

Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

Cálculo y diseño de propuesta para mejora de la instalación de alumbrado exterior de la Escuela Naval Militar

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Luis Nebot Pitarch

DIRECTOR: Xavier Núñez Nieto

CURSO ACADÉMICO: 2014-2015

Universidade Vigo



Centro Universitario de la Defensa
en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

Cálculo y diseño de propuesta para mejora de la instalación de alumbrado exterior de la Escuela Naval Militar

Grado en Ingeniería Mecánica

Intensificación en Tecnología Naval

Cuerpo General

Universidad de Vigo

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objeto el cálculo y diseño de una propuesta para mejorar la instalación de alumbrado exterior de la Escuela Naval Militar. Así, con la ayuda de software industrial de diseño asistido por ordenador, se ha elaborado la reconstrucción arquitectónica en tres dimensiones del área a estudiar. Se han determinado las condiciones lumínicas de la actual instalación de alumbrado público de la Escuela, mediante un estudio de campo basado en la técnica de los nueve puntos. De este modo se han detectado carencias manifiestas en las condiciones de la instalación, que no cumple la normativa vigente al respecto. Paralelamente, se ha llevado a cabo una simulación informática de las diversas posibilidades de mejora de la actual instalación, mediante un software específico para cálculo de instalaciones industriales de alumbrado. A la vista de los resultados y mediante el estudio de eficiencia pertinente, se ha elaborado una propuesta de mejora para el alumbrado exterior de la Escuela Naval Militar. La nueva propuesta además de cumplir la normativa, no sólo mejora la instalación actual en condiciones de utilización, seguridad y amabilidad medioambiental, sino que, mediante el estudio de amortización realizado a la postre, se postula como económicamente mucho más ventajosa.

PALABRAS CLAVE

Diseño 3D, simulación de alumbrado, LED, eficiencia energética, amortización económica.

AGRADECIMIENTOS

A Xavier Núñez, director de este trabajo, por su paciencia y consejos durante estos últimos meses.

A mi familia, por estar siempre ahí y por apoyarme siempre en todo lo que hago.

A Sara, por apoyarme siempre y aguantarme cuando no sale nada.

Al personal de la Escuela Naval Militar, por estar siempre dispuestos a facilitar la información que sea precisa, en concreto al CC. Carrascosa y al Sgto. 1º Romeu.

CONTENIDO

Contenido i

Índice de Figuras v

Índice de Tablas ix

1 Introducción 1

1.1 Antecedentes 1

1.2 Objetivos 1

1.3 Ubicación 2

1.4 Estructura 2

1.5 Marco legal 3

1.6 Equipos y software 3

1.6.1 Equipos 3

1.6.2 Software 4

2 Estado del arte 5

2.1 Introducción 5

2.2 Conceptos previos 5

2.3 Lámparas 7

2.3.1 Introducción 7

2.3.2 Lámparas de descarga de gas 7

2.3.3 Lámparas LED 10

2.4 Elementos auxiliares 11

2.4.1 Balastos 11

2.4.2 Arrancadores 11

2.4.3 Equipos auxiliares para LED. 11

2.5 Luminarias 12

2.5.1 Componentes básicos 12

2.5.2 Clasificación de luminarias 12

2.6 Alumbrado Público 14

2.6.1 Introducción 14

2.6.2 Alumbrado funcional 14

2.6.3 Alumbrado ambiental 14

2.6.4 Disposición de luminarias en alumbrado público 15

2.7 Software utilizado 16

2.7.1 AutoCAD 2015 16

2.7.2 DIALux 4.12 16
2.7.3 Cálculo de eficiencia energética MAYJA 17
3 Desarrollo 18
3.1 Descripción general 18
3.2 Diseño CAD 18
3.2.1 Descripción 18
3.2.2 Emplazamiento de edificios 18
3.2.3 Creación de edificios y objetos 19
3.2.4 Exportación 23
3.2.5 Equipos utilizados 24
3.3 Estudio de Campo. Definición de zonas. 26
3.3.1 Introducción 26
3.3.2 Descripción de la instalación actual 26
3.3.3 Definición y clasificación de zonas de trabajo 27
3.3.4 Resumen de zonas 32
3.3.5 Clasificación respecto al resplandor luminoso nocturno 32
3.4 Estudio de campo. Mediciones. 33
3.4.1 Descripción 33
3.4.2 Método simplificado de medida de la iluminancia media. 33
3.4.3 Procedimiento 35
3.4.4 Equipo utilizado. 37
3.5 Cálculo experimental. 38
3.5.1 Descripción 38
3.5.2 Cálculo de valores básicos 39
3.5.3 Cálculo de variables de eficiencia 39
3.5.4 Calificación energética de la instalación. 40
3.6 Simulación 42
3.6.1 Introducción 42
3.6.2 Creación de la escena 42
3.6.3 Cálculo. 47
3.6.4 Elección de luminarias 49
3.6.5 Luminarias elegidas para la primera iteración 50
3.6.6 Luminaria para la segunda iteración 56
3.6.7 Emplazamiento propuesto segunda iteración 57
3.6.8 Niveles de deslumbramiento 58

