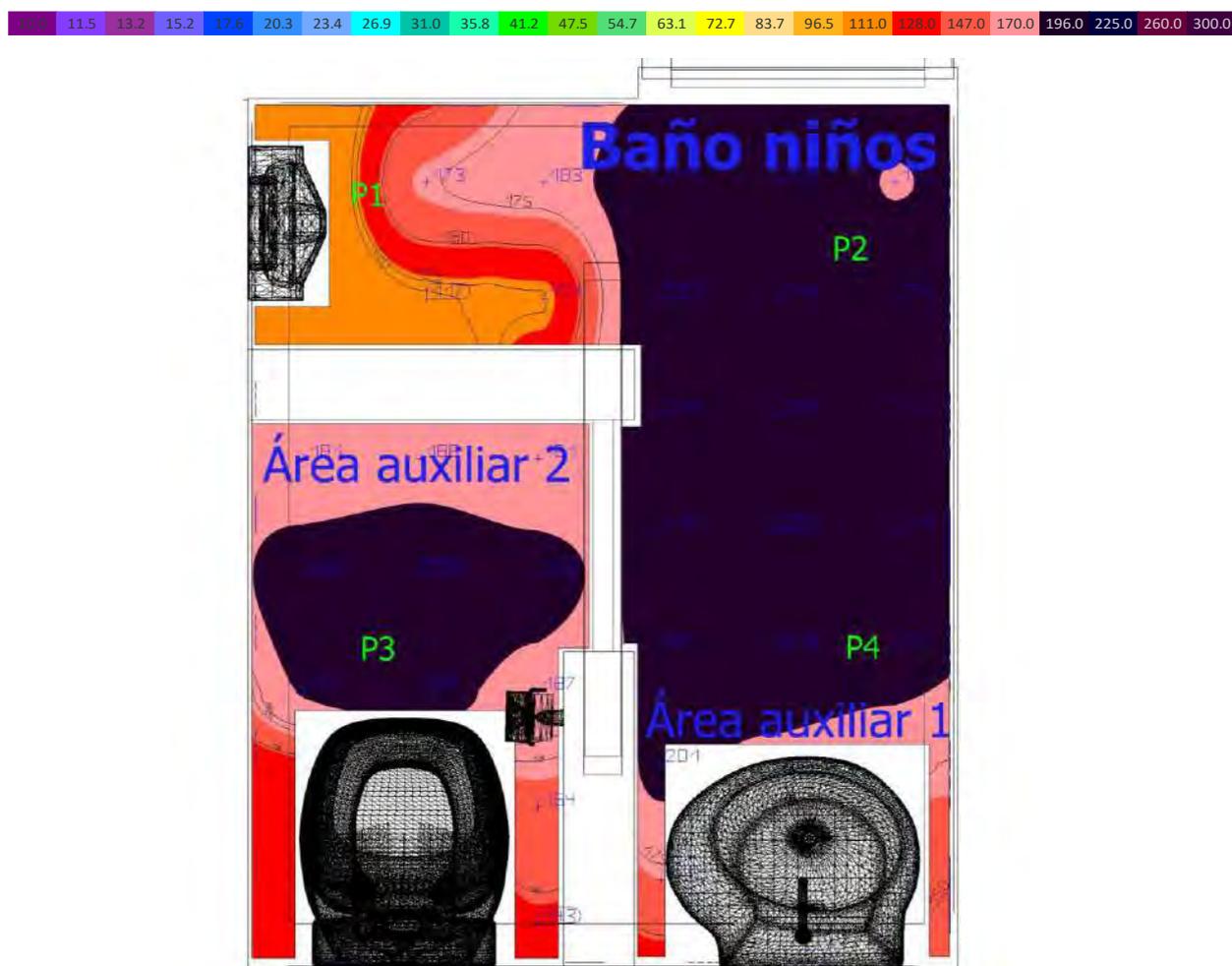
Figura 120. Cuarto de limpieza – Vista de planta



Nota. Adaptada del software DIALux evo.

- Baño niños

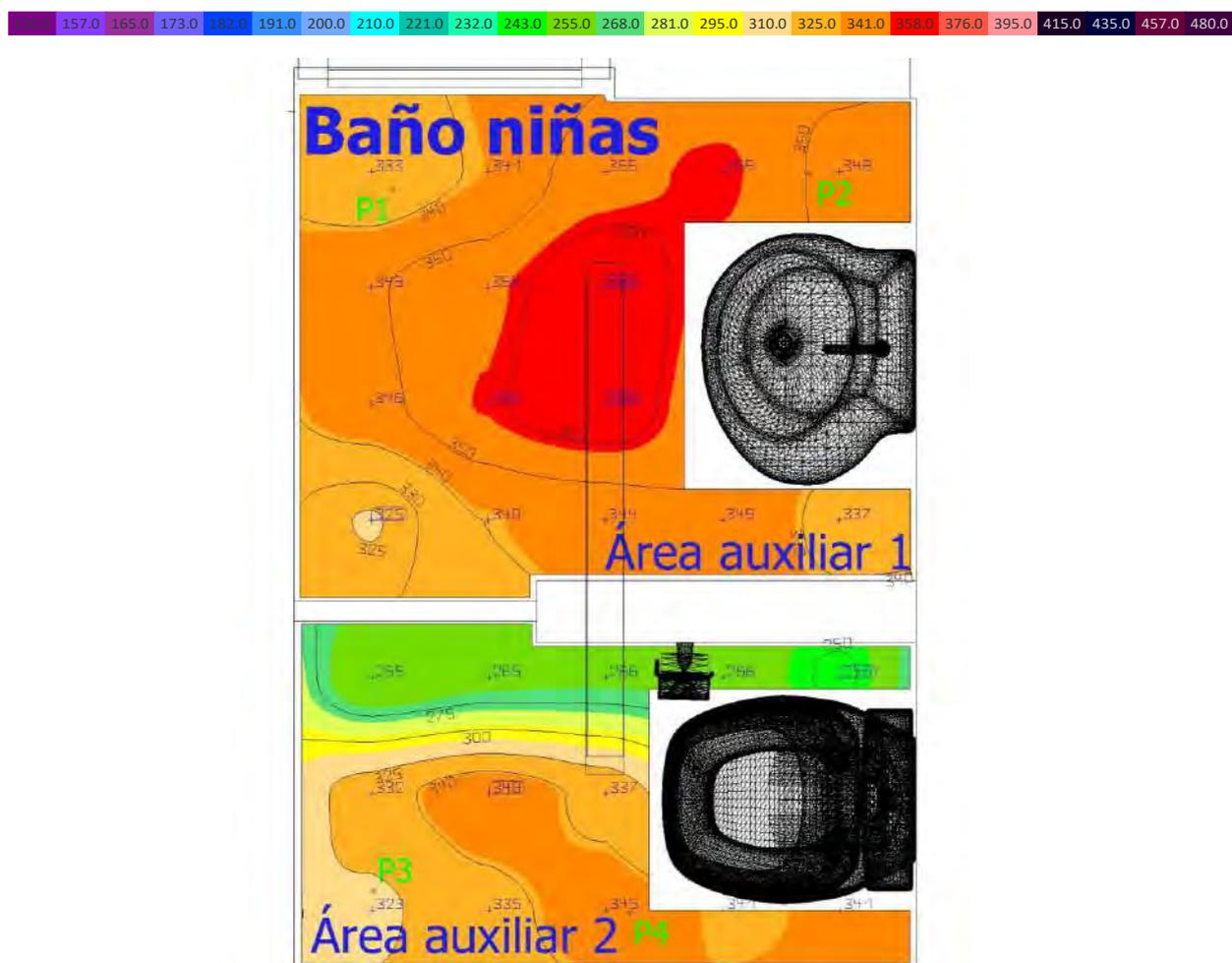
Figura 121. Baño niños – Vista de planta



Nota. Adaptada del software DIALux evo.

- Baño niñas

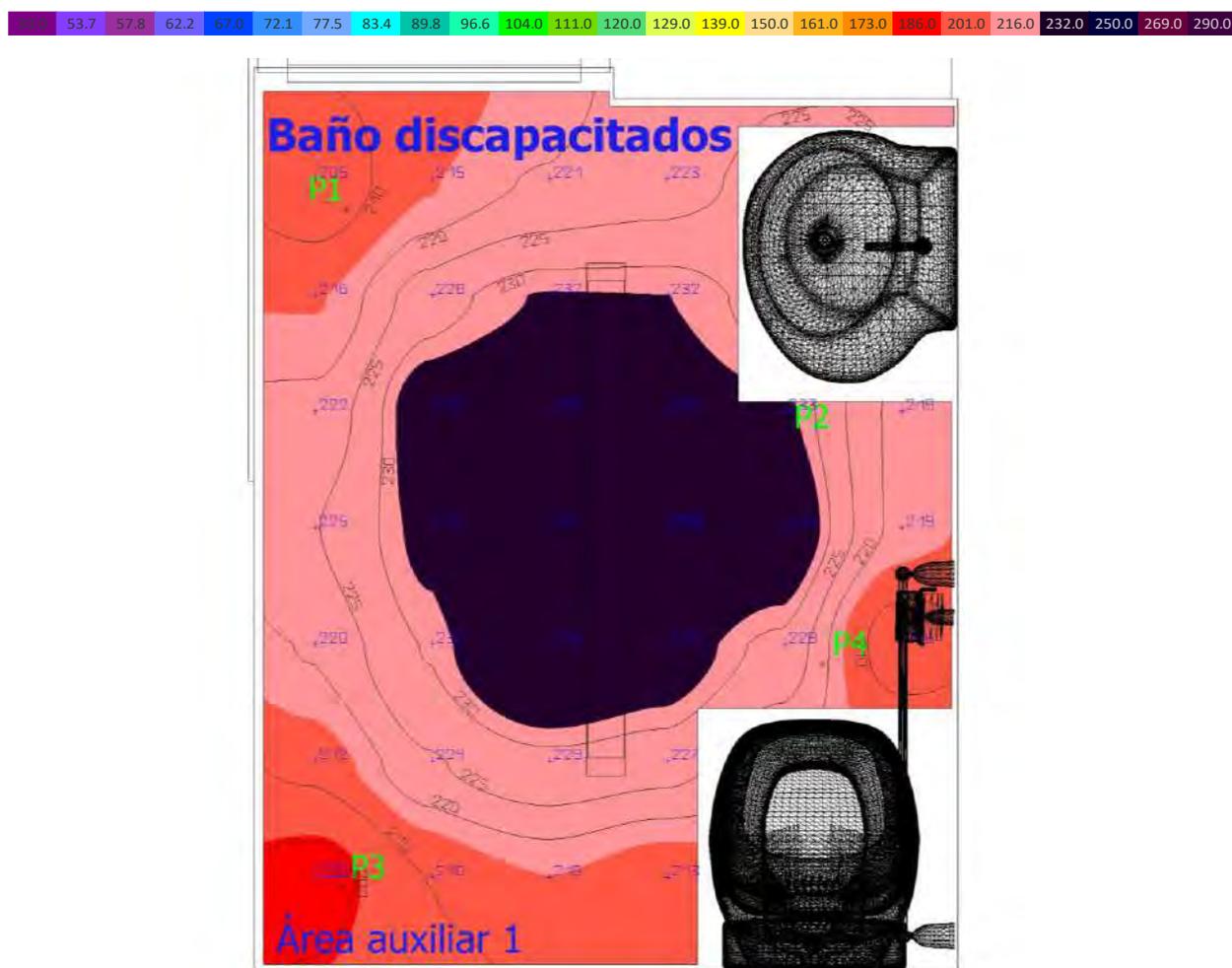
Figura 122. Baño niñas – Vista de planta



Nota. Adaptada del software DIALux evo.

- Baño para discapacitados

**Figura 123. Baño para discapacitados – Vista de planta**



**Nota.** Adaptada del software DIALux evo.

## Conclusiones

Esta metodología se ha creado con el objetivo de realizar un estudio completo de iluminación aplicando la norma peruana e internacional. Para ello, se ha estudiado la guía española (Guía Técnica de Eficiencia Energética de Iluminación – Centros Docentes) y el reglamento colombiano (Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbramiento Público).

Esta metodología permite proyectar la iluminación considerando los siguientes parámetros. Según la norma peruana: Iluminancia media, índice de deslumbramiento, uniformidad de luminancia, índice de reproducción de color; de la norma colombiana se extrae el valor de eficiencia energética en iluminación, temperatura de color; y de la norma española se extrae la iluminación en paredes y techos e iluminación cilíndrica media.

Presentada la metodología, se aplicó a un caso práctico que fue una institución educativa de nivel inicial y primaria. Con el fin de detallar la metodología a un caso real y así observar cómo se aplica.

Una ventaja del uso de esta metodología es que disminuye el tiempo necesario para planificar y diseñar el sistema de iluminación para centros docentes, reduciendo el número de iteraciones.

El uso del software DIALux Evo en el diseño de iluminación ha permitido modelar el colegio de forma realista (implementando texturas y muebles en los ambientes). Además, permite calcular de forma rápida los diversos parámetros que se requieren analizar. Asimismo, la herramienta “Objetos de cálculo” de DIALux Evo permite hacer un análisis enfocado en un área determinada, permitiendo evaluar áreas de trabajo o sectores de los ambientes que necesiten una iluminación especial.



### Referencias bibliográficas

- Comité Español de Iluminación. (2020). *Guía Técnica de Eficiencia en Iluminación - Centro Docentes*. Madrid.
- DIALux. (2021). *DIAL - Desarrollamos DIALux, el estándar mundial en software de diseño de iluminación, pero hacemos aún más*. Obtenido de <https://www.dialux.com/es-ES/sobre>
- DIALux. (2021). *DIALux es el software para su diseño de iluminación profesional*. Obtenido de <https://www.dialux.com/es-ES/dialux>
- DIALux. (2021). *DIALux es gratuito y abierto. Dos cosas que nuestros usuarios adoran*. Obtenido de <https://www.dialux.com/es-ES/dialux-es-gratuito-y-abierto>
- DIALux. (2021). *DIALux evo - New calculation method*.
- El Universal. (2020). *Plaza Las Cuatro Luces de Chacao fue iluminada con tecnología Led*.
- Fagerhult. (2021). *Requirements for cylindrical illuminance*.
- Iluminet, revista de iluminación. (2014). *5 conceptos en la medición de luz*.
- Iluminet, revista de iluminación. (2018). *Qué es el índice UGR y cómo puede mejorar la iluminación en espacios laborales*.
- Iluminet, revista de iluminación. (Septiembre de 2019). *¿Cómo entender el Índice de Rendimiento Cromático?*
- INDALUX. (2002). *Manual de luminotecnía*.
- Inelba iluminación. (2021). *Las necesidades lumínicas de plazas y parques públicos*.
- José Ramírez Vásquez. Carlos Buigas, I. M. (1993). *Luminotecnía*. Barcelona.
- LedsMaster LED Lighting. (2019). *What is Light Uniformity? How to Calculate Lux Level Lighting Uniformity?*
- Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (2022). *Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP*. Bogotá.

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). *Norma Técnica EM.010 "Instalaciones eléctricas interiores del Reglamento Nacional de Edificaciones"*.
- Nuevecuatrouno. (2021). *El Puente de Piedra se iluminará todos los fines de semana y festivos*.
- Oficina de Protección de la Calidad del Cielo del Norte de Chile - OPCC. (2022). *Lámparas y Luminarias*.
- Paola, S., Mercatelli, L., & Farini, A. (2015). *Sustainable Indoor Lighting*. Londres.
- PHILIPS. (2008). *Basics of light and lighting*.
- PHILIPS. (2010). *LED Lighting Explained. Understanding LED Sources, Fixtures, Applications and Opportunities*. Massachusetts.
- PHILIPS. (2011). *Fundamentos sobre la generación de la luz y el alumbrado*.
- PHILIPS. (2017). *Pacific LED gen 4 WT470C LED235/840 PSU WB L1300*.
- Sandra Tarrades, P. P.-S. (2008). *Sistema Visual, la percepción del mundo que nos rodea*.
- STI Iluminación. (2015). *Iluminación y diseño a su alcance*.
- Thomas Duff James, K. K. (2013). *In-field measurement of cylindrical illuminance and the impact of room surface reflectances on the visual environment*. Dublín.
- Westinghouse. (2019). *Create Ambience with Light, Understanding Color Temperature*.

## Apéndices

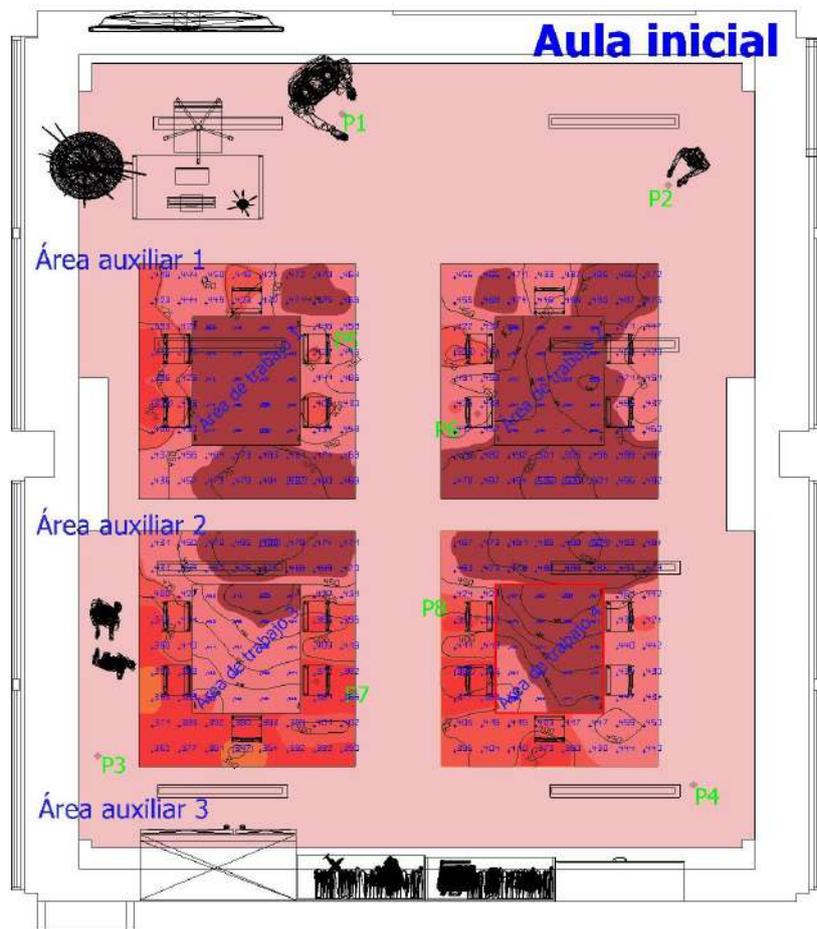
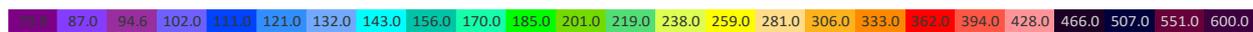


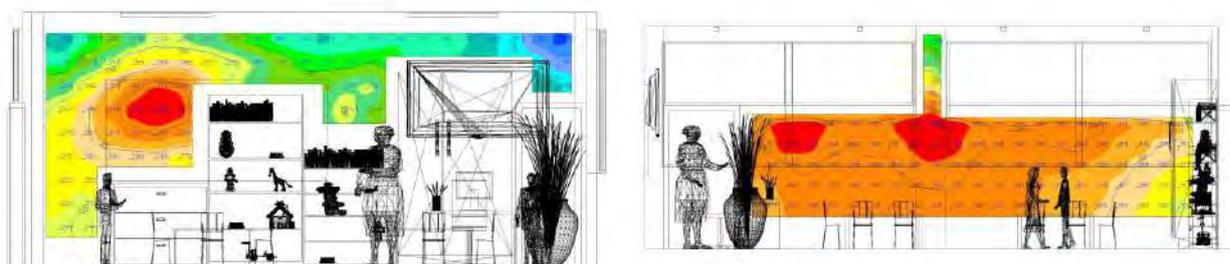
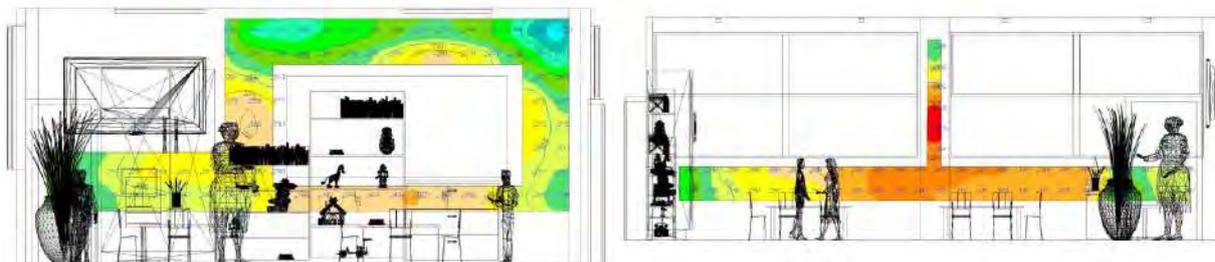


**APÉNDICE A. Memoria de cálculo para hallar cantidad de luminarias por ambiente**

Ambiente	E <sub>m</sub> [lx]	Código de lámpara	l [m]	w [m]	h [m]	hn [m]	k	η	Reflectancia			Φ <sub>T</sub> [lum]	Φ <sub>L</sub> [lum]	N <sub>aprox</sub>	N
									Techo	Pared	Piso				
Aula inicial	300	911401897380	7.55	8.70	3.25	2.45	1.650	0.80	0.80	0.80	0.70	30789.844	4100	7.51	8
Depósito material educativo	100	910925863791	2.90	2.82	3.25	2.45	0.584	0.51	0.84	0.84	0.10	2002.841	2300	0.87	1
Almacén general	500	910925863832	4.60	2.82	3.25	2.45	0.714	0.59	0.84	0.84	0.10	13778.892	6400	2.15	3
Cocina	500	910925863832	5.14	3.41	3.25	2.45	0.837	0.66	0.84	0.34	0.34	16635.725	6400	2.60	3
Despensa	500	910925863832	3.16	3.41	3.25	2.45	0.669	0.56	0.84	0.34	0.34	11996.348	6400	1.87	2
Psicomotricidad	300	911401897380	8.30	8.12	3.25	2.45	1.675	0.81	0.81	0.81	0.51	31395.652	4100	7.66	8
Sala de archivos	500	911401897380	3.14	2.50	3.25	2.45	0.568	0.42	0.84	0.83	0.43	11571.344	4100	2.82	3
Dirección	300	910925868356	3.14	3.90	2.60	1.80	0.966	0.93	0.84	0.83	0.55	4932.070	2700	1.83	2
Baño de maestros	100	910925863791	3.14	1.20	3.28	2.45	0.362	0.38	0.84	0.76	0.76	1356.045	2300	0.59	1
Cuarto de limpieza	500	910925863832	1.62	2.82	2.80	2.00	0.514	0.47	0.84	0.84	0.28	6095.751	6400	0.95	1
Baño niños	100	910925863791	2.10	2.82	2.80	2.00	0.602	0.52	0.84	0.59	0.59	1420.280	2300	0.62	1
Baño niñas	100	910925863791	1.99	2.82	2.80	2.00	0.583	0.51	0.84	0.59	0.59	1375.981	2300	0.60	1
Baño para discapacitados	100	910925863791	2.06	2.82	2.80	2.00	0.595	0.52	0.84	0.59	0.59	1404.545	2300	0.61	1

## APÉNDICE B. Valores de cálculos de iluminación en Aula inicial





Nombre área auxiliar	Iluminancia mantenida [lx]	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Aula inicial	397	300
Área auxiliar 2 – Aula inicial	452	300
Área auxiliar 3 – Aula inicial	393	300
Nombre área auxiliar y punto de cálculo	Índice de deslumbramiento	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Aula inicial	17.1	22
Área auxiliar 2 – Aula inicial	17.7	22
Área auxiliar 3 – Aula inicial	17.8	22

Nombre área auxiliar y punto de cálculo	Índice de deslumbramiento	
	Real	Nominal
Punto de cálculo 1 – Aula inicial	16.4	22
Punto de cálculo 2 – Aula inicial	17.0	22
Punto de cálculo 3 – Aula inicial	18.4	22
Punto de cálculo 4 – Aula inicial	16.4	22
Punto de cálculo 5 – Aula inicial	15.8	22
Punto de cálculo 6 – Aula inicial	16.6	22
Punto de cálculo 7 – Aula inicial	17.2	22
Punto de cálculo 8 – Aula inicial	16.7	22

Nombre área auxiliar	Uniformidad de luminancia	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Aula inicial	0.59	0.40
Área auxiliar 2 – Aula inicial	0.44	0.40
Área auxiliar 3 – Aula inicial	0.44	0.40
Área auxiliar 4 – Pared 1, Aula inicial	0.62	0.10
Área auxiliar 5 – Pared 2, Aula inicial	0.51	0.10
Área auxiliar 6 – Pared 3, Aula inicial	0.49	0.10
Área auxiliar 7 – Pared 4, Aula inicial	0.58	0.10
Área auxiliar 8 – Techo, Aula inicial	0.57	0.10

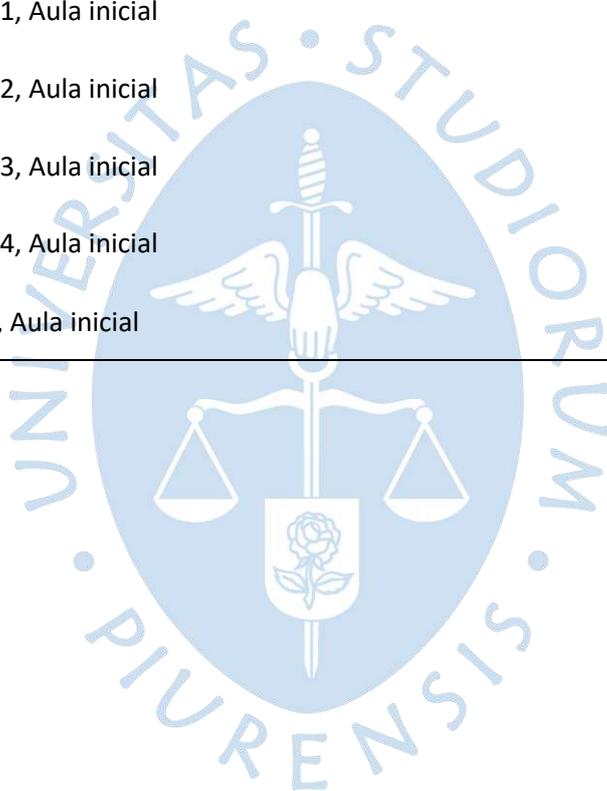
  

Ambiente	Índice de reproducción de color	
	Real	Nominal
Aula inicial	> 80	80

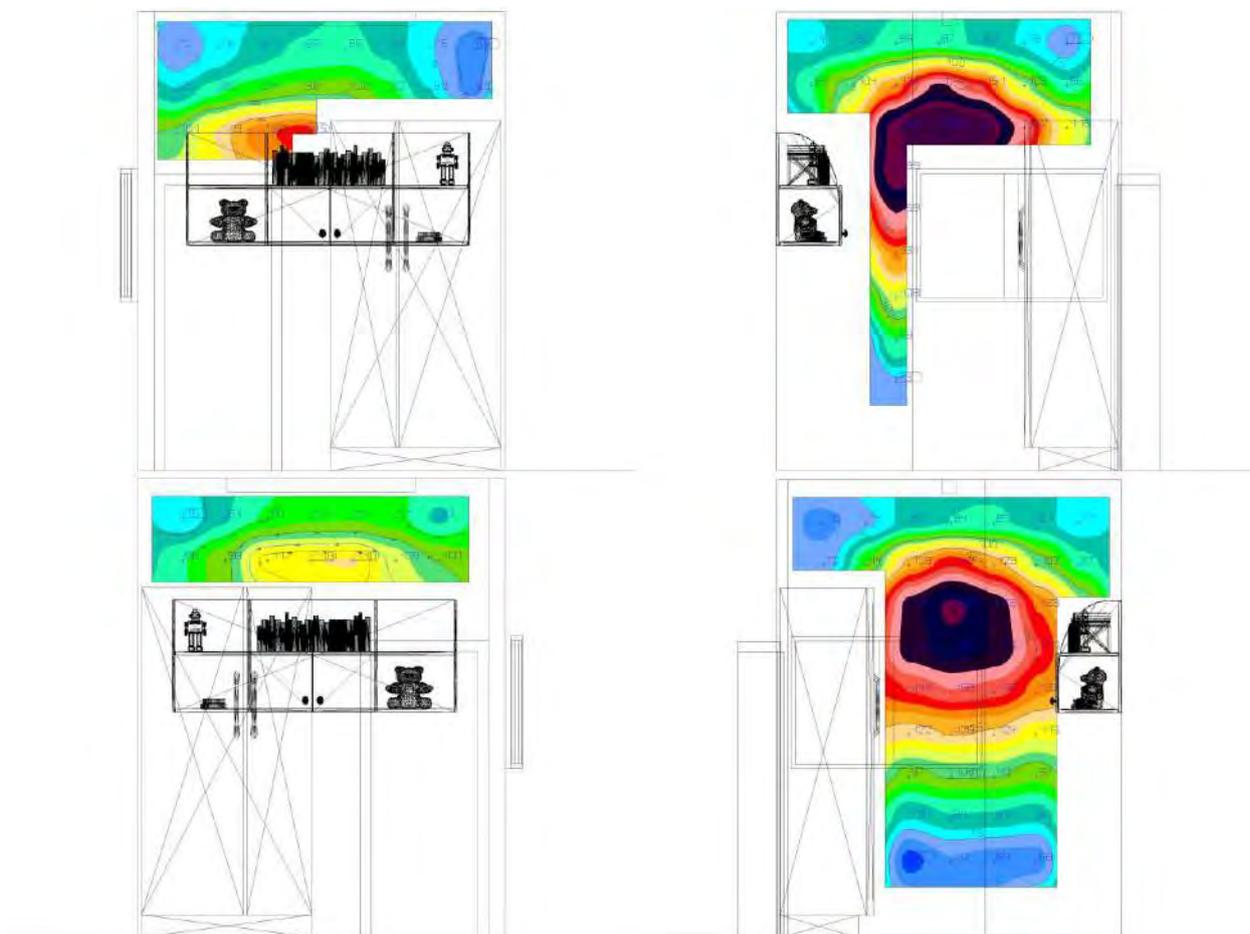
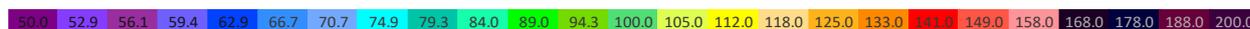
<b>Ambiente</b>		<b>Valor de VEEI</b>	
		<b>Real</b>	<b>Nominal</b>
Aula inicial		0.91	3.5
<b>Ambiente</b>		<b>Temperatura de color</b>	
		<b>Real</b>	<b>Nominal</b>
Aula inicial		6000 K	5300 K < T
<b>Nombre área de trabajo</b>	<b>Área de trabajo</b>	<b>Iluminancia mantenida [lx]</b>	
		<b>Real</b>	<b>Nominal</b>
Área de trabajo 1 – Aula inicial	Área de tarea visual	481	300
	Área circundante inmediata	444	200
	Área de fondo	338	66.67
Área de trabajo 2 – Aula inicial	Área de tarea visual	497	300
	Área circundante inmediata	467	200
	Área de fondo	333	66.67
Área de trabajo 3 – Aula inicial	Área de tarea visual	451	300
	Área circundante inmediata	412	200
	Área de fondo	340	66.67
Área de trabajo 4 – Aula inicial	Área de tarea visual	475	300
	Área circundante inmediata	438	200
	Área de fondo	335	66.67
<b>Nombre punto de cálculo</b>		<b>Iluminancia cilíndrica media [lx]</b>	
		<b>Real</b>	<b>Nominal</b>
Punto de cálculo 1 – Aula inicial		248	150
Punto de cálculo 2 – Aula inicial		265	150
Punto de cálculo 3 – Aula inicial		177	150
<b>Nombre punto de cálculo</b>		<b>Iluminancia cilíndrica media [lx]</b>	
		<b>Real</b>	<b>Nominal</b>

Punto de cálculo 4 – Aula inicial	238	150
Punto de cálculo 5 – Aula inicial	262	150
Punto de cálculo 6 – Aula inicial	284	150
Punto de cálculo 7 – Aula inicial	243	150
Punto de cálculo 8 – Aula inicial	264	150

Nombre área auxiliar	Iluminancia mantenida [lx]	
	Real	Nominal
Área auxiliar 4 – Pared 1, Aula inicial	244	150
Área auxiliar 5 – Pared 2, Aula inicial	292	150
Área auxiliar 6 – Pared 3, Aula inicial	242	150
Área auxiliar 7 – Pared 4, Aula inicial	335	150
Área auxiliar 8 – Techo, Aula inicial	187	100



### APÉNDICE C. Valores de cálculos de iluminación en Depósito



Nombre área auxiliar	Iluminancia mantenida [lx]	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Depósito	156	100

Nombre área auxiliar y punto de cálculo	Índice de deslumbramiento	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Depósito	12.8	25
Punto de cálculo 1 – Depósito	14.7	25
Punto de cálculo 2 – Depósito	< 10	25
Punto de cálculo 3 – Depósito	14.9	25

Nombre área auxiliar y punto de cálculo	Índice de deslumbramiento	
	Real	Nominal
Punto de cálculo 4 – Depósito	< 10	25

Nombre área auxiliar	Uniformidad de luminancia	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Depósito	0.74	0.40
Área auxiliar 2 – Pared 1, Depósito	0.75	0.10
Área auxiliar 3 – Pared 2, Depósito	0.59	0.10
Área auxiliar 4 – Pared 3, Depósito	0.79	0.10
Área auxiliar 5 – Pared 4, Depósito	0.58	0.10

Ambiente	Índice de reproducción de color	
	Real	Nominal
Depósito	> 80	80

Ambiente	Valor de VEEI	
	Real	Nominal
Depósito	1.29	4.0

Ambiente	Temperatura de color [K]	
	Real	Nominal
Depósito	6000 K	5300 < T

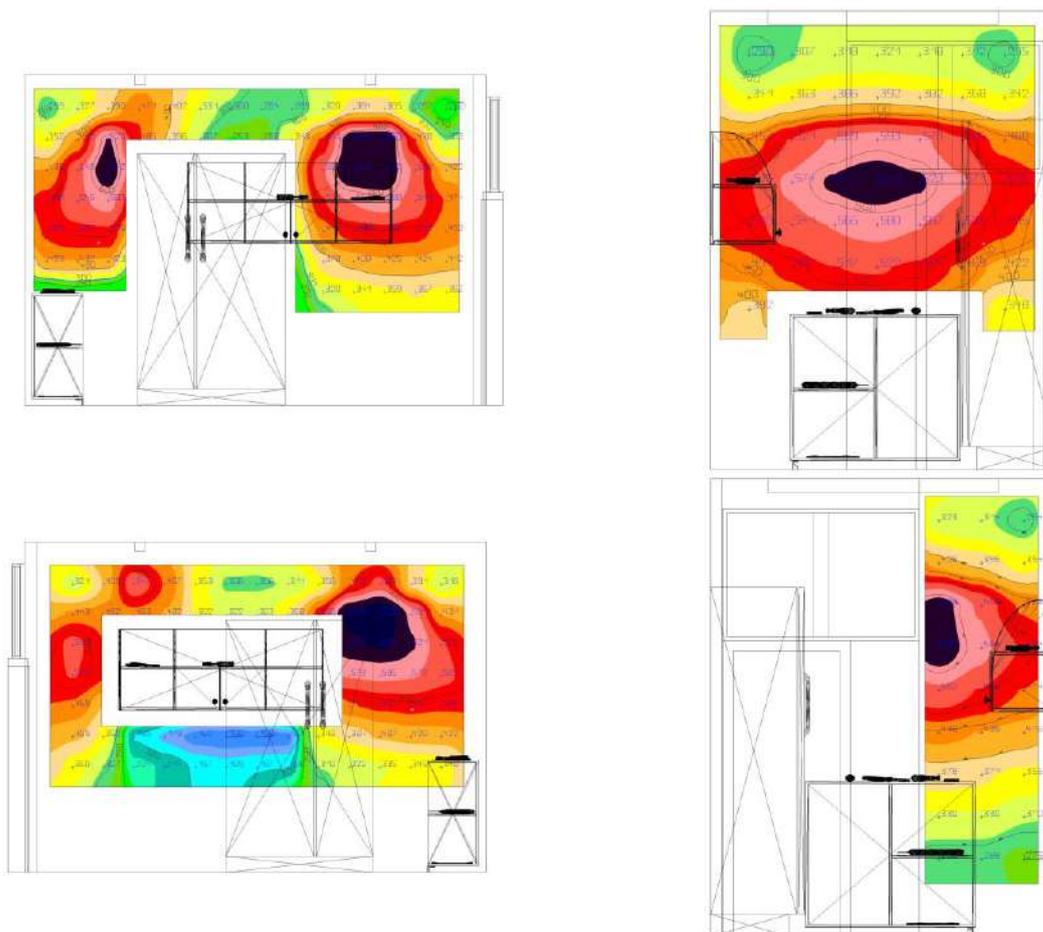
Nombre punto de cálculo	Iluminancia cilíndrica media [lx]	
	Real	Nominal
Punto de cálculo 1 – Depósito	95.8	75
Punto de cálculo 2 – Depósito	96.1	75
Punto de cálculo 3 – Depósito	101	75
Punto de cálculo 4 – Depósito	99.9	75

Nombre área auxiliar	Iluminancia mantenida [lx]	
	Real	Nominal
Área auxiliar 2 – Pared 1, Depósito	91.5	75
Área auxiliar 3 – Pared 2, Depósito	124	75
Área auxiliar 4 – Pared 3, Depósito	96.9	75
Área auxiliar 5 – Pared 4, Depósito	113	75
Área auxiliar 6 – Techo, Depósito	77.9	50



## APÉNDICE D. Valores de cálculos de iluminación en Almacén

100.0 109.0 118.0 129.0 141.0 154.0 168.0 183.0 200.0 218.0 237.0 259.0 282.0 308.0 336.0 366.0 400.0 436.0 475.0 518.0 565.0 616.0 672.0 733.0 800.0



Nombre área auxiliar	Iluminancia mantenida [lx]	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Almacén	585	500
Nombre área auxiliar y punto de cálculo	Índice de deslumbramiento	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Almacén	18.2	-
Punto de cálculo 1 – Almacén	< 10	-
Punto de cálculo 2 – Almacén	13.3	-
Punto de cálculo 3 – Almacén	14.8	-

Nombre área auxiliar y punto de cálculo	Índice de deslumbramiento	
	Real	Nominal
Punto de cálculo 4 – Almacén	13.4	-

Nombre área auxiliar	Uniformidad de luminancia	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Almacén	0.66	-
Área auxiliar 2 – Pared 1, Almacén	0.53	0.10
Área auxiliar 3 – Pared 2, Almacén	0.63	0.10
Área auxiliar 4 – Pared 3, Almacén	0.40	0.10
Área auxiliar 5 – Pared 4, Almacén	0.66	0.10
Área auxiliar 6 – Techo, Almacén	0.73	0.10

Ambiente	Índice de reproducción de color	
	Real	Nominal
Almacén	> 80	-

Ambiente	Valor de VEEI	
	Real	Nominal
Almacén	1.23	4.0

Ambiente	Temperatura de color [K]	
	Real	Nominal
Almacén	6000 K	5300 K < T

Nombre punto de cálculo	Iluminancia cilíndrica media [lx]	
	Real	Nominal
Punto de cálculo 1 – Almacén	367	75
Punto de cálculo 2 – Almacén	381	75
Punto de cálculo 3 – Almacén	405	75

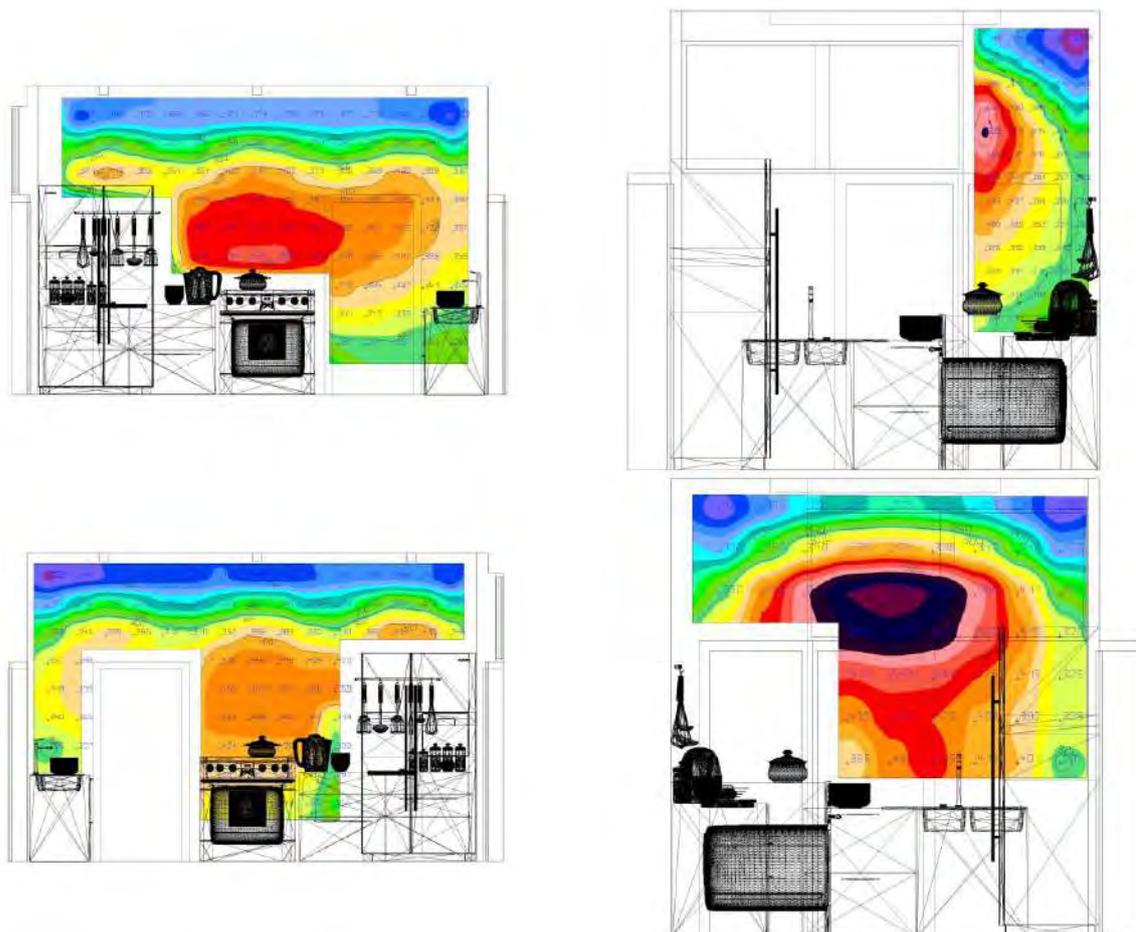
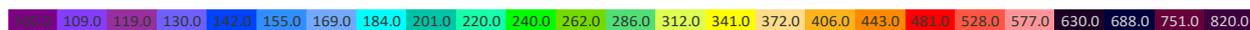
  

Nombre punto de cálculo	Iluminancia cilíndrica media [lx]	
	Real	Nominal

Punto de cálculo 4 – Almacén	378	75
Nombre área auxiliar	Iluminancia mantenida [lx]	
	Real	Nominal
Área auxiliar 2 – Pared 1, Almacén	448	75
Área auxiliar 3 – Pared 2, Almacén	463	75
Área auxiliar 4 – Pared 3, Almacén	398	75
Área auxiliar 5 – Pared 4, Almacén	418	75
Área auxiliar 6 – Techo, Almacén	288	50



## APÉNDICE E. Valores de cálculos de iluminación en Cocina



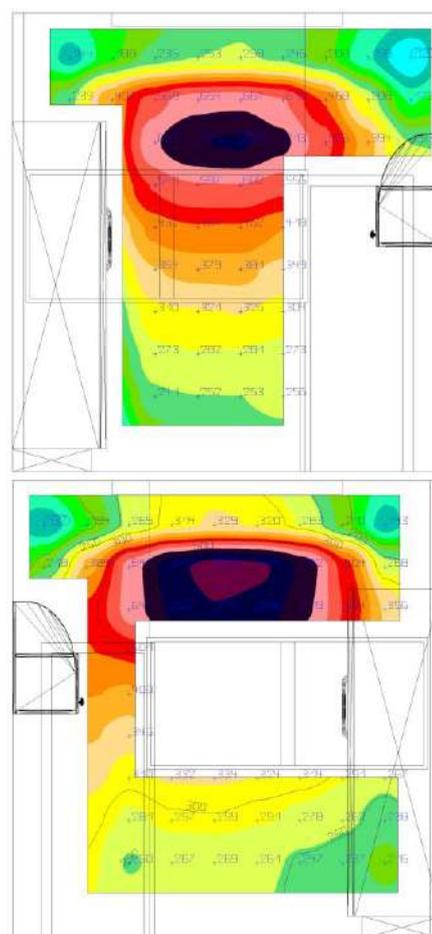
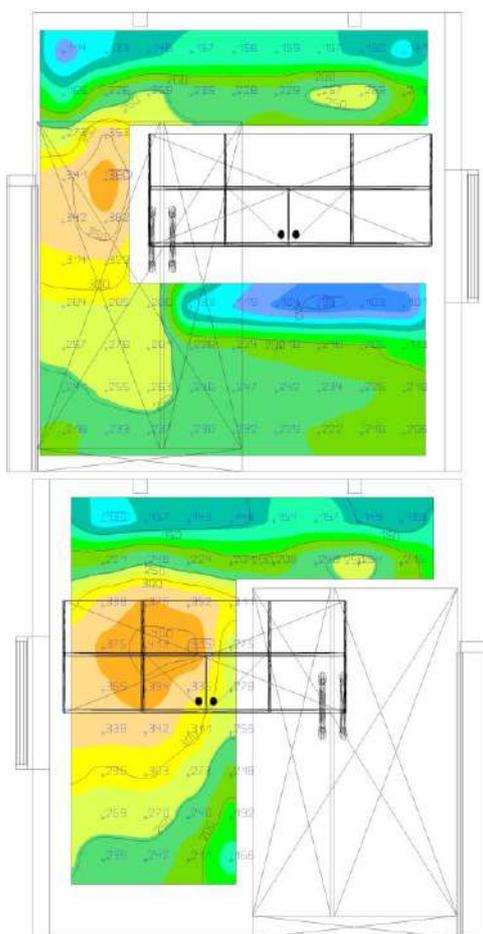
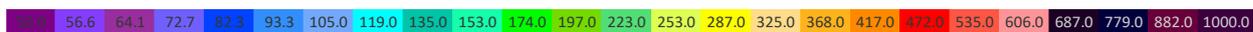
Nombre área auxiliar	Iluminancia mantenida [lx]	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Cocina	661	500
Nombre área auxiliar y punto de cálculo	Índice de deslumbramiento	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Cocina	21.2	22
Punto de cálculo 1 – Cocina	20.5	22
Punto de cálculo 2 – Cocina	20.5	22
Punto de cálculo 3 – Cocina	20.9	22

Punto de cálculo 3 – Cocina	20.9	22
<b>Nombre área auxiliar y punto de cálculo</b>	<b>Índice de deslumbramiento</b>	
	<b>Real</b>	<b>Nominal</b>
Punto de cálculo 4 – Cocina	20.4	22
<b>Nombre área auxiliar</b>	<b>Uniformidad de luminancia</b>	
	<b>Real</b>	<b>Nominal</b>
Área auxiliar 1 – Cocina	0.69	0.60
Área auxiliar 2 – Pared 1, Cocina	0.40	0.10
Área auxiliar 3 – Pared 2, Cocina	0.36	0.10
Área auxiliar 4 – Pared 3, Cocina	0.41	0.10
Área auxiliar 5 – Pared 4, Cocina	0.33	0.10
Área auxiliar 6 – Techo, Cocina	0.63	0.10
<b>Ambiente</b>	<b>Índice de reproducción de color</b>	
	<b>Real</b>	<b>Nominal</b>
Cocina	> 80	80
<b>Ambiente</b>	<b>Valor de VEEI</b>	
	<b>Real</b>	<b>Nominal</b>
Cocina	1.20	4.0
<b>Ambiente</b>	<b>Temperatura de color [K]</b>	
	<b>Real</b>	<b>Nominal</b>
Cocina	6000 K	5300 K < T
<b>Nombre punto de cálculo</b>	<b>Iluminancia cilíndrica media [lx]</b>	
	<b>Real</b>	<b>Nominal</b>
Punto de cálculo 1 – Cocina	228	50
Punto de cálculo 2 – Cocina	233	50
Punto de cálculo 3 – Cocina	243	50
<b>Nombre punto de cálculo</b>	<b>Iluminancia cilíndrica media [lx]</b>	

	<b>Real</b>	<b>Nominal</b>
Punto de cálculo 4 – Cocina	258	50
<b>Nombre área auxiliar</b>	<b>Iluminancia mantenida [lx]</b>	
	<b>Real</b>	<b>Nominal</b>
Área auxiliar 2 – Pared 1, Cocina	347	50
Área auxiliar 3 – Pared 2, Cocina	325	50
Área auxiliar 4 – Pared 3, Cocina	312	50
Área auxiliar 5 – Pared 4, Cocina	401	50
Área auxiliar 6 – Techo, Cocina	143	50



## APÉNDICE F. Valores de cálculos de iluminación en Despensa



Nombre área auxiliar	Iluminancia mantenida [lx]	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Despensa	523	500
Nombre área auxiliar y punto de cálculo	Índice de deslumbramiento	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Despensa	20.2	-
Punto de cálculo 1 – Despensa	21.6	-
Punto de cálculo 2 – Despensa	20.3	-
Punto de cálculo 3 – Despensa	20.4	-

Nombre área auxiliar y punto de cálculo	Índice de deslumbramiento	
	Real	Nominal
Punto de cálculo 4 – Despensa	20.5	-

Nombre área auxiliar	Uniformidad de luminancia	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Despensa	0.54	-
Área auxiliar 2 – Pared 1, Despensa	0.44	0.10
Área auxiliar 3 – Pared 2, Despensa	0.31	0.10
Área auxiliar 4 – Pared 3, Despensa	0.50	0.10
Área auxiliar 5 – Pared 4, Despensa	0.34	0.10
Área auxiliar 6 – Techo, Despensa	0.62	0.10

Ambiente	Índice de reproducción de color	
	Real	Nominal
Despensa	> 80	-

Ambiente	Valor de VEEI	
	Real	Nominal
Despensa	1.65	4.0

Ambiente	Temperatura de color [K]	
	Real	Nominal
Despensa	6000 K	5300 K < T

Nombre punto de cálculo	Iluminancia cilíndrica media [lx]	
	Real	Nominal
Punto de cálculo 1 – Despensa	191	50
Punto de cálculo 2 – Despensa	184	50
Punto de cálculo 3 – Despensa	185	50

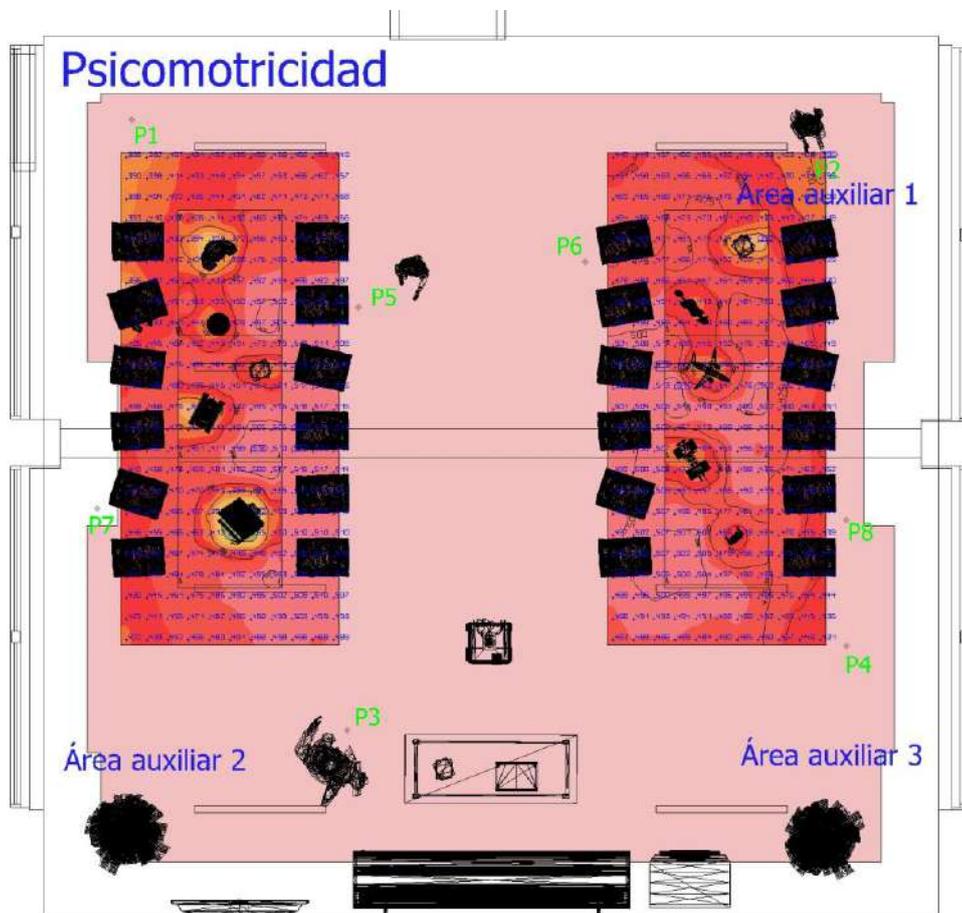
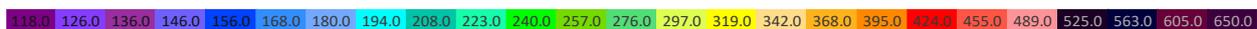
  

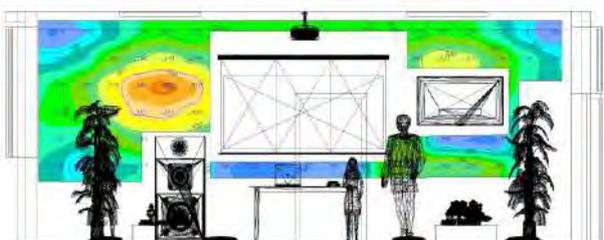
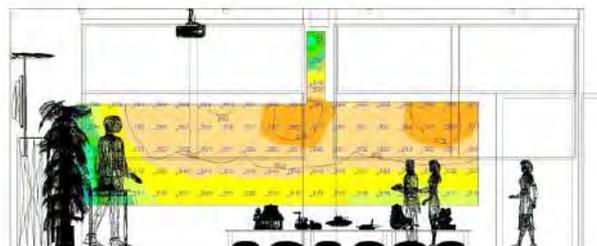
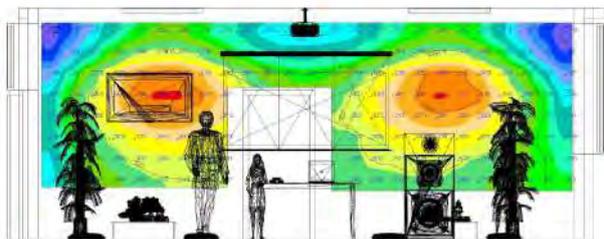
Nombre punto de cálculo	Iluminancia cilíndrica media [lx]	
	Real	Nominal

Punto de cálculo 4 – Despensa	181	50
Nombre área auxiliar	Iluminancia mantenida [lx]	
	Real	Nominal
Área auxiliar 2 – Pared 1, Despensa	224	-
Área auxiliar 3 – Pared 2, Despensa	391	-
Área auxiliar 4 – Pared 3, Despensa	259	-
Área auxiliar 5 – Pared 4, Despensa	339	-
Área auxiliar 6 – Techo, Despensa	130	-



APÉNDICE G. Valores de cálculos de iluminación en Psicomotricidad





Nombre área auxiliar	Iluminancia mantenida [lx]	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Psicomotricidad	423	300
Área auxiliar 2 – Psicomotricidad	487	300
Área auxiliar 3 – Psicomotricidad	472	300

Nombre área auxiliar y punto de cálculo	Índice de deslumbramiento	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Psicomotricidad	16.5	22
Área auxiliar 2 – Psicomotricidad	17.2	22
Área auxiliar 3 – Psicomotricidad	17.1	22

<b>Nombre área auxiliar y punto de cálculo</b>	<b>Índice de deslumbramiento</b>	
	<b>Real</b>	<b>Nominal</b>
Punto de cálculo 1 – Psicomotricidad	15.5	22
Punto de cálculo 2 – Psicomotricidad	14.2	22
Punto de cálculo 3 – Psicomotricidad	18.2	22
Punto de cálculo 4 – Psicomotricidad	17.3	22
Punto de cálculo 5 – Psicomotricidad	16.7	22
Punto de cálculo 6 – Psicomotricidad	16.8	22
Punto de cálculo 7 – Psicomotricidad	17.3	22
Punto de cálculo 8 – Psicomotricidad	16.5	22
<b>Nombre área auxiliar</b>	<b>Uniformidad de luminancia</b>	
	<b>Real</b>	<b>Nominal</b>
Área auxiliar 1 – Psicomotricidad	0.62	0.40
Área auxiliar 2 – Psicomotricidad	0.42	0.40
Área auxiliar 3 – Psicomotricidad	0.41	0.40
Área auxiliar 4 – Pared 1, Psicomotricidad	0.51	0.10
Área auxiliar 5 – Pared 2, Psicomotricidad	0.64	0.10
Área auxiliar 6 – Pared 3, Psicomotricidad	0.68	0.10
Área auxiliar 7 – Pared 4, Psicomotricidad	0.76	0.10
Área auxiliar 8 – Techo, Psicomotricidad	0.69	0.10
<b>Ambiente</b>	<b>Índice de reproducción de color</b>	
	<b>Real</b>	<b>Nominal</b>
Psicomotricidad	> 80	80

<b>Ambiente</b>		<b>Valor de VEEI</b>	
		<b>Real</b>	<b>Nominal</b>
Psicomotricidad		0.79	3.5

<b>Ambiente</b>		<b>Temperatura de color [K]</b>	
		<b>Real</b>	<b>Nominal</b>
Psicomotricidad		6000 K	5300 K < T

<b>Nombre área de trabajo</b>	<b>Área de trabajo</b>	<b>Iluminancia mantenida [lx]</b>	
		<b>Real</b>	<b>Nominal</b>
Área de trabajo 1 – Psicomotricidad	Área de tarea visual	444	300
	Área circundante inmediata	469	200
	Área de fondo	363	66.67
Área de trabajo 2 – Psicomotricidad	Área de tarea visual	466	300
	Área circundante inmediata	471	200
	Área de fondo	346	66.67

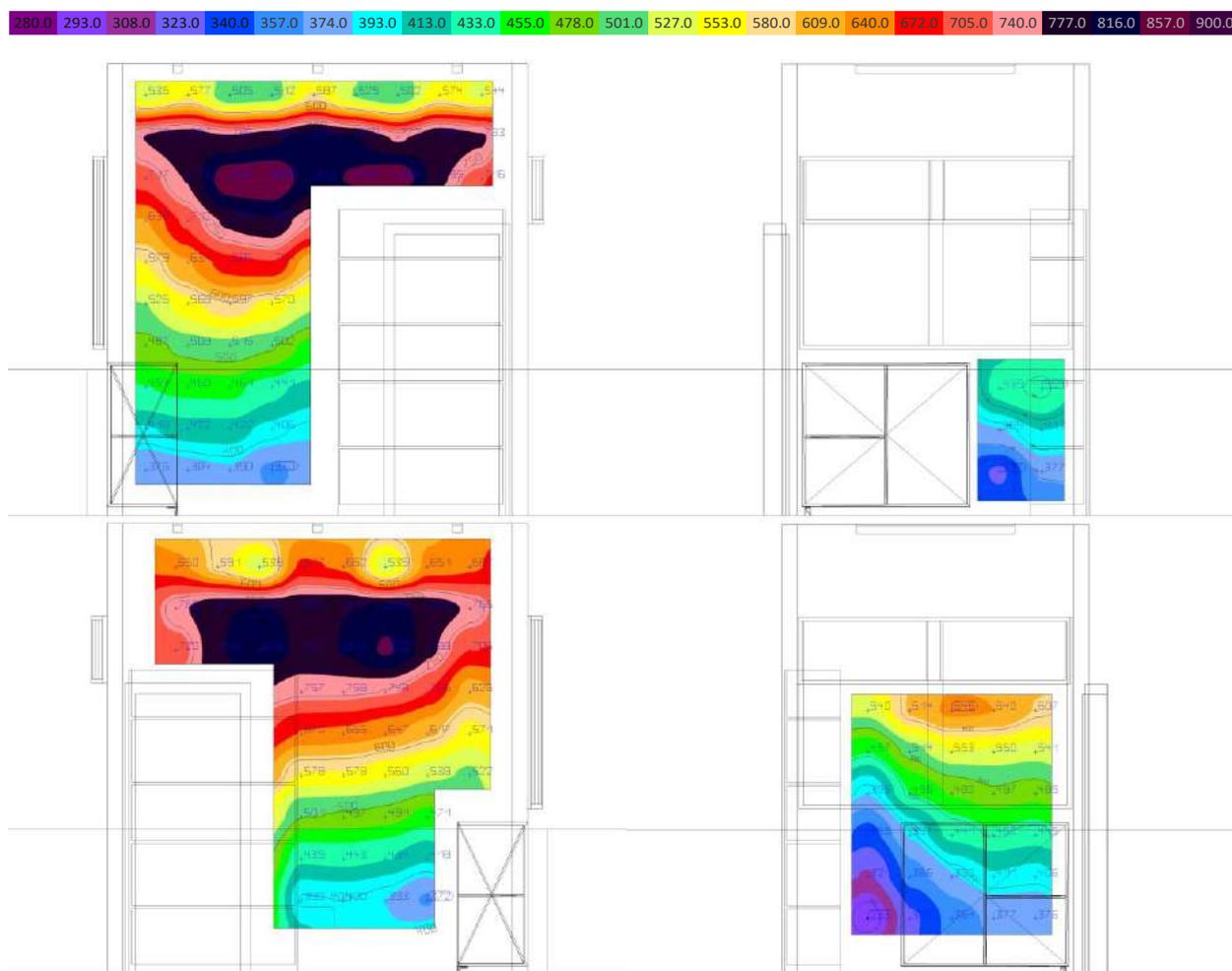
  

<b>Nombre punto de cálculo</b>	<b>Iluminancia cilíndrica media [lx]</b>	
	<b>Real</b>	<b>Nominal</b>
Punto de cálculo 1 – Psicomotricidad	238	150
Punto de cálculo 2 – Psicomotricidad	254	150
Punto de cálculo 3 – Psicomotricidad	301	150
Punto de cálculo 4 – Psicomotricidad	251	150
Punto de cálculo 5 – Psicomotricidad	296	150
Punto de cálculo 6 – Psicomotricidad	297	150
Punto de cálculo 7 – Psicomotricidad	285	150
Punto de cálculo 8 – Psicomotricidad	266	150

Nombre área auxiliar	Iluminancia mantenida [lx]	
	Real	Nominal
Área auxiliar 4 – Pared 1, Psicomotricidad	285	150
Área auxiliar 5 – Pared 2, Psicomotricidad	339	150
Área auxiliar 6 – Pared 3, Psicomotricidad	258	150
Área auxiliar 7 – Pared 4, Psicomotricidad	325	150
Área auxiliar 8 – Techo, Psicomotricidad	195	100



## APÉNDICE H. Valores de cálculos de iluminación en Sala de archivos



Nombre área auxiliar	Iluminancia mantenida [lx]	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Sala de archivos	770	500

Nombre área auxiliar y punto de cálculo	Índice de deslumbramiento	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Sala de archivos	12.2	-
Punto de cálculo 1 – Sala de archivos	12.8	-
Punto de cálculo 2 – Sala de archivos	13.9	-
Punto de cálculo 3 – Sala de archivos	13.3	-

Nombre área auxiliar y punto de cálculo	Índice de deslumbramiento	
	Real	Nominal
Punto de cálculo 4 – Sala de archivos	13.4	-

Nombre área auxiliar	Uniformidad de luminancia	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Sala de archivos	0.74	-
Área auxiliar 2 – Pared 1, Sala de archivos	0.59	0.10
Área auxiliar 3 – Pared 2, Sala de archivos	0.84	0.10
Área auxiliar 4 – Pared 3, Sala de archivos	0.58	0.10
Área auxiliar 5 – Pared 4, Sala de archivos	0.64	0.10
Área auxiliar 6 – Techo, Sala de archivos	0.84	0.10

Ambiente	Índice de reproducción de color	
	Real	Nominal
Sala de archivos	> 80	-

Ambiente	Valor de VEEI	
	Real	Nominal
Sala de archivos	1.54	4.0

Ambiente	Temperatura de color [K]	
	Real	Nominal
Sala de archivos	6000 K	5300 K < T

Nombre punto de cálculo	Iluminancia cilíndrica media [lx]	
	Real	Nominal
Punto de cálculo 1 – Sala de archivos	444	75
Punto de cálculo 2 – Sala de archivos	351	75
Punto de cálculo 3 – Sala de archivos	485	75

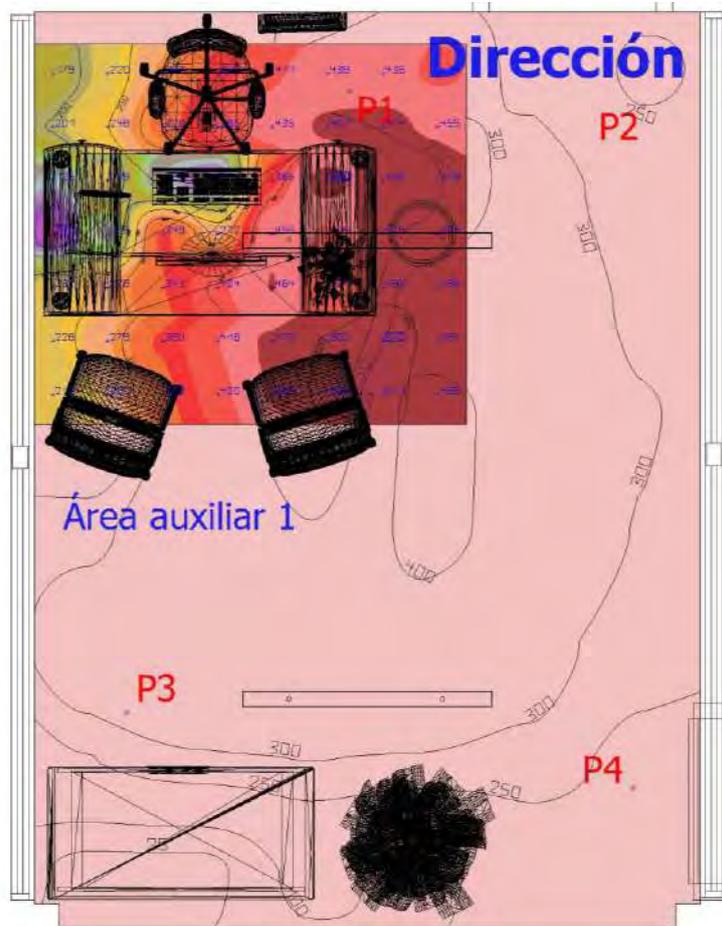
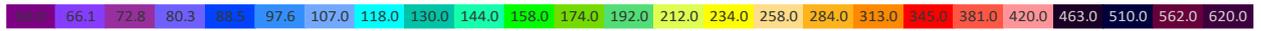
  

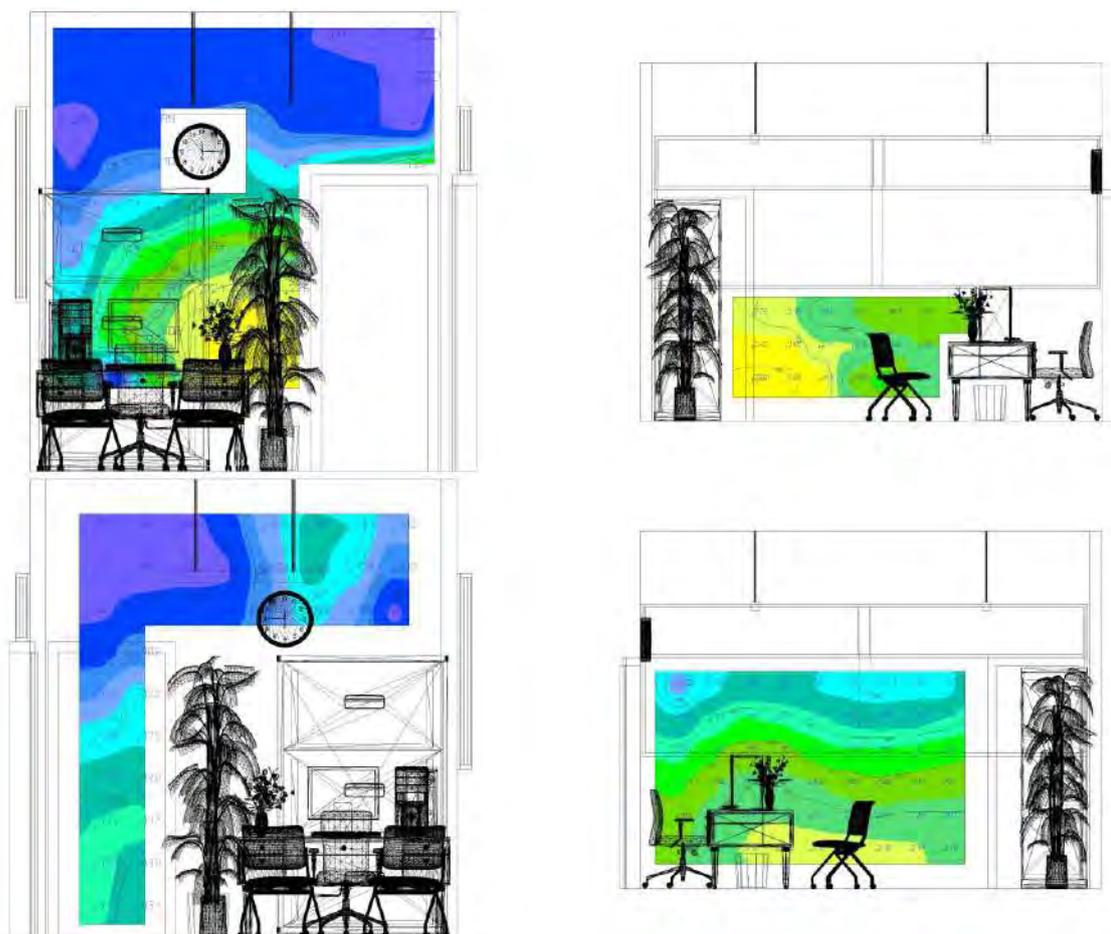
Nombre punto de cálculo	Iluminancia cilíndrica media [lx]	
	Real	Nominal

Nombre área auxiliar	Iluminancia mantenida [lx]	
	Real	Nominal
Punto de cálculo 4 – Sala de archivos	475	75
Área auxiliar 2 – Pared 1, Sala de archivos	622	75
Área auxiliar 3 – Pared 2, Sala de archivos	402	75
Área auxiliar 4 – Pared 3, Sala de archivos	638	75
Área auxiliar 5 – Pared 4, Sala de archivos	457	75
Área auxiliar 6 – Techo, Sala de archivos	396	50



## APÉNDICE I. Valores de cálculos de iluminación en Dirección





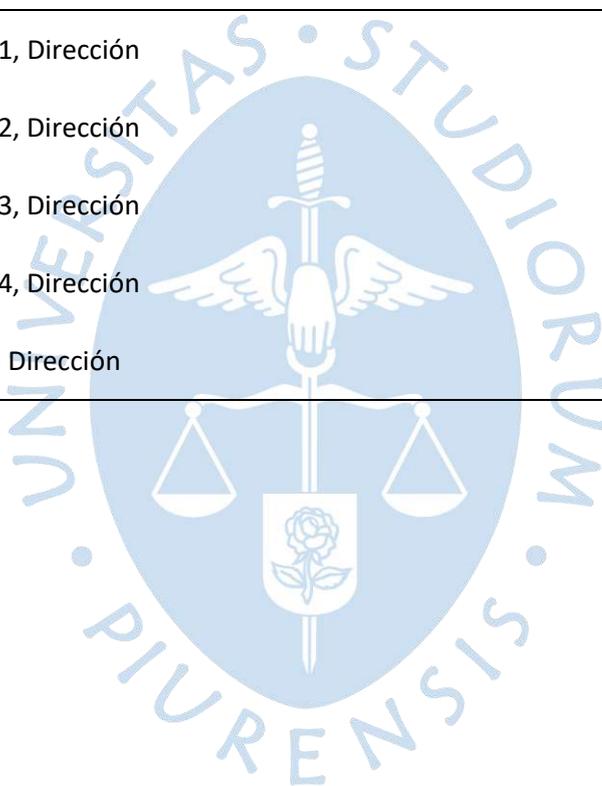
Nombre área auxiliar	Iluminancia mantenida [lx]	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Dirección	374	300
Nombre área auxiliar y punto de cálculo	Índice de deslumbramiento	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Dirección	17.6	-
Punto de cálculo 1 – Dirección	21.3	-
Punto de cálculo 2 – Dirección	14.8	-
Punto de cálculo 3 – Dirección	17.2	-
Punto de cálculo 4 – Dirección	16.0	-

Nombre área auxiliar	Uniformidad de luminancia		
	Real	Nominal	
Área auxiliar 1 – Dirección	0.41	-	
Área auxiliar 2 – Pared 1, Dirección	0.61	0.10	
Área auxiliar 3 – Pared 2, Dirección	0.67	0.10	
Área auxiliar 4 – Pared 3, Dirección	0.73	0.10	
Área auxiliar 5 – Pared 4, Dirección	0.80	0.10	
Área auxiliar 6 – Techo, Dirección	0.79	0.10	
Ambiente	Índice de reproducción de color		
	Real	Nominal	
Dirección	> 80	80	
Ambiente	Valor de VEEI		
	Real	Nominal	
Dirección	0.77	4.0	
Ambiente	Temperatura de color [K]		
	Real	Nominal	
Dirección	6000 K	5300 K < T	
Nombre área de trabajo	Área de trabajo	Iluminancia mantenida [lx]	
		Real	Nominal
Área de trabajo 1 – Dirección	Área de tarea visual	319	300
	Área circundante inmediata	378	200
	Área de fondo	276	66.67

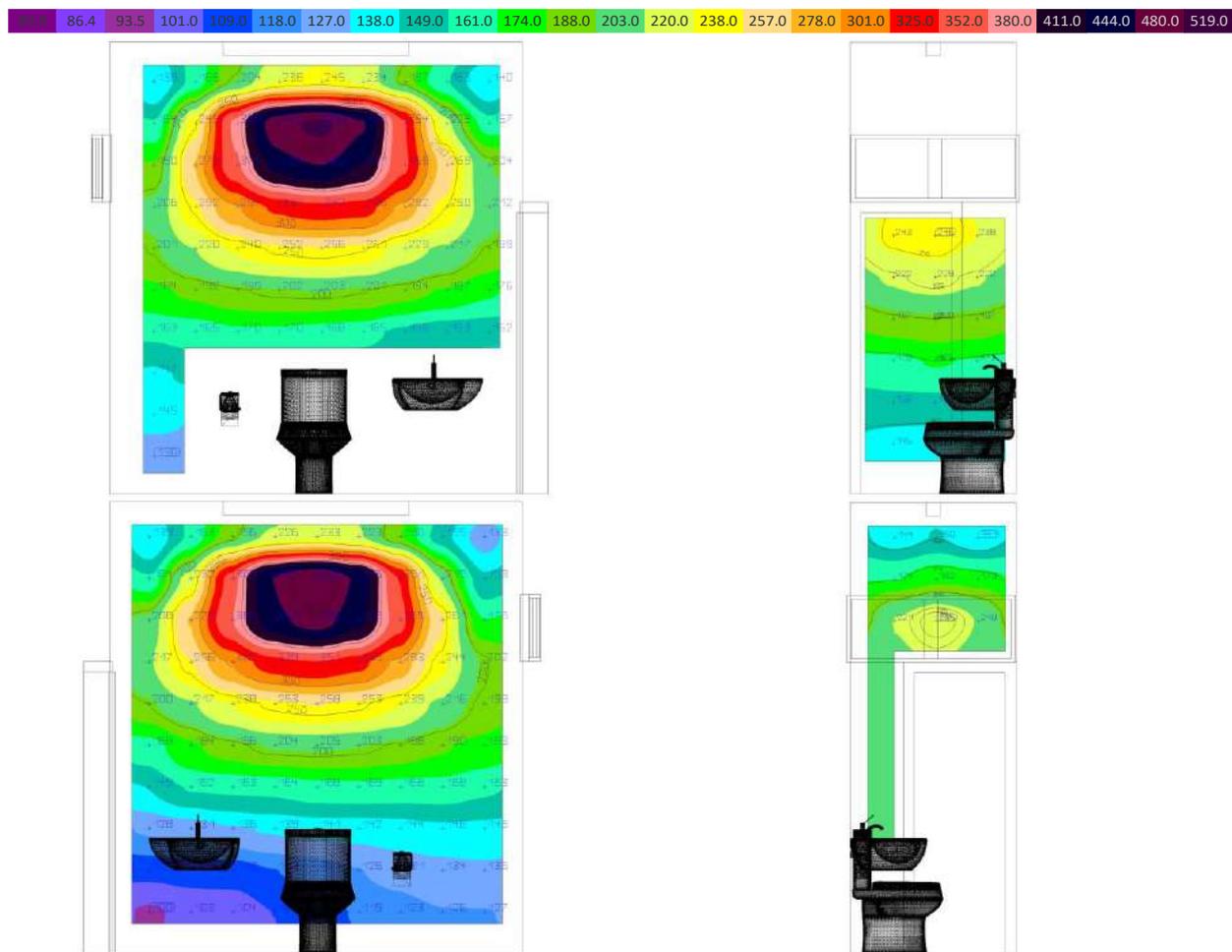
Nombre punto de cálculo	Iluminancia cilíndrica media [lx]	
	Real	Nominal
Punto de cálculo 1 – Dirección	202	100
Punto de cálculo 2 – Dirección	124	100
Punto de cálculo 3 – Dirección	136	100
Punto de cálculo 4 – Dirección	102	100

Nombre área auxiliar	Iluminancia mantenida [lx]	
	Real	Nominal
Área auxiliar 2 – Pared 1, Dirección	135	100
Área auxiliar 3 – Pared 2, Dirección	174	100
Área auxiliar 4 – Pared 3, Dirección	111	100
Área auxiliar 5 – Pared 4, Dirección	211	100
Área auxiliar 6 – Techo, Dirección	107	50



## APÉNDICE J. Valores de cálculos de iluminación en Baño de maestros



Nombre área auxiliar	Iluminancia mantenida [lx]	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Baño de maestros	240	100
Nombre área auxiliar y punto de cálculo	Índice de deslumbramiento	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Baño de maestros	10.2	-
Punto de cálculo 1 – Baño de maestros	14.3	-
Punto de cálculo 2 – Baño de maestros	14.7	-
Punto de cálculo 3 – Baño de maestros	13.7	-

Nombre área auxiliar y punto de cálculo	Índice de deslumbramiento	
	Real	Nominal
Punto de cálculo 4 – Baño de maestros	14.5	-

Nombre área auxiliar	Uniformidad de luminancia	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Baño de maestros	0.87	-
Área auxiliar 2 – Pared 1, Baño de maestros	0.53	0.10
Área auxiliar 3 – Pared 2, Baño de maestros	0.76	0.10
Área auxiliar 4 – Pared 3, Baño de maestros	0.48	0.10
Área auxiliar 5 – Pared 4, Baño de maestros	0.77	0.10
Área auxiliar 6 – Techo, Baño de maestros	0.74	0.10

Ambiente	Índice de reproducción de color	
	Real	Nominal
Baño de maestros	> 80	-

Ambiente	Valor de VEEI	
	Real	Nominal
Baño de maestros	1.80	4.0

Ambiente	Temperatura de color [K]	
	Real	Nominal
Baño de maestros	2500 K	T < 3300 K

Nombre punto de cálculo	Iluminancia cilíndrica media [lx]	
	Real	Nominal
Punto de cálculo 1 – Baño de maestros	176	75
Punto de cálculo 2 – Baño de maestros	180	75
Punto de cálculo 3 – Baño de maestros	175	75

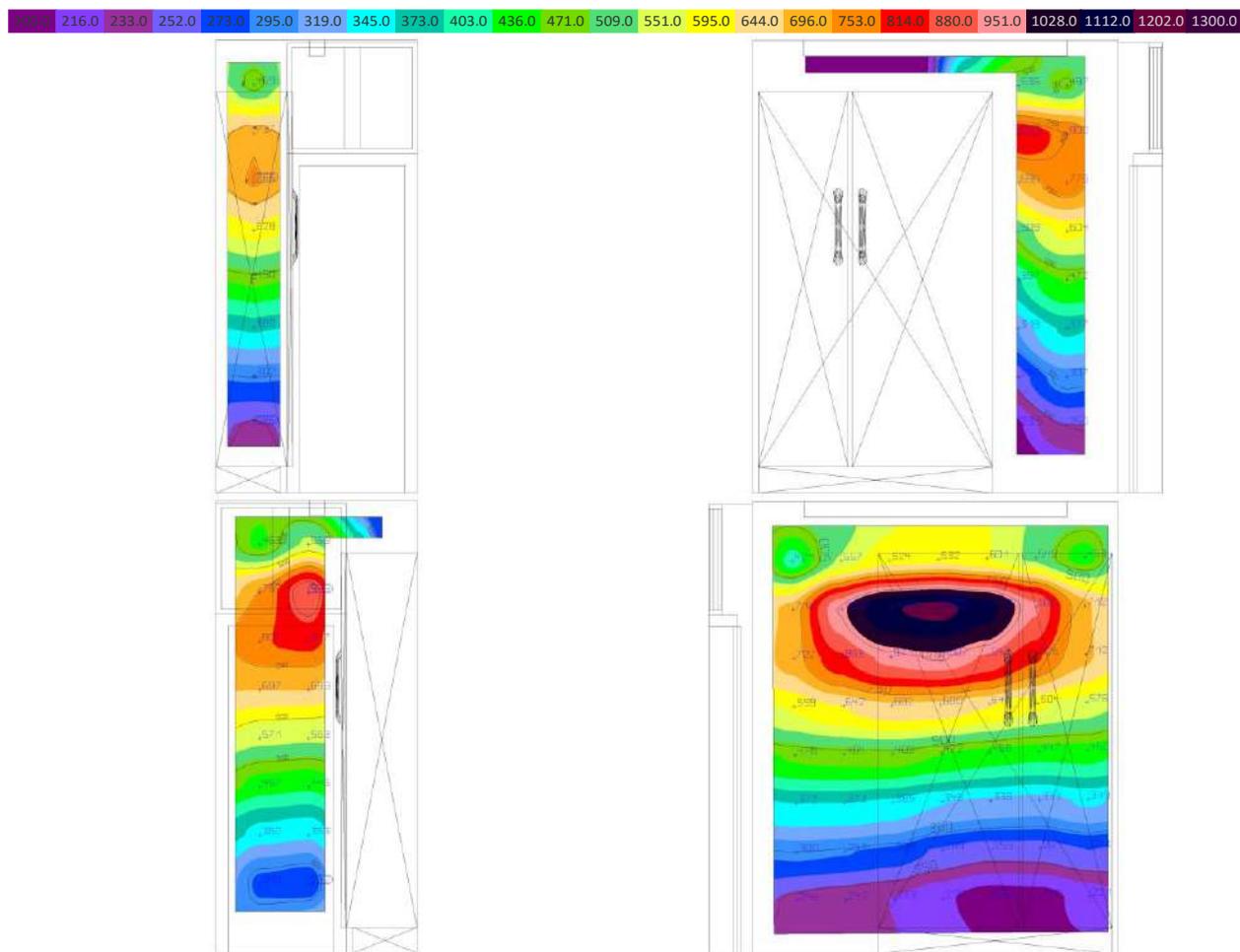
  

Nombre punto de cálculo	Iluminancia cilíndrica media [lx]	
	Real	Nominal

Nombre área auxiliar	Iluminancia mantenida [lx]	
	Real	Nominal
Punto de cálculo 4 – Baño de maestros	180	75
Área auxiliar 2 – Pared 1, Baño de maestros	243	100
Área auxiliar 3 – Pared 2, Baño de maestros	190	100
Área auxiliar 4 – Pared 3, Baño de maestros	210	100
Área auxiliar 5 – Pared 4, Baño de maestros	183	100
Área auxiliar 6 – Techo, Baño de maestros	159	50



### APÉNDICE K. Valores de cálculos de iluminación en Cuarto de limpieza



Nombre área auxiliar	Iluminancia mantenida [lx]	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Cuarto de limpieza	702	500
Nombre área auxiliar y punto de cálculo	Índice de deslumbramiento	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Cuarto de limpieza	< 10	-
Punto de cálculo 1 – Cuarto de limpieza	< 10	-
Punto de cálculo 2 – Cuarto de limpieza	19.7	-
Punto de cálculo 3 – Cuarto de limpieza	20.9	-

<b>Nombre área auxiliar y punto de cálculo</b>	<b>Índice de deslumbramiento</b>	
	<b>Real</b>	<b>Nominal</b>
Punto de cálculo 4 – Cuarto de limpieza	20.6	-

<b>Nombre área auxiliar</b>	<b>Uniformidad de luminancia</b>	
	<b>Real</b>	<b>Nominal</b>
Área auxiliar 1 – Cuarto de limpieza	0.66	-
Área auxiliar 2 – Pared 1, Cuarto de limpieza	0.49	0.10
Área auxiliar 3 – Pared 2, Cuarto de limpieza	0.43	0.10
Área auxiliar 4 – Pared 3, Cuarto de limpieza	0.50	0.10
Área auxiliar 5 – Pared 4, Cuarto de limpieza	0.38	0.10
Área auxiliar 6 – Techo, Cuarto de limpieza	0.64	0.10

<b>Ambiente</b>	<b>Índice de reproducción de color</b>	
	<b>Real</b>	<b>Nominal</b>
Cuarto de limpieza	> 80	-

<b>Ambiente</b>	<b>Valor de VEEI</b>	
	<b>Real</b>	<b>Nominal</b>
Cuarto de limpieza	1.45	4.0

<b>Ambiente</b>	<b>Temperatura de color [K]</b>	
	<b>Real</b>	<b>Nominal</b>
Cuarto de limpieza	6000 K	5300 K < T

<b>Nombre punto de cálculo</b>	<b>Iluminancia cilíndrica media [lx]</b>	
	<b>Real</b>	<b>Nominal</b>
Punto de cálculo 1 – Cuarto de limpieza	513	50
Punto de cálculo 2 – Cuarto de limpieza	580	50
Punto de cálculo 3 – Cuarto de limpieza	489	50

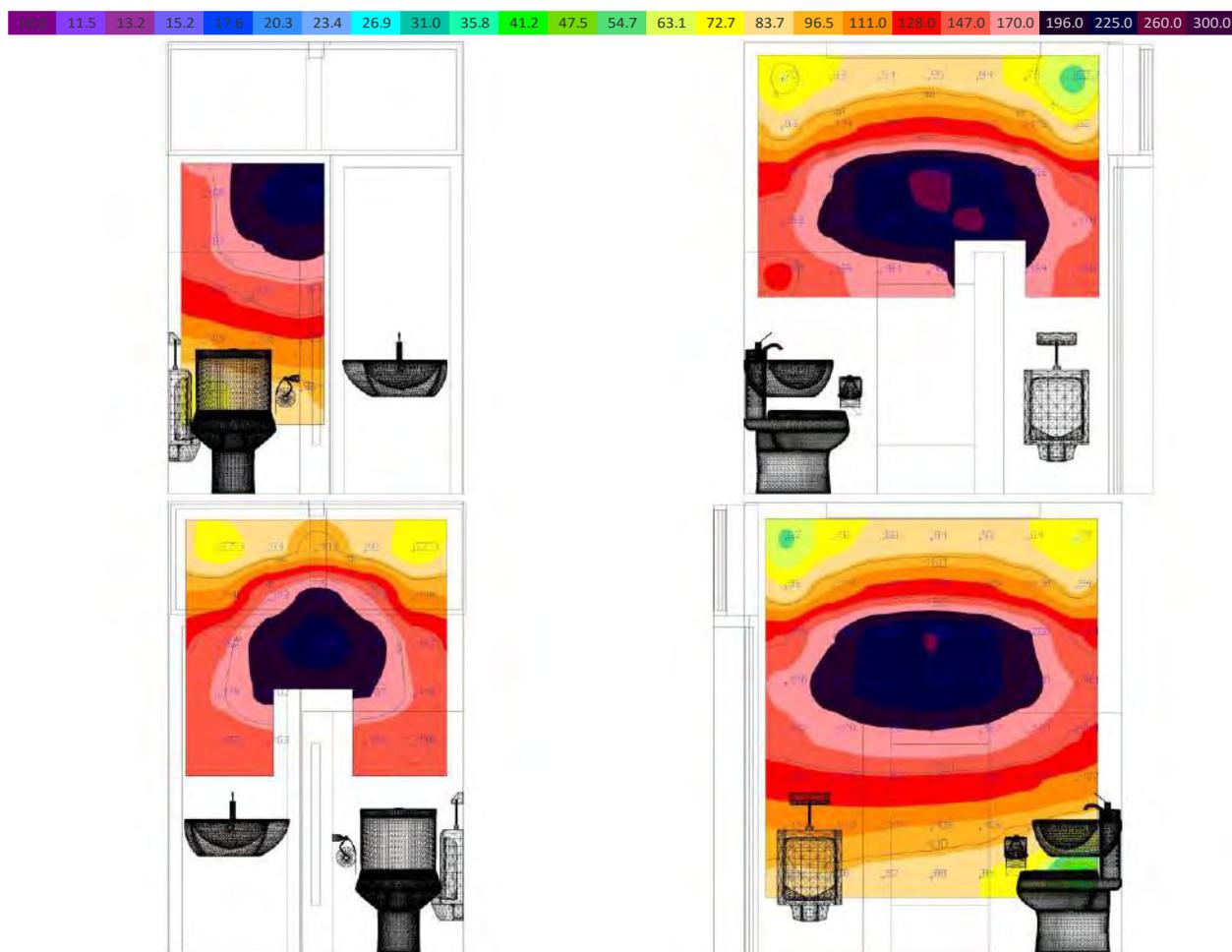
  

<b>Nombre punto de cálculo</b>	<b>Iluminancia cilíndrica media [lx]</b>	
	<b>Real</b>	<b>Nominal</b>

Nombre área auxiliar	Iluminancia mantenida [lx]	
	Real	Nominal
Punto de cálculo 4 – Cuarto de limpieza	568	50
Área auxiliar 2 – Pared 1, Cuarto de limpieza	503	50
Área auxiliar 3 – Pared 2, Cuarto de limpieza	492	50
Área auxiliar 4 – Pared 3, Cuarto de limpieza	569	50
Área auxiliar 5 – Pared 4, Cuarto de limpieza	545	50
Área auxiliar 6 – Techo, Cuarto de limpieza	450	30



### APÉNDICE L. Valores de cálculos de iluminación en Baño niños



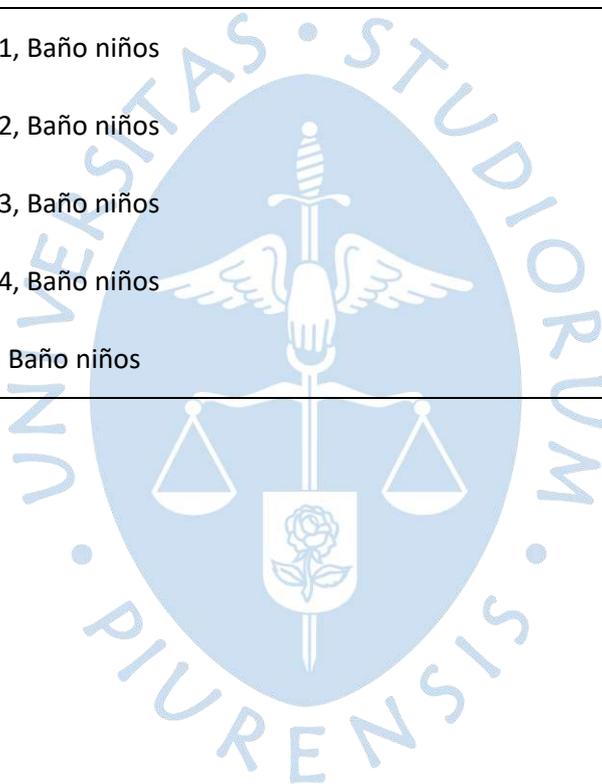
Nombre área auxiliar	Iluminancia mantenida [lx]	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Baño niños	198	100
Área auxiliar 2 – Baño niños	188	100
Nombre área auxiliar y punto de cálculo	Índice de deslumbramiento	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Baño niños	< 10	-
Área auxiliar 2 – Baño niños	< 10	-
Punto de cálculo 1 – Baño niños	19.0	-

Nombre área auxiliar y punto de cálculo	Índice de deslumbramiento	
	Real	Nominal
Punto de cálculo 2 – Baño niños	19.0	-
Punto de cálculo 3 – Baño niños	16.6	-
Punto de cálculo 4 – Baño niños	17.5	-
Nombre área auxiliar	Uniformidad de luminancia	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Baño niños	0.59	-
Área auxiliar 2 – Baño niños	0.76	-
Área auxiliar 3 – Pared 1, Baño niños	0.51	0.10
Área auxiliar 4 – Pared 2, Baño niños	0.38	0.10
Área auxiliar 5 – Pared 3, Baño niños	0.49	0.10
Área auxiliar 6 – Pared 4, Baño niños	0.30	0.10
Área auxiliar 7 – Techo, Baño niños	0.17	0.10
Ambiente	Índice de reproducción de color	
	Real	Nominal
Baño niños	> 80	-
Ambiente	Valor de VEEI	
	Real	Nominal
Baño niños	1.43	4.0
Ambiente	Temperatura de color [K]	
	Real	Nominal
Baño niños	2500 K	T < 3300 K

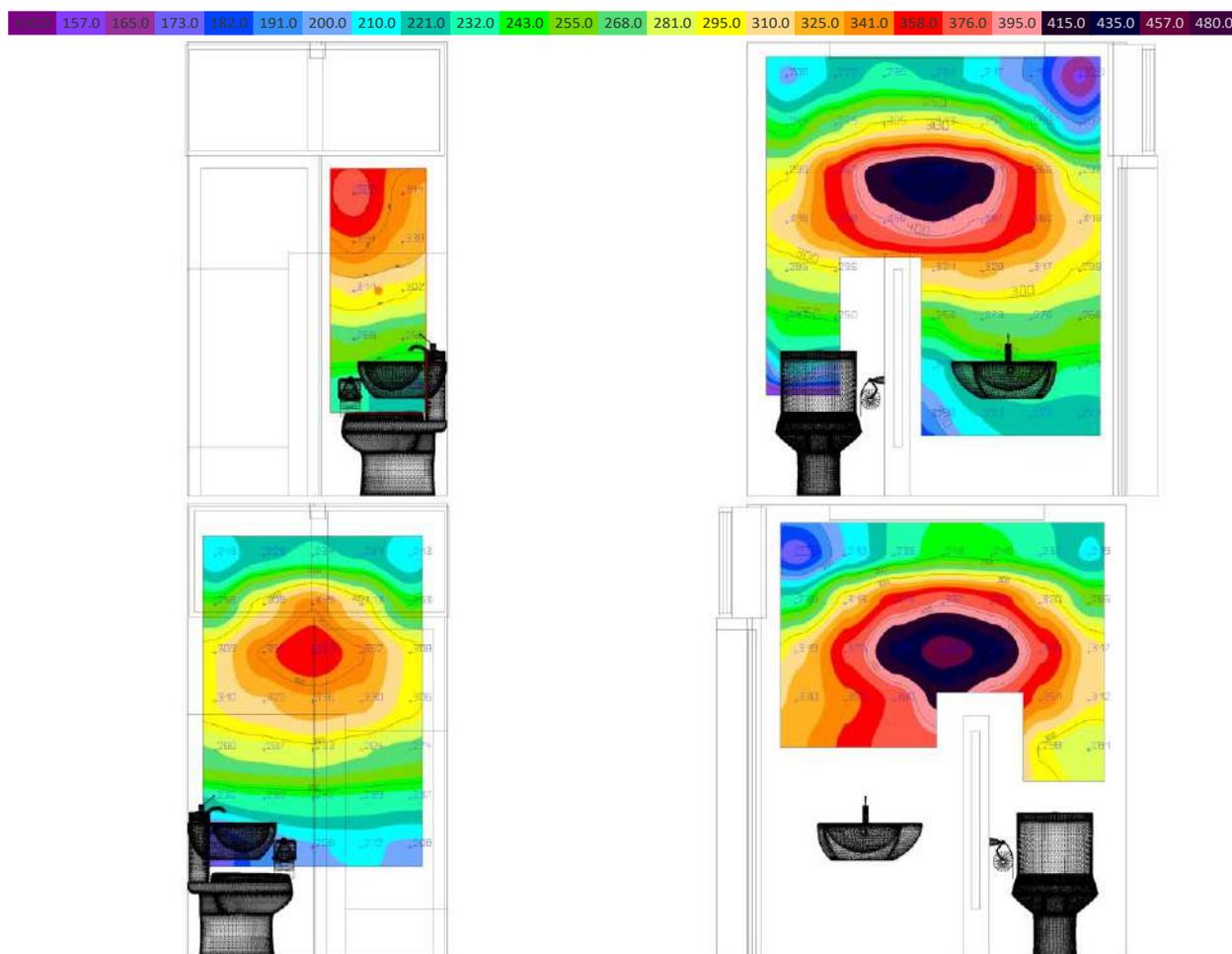
Nombre punto de cálculo	Iluminancia cilíndrica media [lx]	
	Real	Nominal
Punto de cálculo 1 – Baño niños	136	75
Punto de cálculo 2 – Baño niños	143	75
Punto de cálculo 3 – Baño niños	145	75
Punto de cálculo 4 – Baño niños	151	75

Nombre área auxiliar	Iluminancia mantenida [lx]	
	Real	Nominal
Área auxiliar 3 – Pared 1, Baño niños	151	75
Área auxiliar 4 – Pared 2, Baño niños	158	75
Área auxiliar 5 – Pared 3, Baño niños	157	75
Área auxiliar 6 – Pared 4, Baño niños	139	75
Área auxiliar 7 – Techo, Baño niños	70.7	50



### APÉNDICE M. Valores de cálculos de iluminación en Baño niñas



Nombre área auxiliar	Iluminancia mantenida [lx]	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Baño niñas	348	100
Área auxiliar 2 – Baño niñas	302	100

Nombre área auxiliar y punto de cálculo	Índice de deslumbramiento	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Baño niñas	< 10	-
Área auxiliar 2 – Baño niñas	< 10	-

Nombre área auxiliar y punto de cálculo	Índice de deslumbramiento	
	Real	Nominal
Punto de cálculo 1 – Baño niñas	15.2	-
Punto de cálculo 2 – Baño niñas	15.3	-
Punto de cálculo 3 – Baño niñas	15.9	-
Punto de cálculo 4 – Baño niñas	16.0	-

Nombre área auxiliar	Uniformidad de luminancia	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Baño niñas	0.93	-
Área auxiliar 2 – Baño niñas	0.82	-
Área auxiliar 3 – Pared 1, Baño niñas	0.75	0.10
Área auxiliar 4 – Pared 2, Baño niñas	0.58	0.10
Área auxiliar 5 – Pared 3, Baño niñas	0.64	0.10
Área auxiliar 6 – Pared 4, Baño niñas	0.55	0.10
Área auxiliar 7 – Techo, Baño niñas	0.74	0.10

Ambiente	Índice de reproducción de color	
	Real	Nominal
Baño niñas	> 80	-

Ambiente	Valor de VEEI	
	Real	Nominal
Baño niñas	0.89	4.0

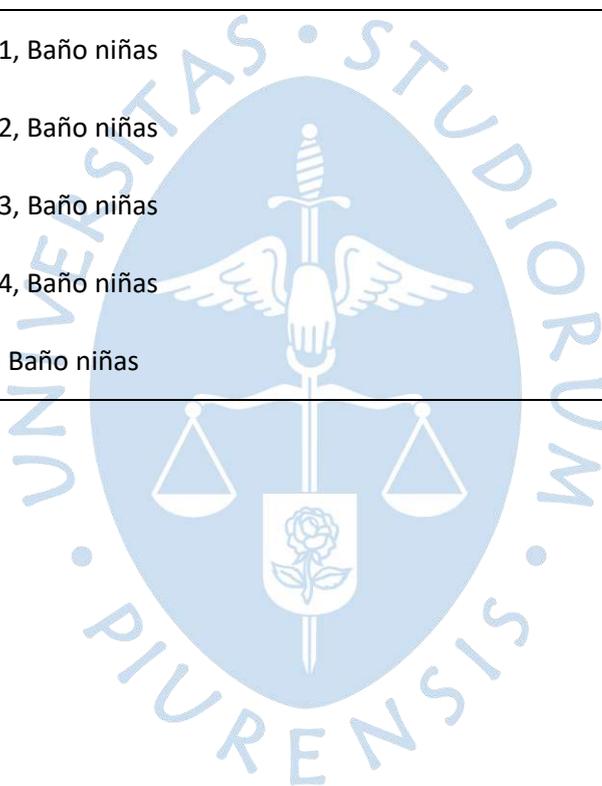
  

Ambiente	Temperatura de color [K]	
	Real	Nominal
Baño niñas	2500 K	T < 3300 K

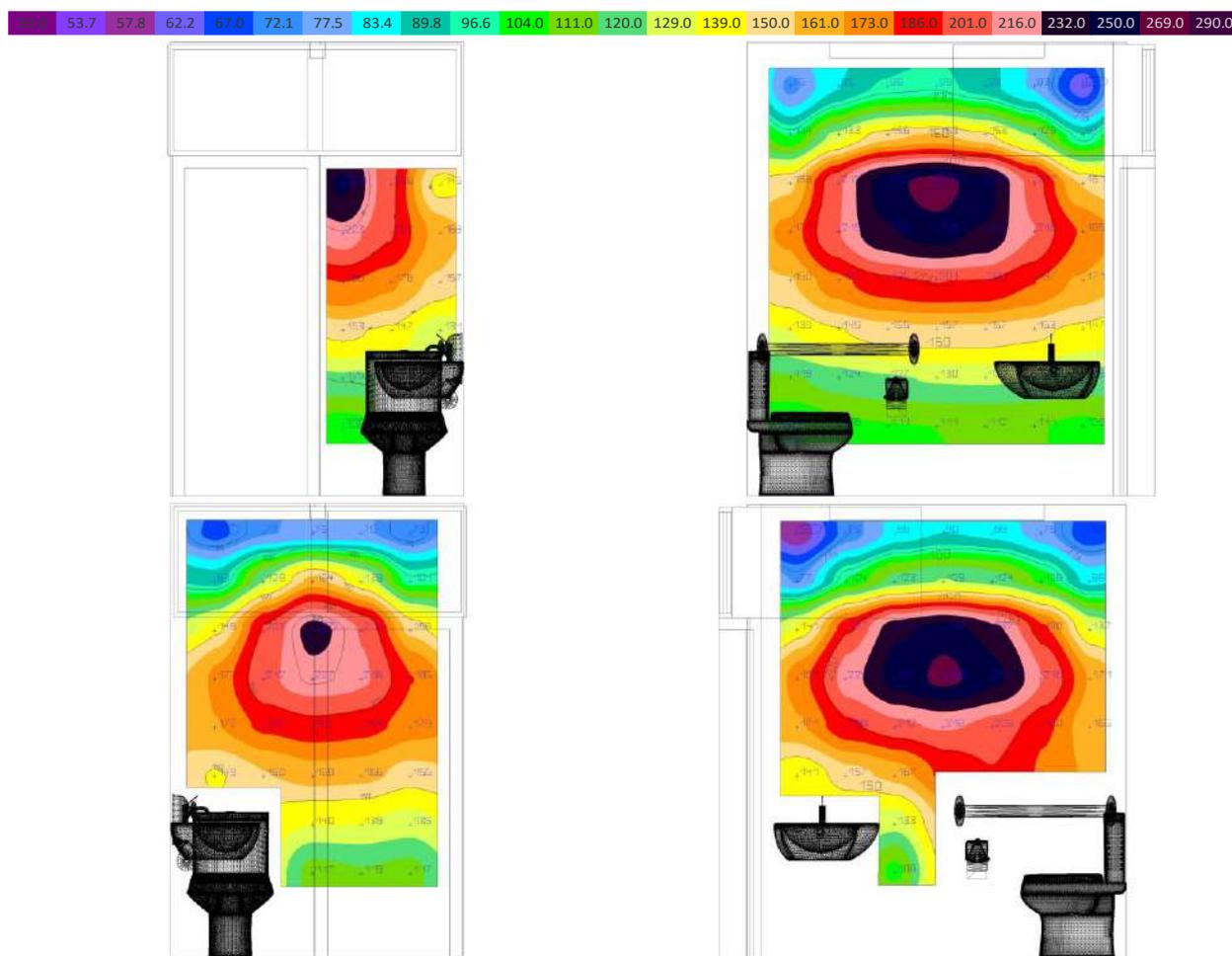
Nombre punto de cálculo	Iluminancia cilíndrica media [lx]	
	Real	Nominal
Punto de cálculo 1 – Baño niñas	283	75
Punto de cálculo 2 – Baño niñas	300	75
Punto de cálculo 3 – Baño niñas	279	75
Punto de cálculo 4 – Baño niñas	287	75

Nombre área auxiliar	Iluminancia mantenida [lx]	
	Real	Nominal
Área auxiliar 3 – Pared 1, Baño niñas	302	75
Área auxiliar 4 – Pared 2, Baño niñas	284	75
Área auxiliar 5 – Pared 3, Baño niñas	271	75
Área auxiliar 6 – Pared 4, Baño niñas	318	75
Área auxiliar 7 – Techo, Baño niñas	212	50



## APÉNDICE N. Valores de cálculos de iluminación en Baño para discapacitados



Nombre área auxiliar	Iluminancia mantenida [lx]	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Baño para discapacitados	224	100
Nombre área auxiliar y punto de cálculo	Índice de deslumbramiento	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Baño para discapacitados	12.2	-
Punto de cálculo 1 – Baño para discapacitados	18.6	-
Punto de cálculo 2 – Baño para discapacitados	< 10	-
Punto de cálculo 3 – Baño para discapacitados	19.0	-

Nombre área auxiliar y punto de cálculo	Índice de deslumbramiento	
	Real	Nominal
Punto de cálculo 4 – Baño para discapacitados	< 10	-

Nombre área auxiliar	Uniformidad de luminancia	
	Real	Nominal
Área auxiliar 1 – Baño para discapacitados	0.88	-
Área auxiliar 2 – Pared 1, Baño para discapacitados	0.62	0.10
Área auxiliar 3 – Pared 2, Baño para discapacitados	0.42	0.10
Área auxiliar 4 – Pared 3, Baño para discapacitados	0.47	0.10
Área auxiliar 5 – Pared 4, Baño para discapacitados	0.37	0.10
Área auxiliar 6 – Techo, Baño para discapacitados	0.70	0.10

Ambiente	Índice de reproducción de color	
	Real	Nominal
Baño para discapacitados	> 80	80

Ambiente	Valor de VEEI	
	Real	Nominal
Baño para discapacitados	1.26	4.0

Ambiente	Temperatura de color [K]	
	Real	Nominal
Baño para discapacitados	2500 K	T < 3300 K

Nombre punto de cálculo	Iluminancia cilíndrica media [lx]	
	Real	Nominal
Punto de cálculo 1 – Baño para discapacitados	149	75
Punto de cálculo 2 – Baño para discapacitados	148	75
Punto de cálculo 3 – Baño para discapacitados	135	75

Nombre punto de cálculo	Iluminancia cilíndrica media [lx]	
	Real	Nominal

Nombre área auxiliar	Iluminancia mantenida [lx]	
	Real	Nominal
Punto de cálculo 4 – Baño para discapacitados	152	75
Área auxiliar 2 – Pared 1, Baño para discapacitados	170	75
Área auxiliar 3 – Pared 2, Baño para discapacitados	154	75
Área auxiliar 4 – Pared 3, Baño para discapacitados	152	75
Área auxiliar 5 – Pared 4, Baño para discapacitados	159	75
Área auxiliar 6 – Techo, Baño para discapacitados	74.3	50



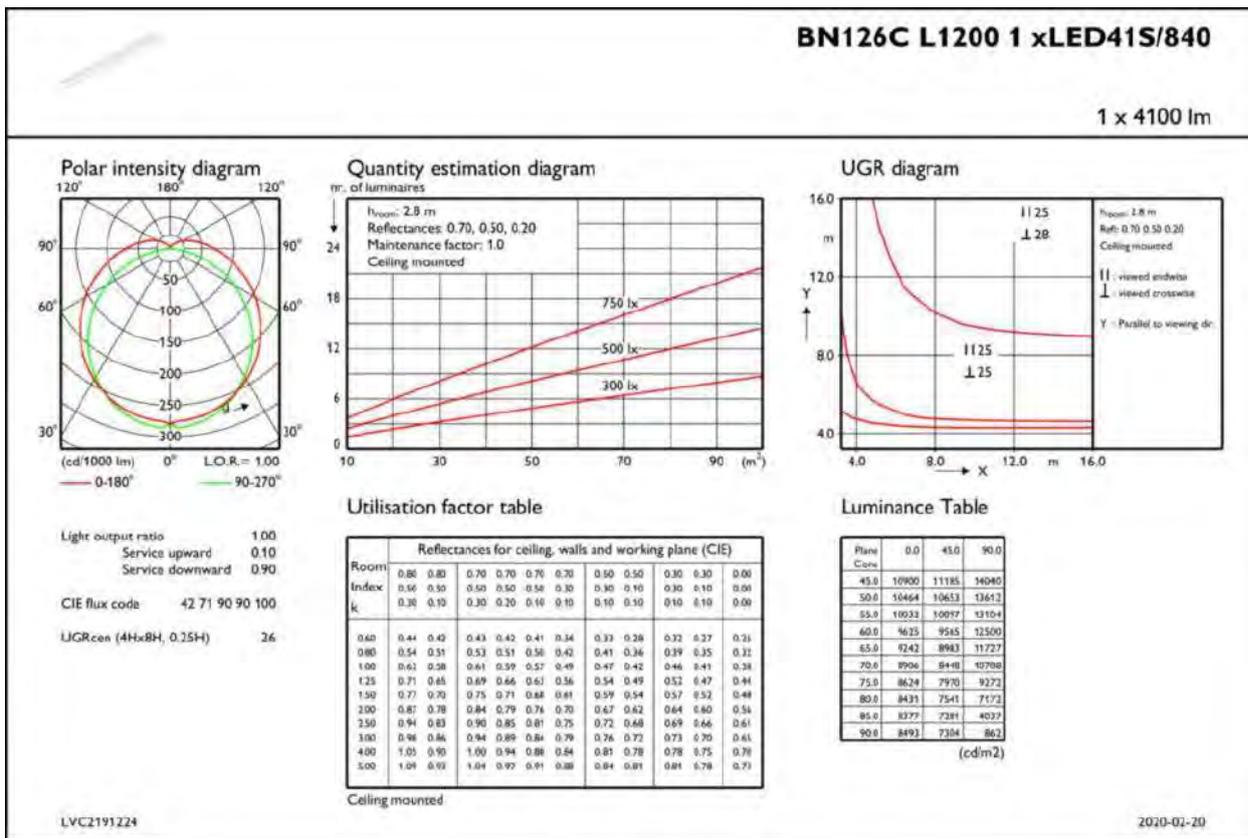


**Anexos**





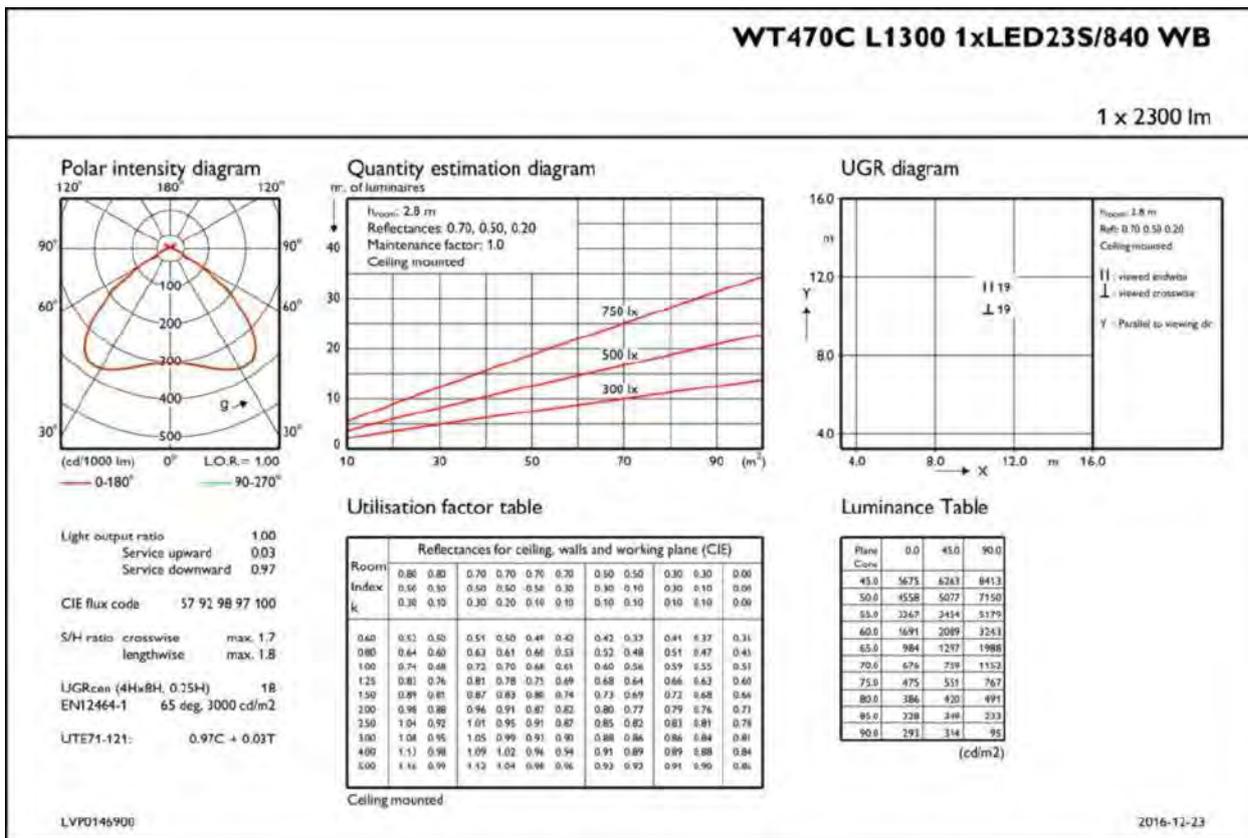
ANEXO A. Tabla fotométrica de luminaria PHILIPS 911401897380



Ficha técnica:

[https://www.lighting.philips.com.ar/api/assets/v1/file/Signify/content/fp911401897380-pss-es\\_ar/911401897380\\_EU.es\\_AR.PROF.FP.pdf](https://www.lighting.philips.com.ar/api/assets/v1/file/Signify/content/fp911401897380-pss-es_ar/911401897380_EU.es_AR.PROF.FP.pdf)

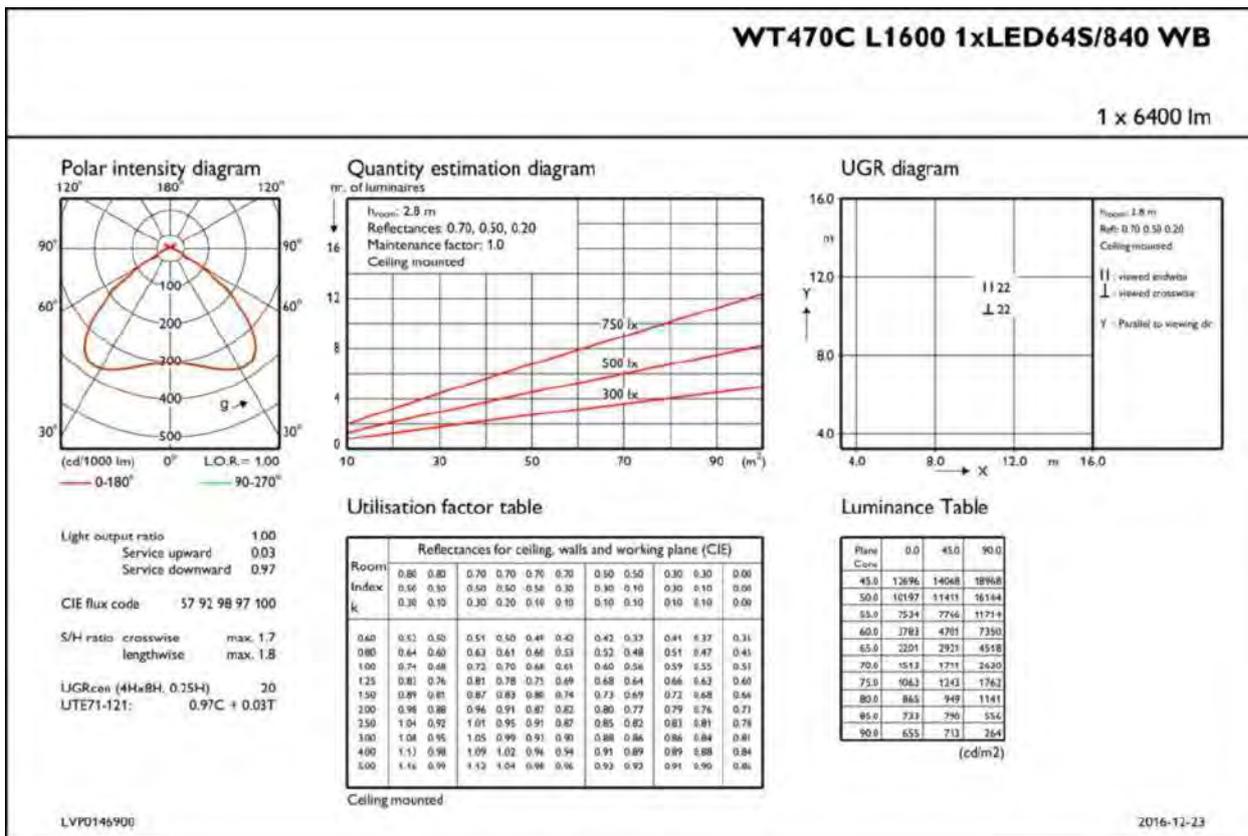
ANEXO B. Tabla fotométrica de luminaria PHILIPS 910925863791



Ficha técnica:

[https://www.lighting.philips.com.pe/api/assets/v1/file/Signify/content/fp910925863791-pss-es\\_cl/910925863791\\_EU.es\\_CL.PROF.FP.pdf](https://www.lighting.philips.com.pe/api/assets/v1/file/Signify/content/fp910925863791-pss-es_cl/910925863791_EU.es_CL.PROF.FP.pdf)

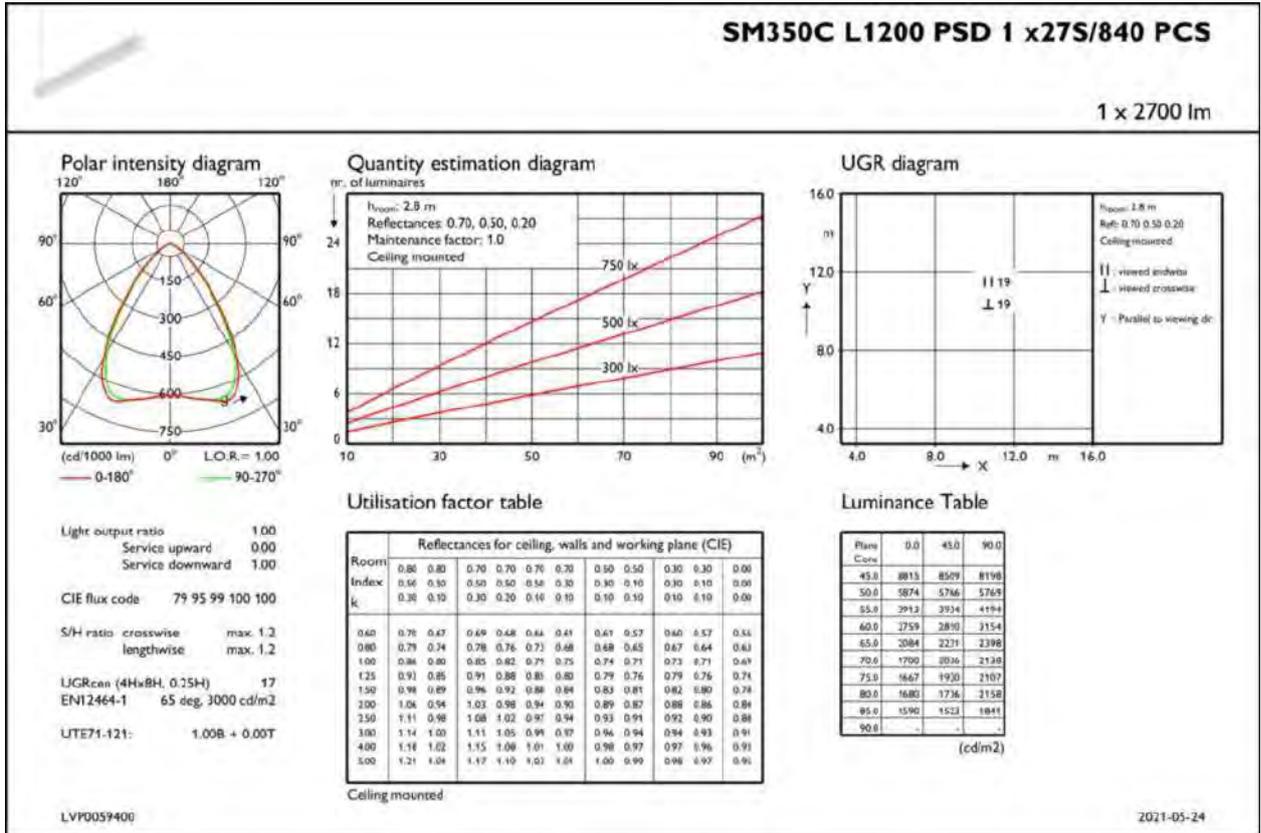
ANEXO C. Tabla fotométrica de luminaria PHILIPS 910925863832


LVPD146900
2016-12-23

Ficha técnica:

[https://www.lighting.philips.cl/api/assets/v1/file/PhilipsLighting/content/fp910925863832-pss-es\\_cl/910925863832\\_EU.es\\_CL.PROF.FP.pdf](https://www.lighting.philips.cl/api/assets/v1/file/PhilipsLighting/content/fp910925863832-pss-es_cl/910925863832_EU.es_CL.PROF.FP.pdf)

ANEXO D. Tabla fotométrica de luminaria PHILIPS 910925868356



Ficha técnica:

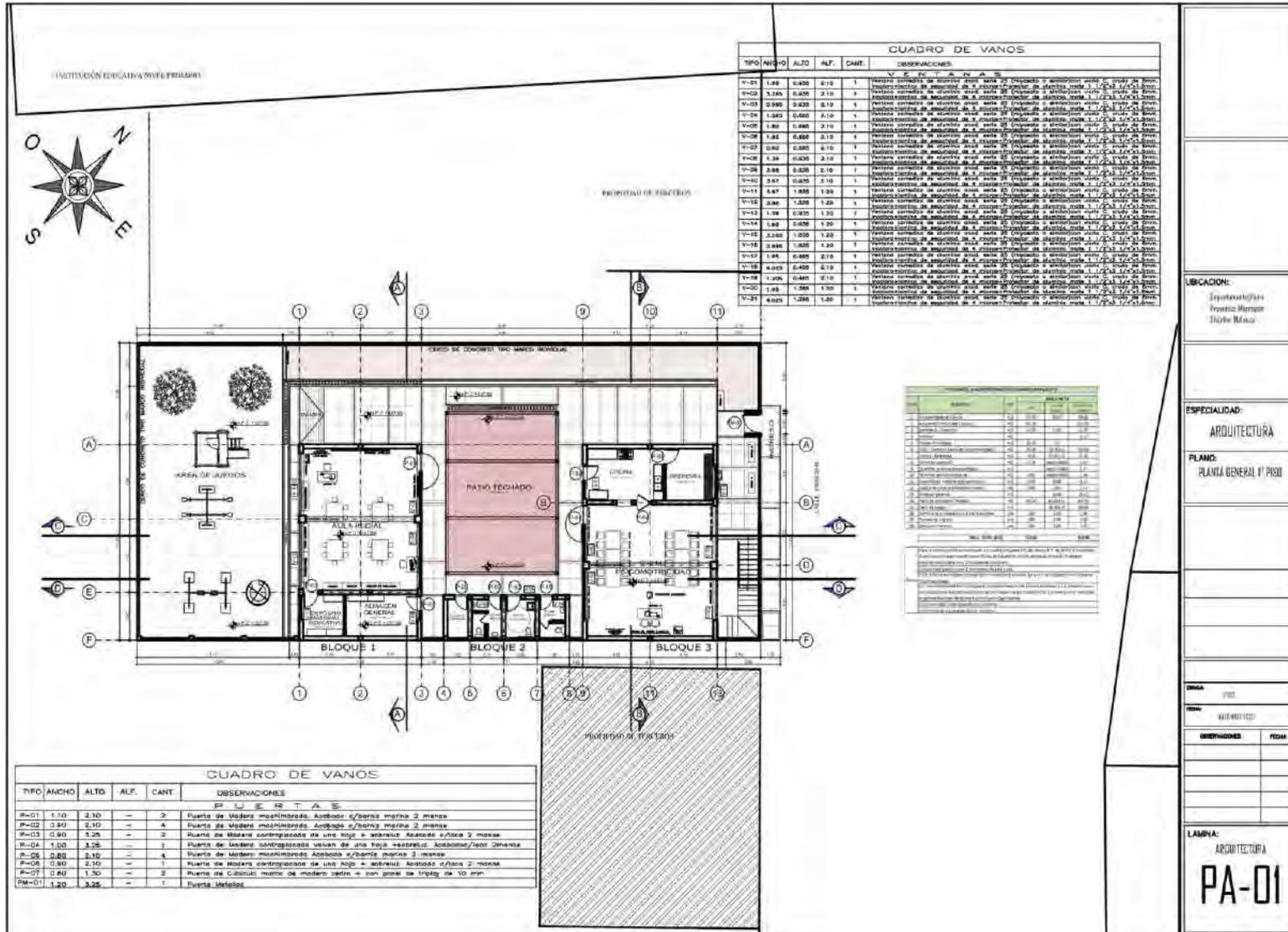
[https://www.lighting.philips.es/api/assets/v1/file/Signify/content/fp910925868356-pss-es\\_es/910925868356\\_EU.es\\_ES.PROF.FP.pdf](https://www.lighting.philips.es/api/assets/v1/file/Signify/content/fp910925868356-pss-es_es/910925868356_EU.es_ES.PROF.FP.pdf)

**Planos**

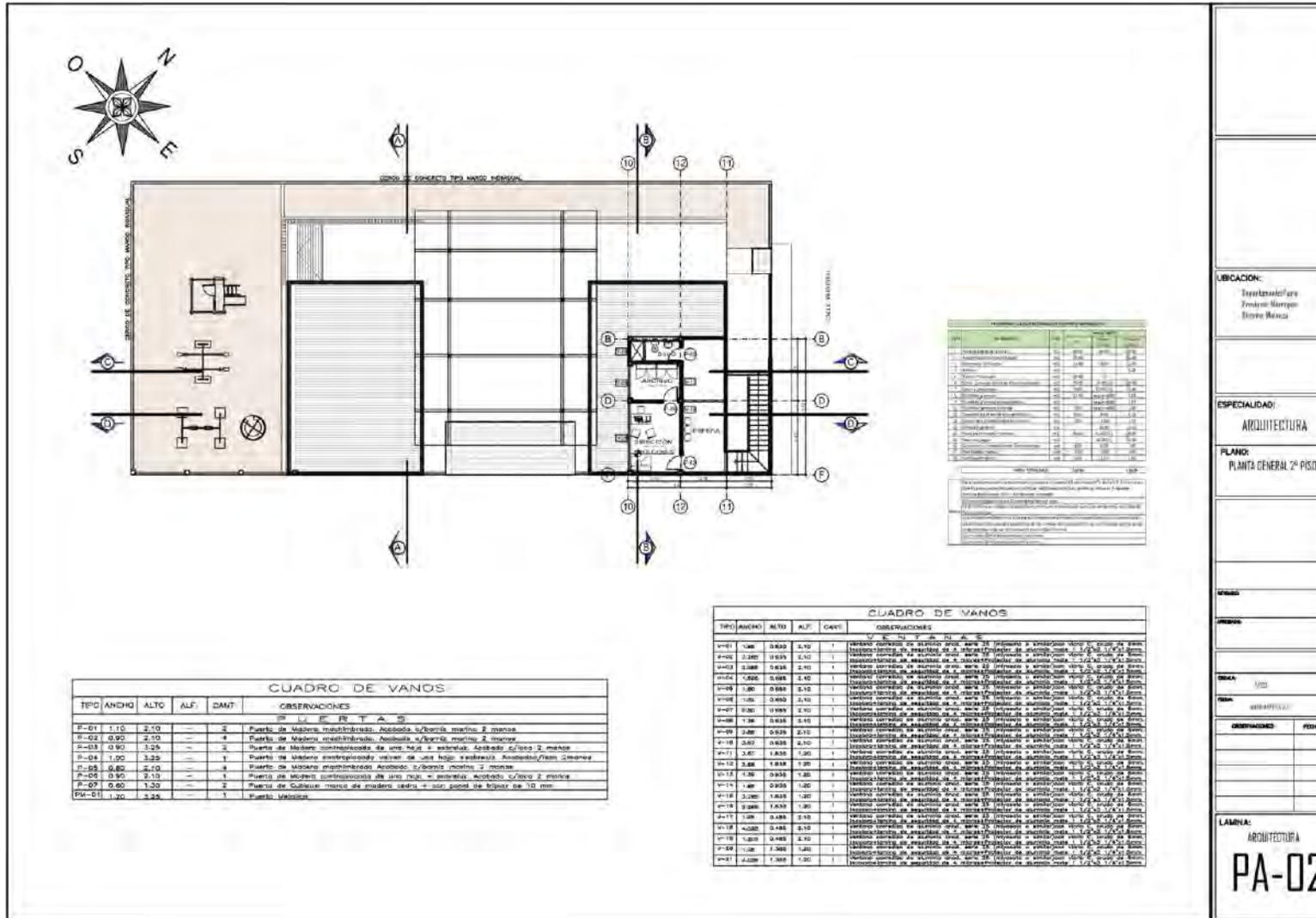




# PLANO 1. Plano primer piso – Institución educativa



PLANO 2. Plano segundo piso – Institución educativa



CUADRO DE VANOS					
TIPO	ANCHO	ALTO	ALF.	DAMT	OBSERVACIONES
P-01	1.10	2.10	—	2	Puerta de Madera macilimbrada Acabado s/bornis marino 2 montes
P-02	0.90	2.10	—	4	Puerta de Madera macilimbrada Acabado s/bornis marino 2 montes
P-03	0.90	3.25	—	2	Puerta de Madera macilimbrada de una hoja a exterior Acabado s/bornis 2 montes
P-04	1.00	3.25	—	1	Puerta de Madera macilimbrada de una hoja a exterior Acabado s/bornis 2 montes
P-05	0.80	2.10	—	4	Puerta de Madera macilimbrada Acabado s/bornis marino 2 montes
P-06	0.90	2.10	—	1	Puerta de Madera macilimbrada de una hoja a exterior Acabado s/bornis 2 montes
P-07	0.90	1.30	—	2	Puerta de Callesera macis de madera clara a cor. con un tirador de 10 mm
PV-01	1.20	3.25	—	1	Puerta Ventana

CUADRO DE VENTANAS					
TIPO	ANCHO	ALTO	ALF.	GRAB.	OBSERVACIONES
V-01	1.40	0.80	2.10	1	Ventana horizontal de aluminio con el aluminio a exterior con 2 montes de 20 mm
V-02	2.00	0.80	2.10	1	Ventana horizontal de aluminio con el aluminio a exterior con 2 montes de 20 mm
V-03	1.80	0.80	2.10	1	Ventana horizontal de aluminio con el aluminio a exterior con 2 montes de 20 mm
V-04	1.80	0.80	2.10	1	Ventana horizontal de aluminio con el aluminio a exterior con 2 montes de 20 mm
V-05	1.80	0.80	2.10	1	Ventana horizontal de aluminio con el aluminio a exterior con 2 montes de 20 mm
V-06	1.80	0.80	2.10	1	Ventana horizontal de aluminio con el aluminio a exterior con 2 montes de 20 mm
V-07	0.80	0.80	2.10	1	Ventana horizontal de aluminio con el aluminio a exterior con 2 montes de 20 mm
V-08	1.30	0.80	2.10	1	Ventana horizontal de aluminio con el aluminio a exterior con 2 montes de 20 mm
V-09	2.00	0.80	2.10	1	Ventana horizontal de aluminio con el aluminio a exterior con 2 montes de 20 mm
V-10	2.00	0.80	2.10	1	Ventana horizontal de aluminio con el aluminio a exterior con 2 montes de 20 mm
V-11	2.00	0.80	2.10	1	Ventana horizontal de aluminio con el aluminio a exterior con 2 montes de 20 mm
V-12	2.00	0.80	2.10	1	Ventana horizontal de aluminio con el aluminio a exterior con 2 montes de 20 mm
V-13	1.30	0.80	2.10	1	Ventana horizontal de aluminio con el aluminio a exterior con 2 montes de 20 mm
V-14	1.80	0.80	2.10	1	Ventana horizontal de aluminio con el aluminio a exterior con 2 montes de 20 mm
V-15	3.00	1.80	2.10	1	Ventana horizontal de aluminio con el aluminio a exterior con 2 montes de 20 mm
V-16	2.00	0.80	2.10	1	Ventana horizontal de aluminio con el aluminio a exterior con 2 montes de 20 mm
V-17	1.80	0.80	2.10	1	Ventana horizontal de aluminio con el aluminio a exterior con 2 montes de 20 mm
V-18	1.80	0.80	2.10	1	Ventana horizontal de aluminio con el aluminio a exterior con 2 montes de 20 mm
V-19	1.80	0.80	2.10	1	Ventana horizontal de aluminio con el aluminio a exterior con 2 montes de 20 mm
V-20	1.80	0.80	2.10	1	Ventana horizontal de aluminio con el aluminio a exterior con 2 montes de 20 mm
V-21	1.80	0.80	2.10	1	Ventana horizontal de aluminio con el aluminio a exterior con 2 montes de 20 mm

UBICACION:  
Institución Educativa  
Zona Urbana

ESPECIALIDAD:  
ARQUITECTURA

PLANO:  
PLANTA GENERAL 2º PISO

FECHA:

PROYECTO:

ESCALA:

PROYECTISTA:

PROYECTISTA:

PROYECTISTA:

LAMINA:

ARCHITECTURA

PA-02