3.7 Renderizado 3D....58
3.7.1 Introducción....58
3.7.2 Rendering 3D....58
3.7.3 POV-Ray....59
3.8 Paseo Virtual....59
3.9 Estudio de amortización....60
3.9.1 Factores a tener en cuenta....60
3.9.2 Hoja de cálculo....61
4 Resultados....62
4.1 Comentarios generales....62
4.2 Diseño CAD....62
4.2.1 Planos 2D....62
4.2.2 Planos 3D....62
4.3 Renderizado 3D....79
4.3.1 DIALux....79
4.3.2 POV-Ray....80
4.4 Paseo virtual....82
4.5 Instalación actual....83
4.5.1 Zona 1. Muelle GM Chereguini....83
4.5.2 Zona 2. Parte norte de la explanada....83
4.5.3 Zona 3. Fachada del CUD....83
4.5.4 Zona 4. Plaza D. Juan de Austria....84
4.5.5 Zona 5. Fachada Torre del Reloj....84
4.5.6 Zona 6. Patio de aulas....84
4.5.7 Zona 7. Barrio industrial....84
4.5.8 Resumen....85
4.6 Simulación....85
4.6.1 Distribución actual....85
4.6.2 Distribución óptima....99
4.7 Estudio de eficiencia energética....104
4.7.1 Introducción....104
4.7.2 Eficiencia energética de la instalación actual....104
4.7.3 Eficiencia energética de la primera iteración....105
4.7.4 Eficiencia energética de la distribución óptima....107
4.7.5 Etiquetado energético....107

4.7.6 Análisis de resultados de eficiencia 108
4.8 Estudio de amortización 109
5 Conclusiones y Líneas futuras 111
5.1 Conclusiones 111
5.1.1 Conclusiones previas 111
5.1.2 Conclusión final 113
5.2 Líneas futuras 113
5.2.1 Corto plazo 113
5.2.2 Largo plazo 114
6 Bibliografía 115
Anexo I: Etiquetas de calificación energética 117
Anexo II: Documentación generada por DIALux para la simulación con distribución actual 131
Anexo II: Documentación generada por DIALux para simulación con distribución óptima 201
Anexo IV: Documentación de los fabricantes 225

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Plaza D. Juan de Austria en 1943. Se aprecian las luminarias actuales [1]. 1
Figura 1-2. Ubicación de la Escuela Naval Militar. 2
Figura 2-1. Curva isoiluminancia obtenida con el programa DIALux. 6
Figura 2-2. Curva de distribución luminosa. 7
Figura 2-3. Lámpara de vapor de sodio de baja presión. [4] 8
Figura 2-4. Lámpara de halogenuros metálicos. [4] 8
Figura 2-5. Lámparas de Sodio de alta presión. [4] 9
Figura 2-6. Lámpara de mercurio de alta presión. [4] 9
Figura 2-7. Lámpara de mezcla. 10
Figura 2-8. Lámpara LED [4] 10
Figura 2-9. Clasificación de luminarias en interior [3] 13
Figura 2-10. Alcance y apertura de una luminaria [3]. 14
Figura 2-11 Disposición Unilateral 15
Figura 2-12 Disposición Central 15
Figura 2-13 Disposición en Tresbolillo 15
Figura 2-14 Disposición Bilateral 16
Figura 2-15. AutoCAD 2015. 16
Figura 2-16. DIALux 4.12. 17
Figura 2-17. Aplicación para Cálculo de eficacia energética MAYJA S.L. 17
Figura 3-1. Visor de ortofotos SigPac mostrando parte de la Escuela Naval Militar. 19
Figura 3-2. Escalado de una ortofoto. 19
Figura 3-3. Extrusión del bloque principal. 20
Figura 3-4. Diferencia para crear hueco para una puerta. 20
Figura 3-5. Creando un marco por diferencia de objetos. 21
Figura 3-6. Colocando una puerta en el hueco creado para ella. 21
Figura 3-7. Extrusión del tejado del edificio del CUD. 22
Figura 3-8. Matriz para la balaustrada de la Escalera Monumental. 22
Figura 3-9. Capas utilizadas durante la fase de diseño. 23
Figura 3-10. Menú exportar. 23
Figura 3-11. Guardando como archivo tipo ACIS (.sat). 24
Figura 3-12. BOSCH GLM 100C Professional. 24
Figura 3-13. Luminaria actual. 26

Figura 3-14. Clasificación de las Vías [10]. 27
Figura 3-15. Clases de Alumbrado para vías tipo E [10]. 28
Figura 3-16. Niveles de iluminación para zonas D y E [10]. 28
Figura 3-17. Clases de alumbrado para vías tipo C y D [10]. 29
Figura 3-18. Clases de alumbrado para vías tipo C y D [10]. 30
Figura 3-19. Niveles de iluminación para vías tipo D [10]. 30
Figura 3-20. Clasificación de zonas según contaminación luminosa [9]. 33
Figura 3-21. Valores límite del flujo hemisférico superior instalado [9]. 33
Figura 3-22. Diagrama de puntos de medida. 34
Figura 3-23. Construcción de la retícula de medida en Zona 1. 35
Figura 3-24. Medición de luminancia en punto 1, zona 1. 36
Figura 3-25. Tabla de toma de datos. 36
Figura 3-26. Luxómetro PCE-174. 37
Figura 3-27. Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial ambiental [13]. 40
Figura 3-28. Hoja de cálculo de datos de eficiencia. 40
Figura 3-29. Valores de eficiencia energética de referencia [13]. 41
Figura 3-30. Calificación energética de una instalación de alumbrado [13]. 42
Figura 3-31. Opciones de importación. 43
Figura 3-32. Menú importar objeto. 43
Figura 3-33. Objeto importado e insertado en la escena. 44
Figura 3-34. Asignación de material a la fachada del CUD. 44
Figura 3-35. Textura asignada a la fachada del CUD. 45
Figura 3-36. Selección del catálogo de Disano Iluminazione. 45
Figura 3-37. Selección de tipo de subfamilia de la luminaria buscada. 46
Figura 3-38. Luminaria seleccionada y botón "Añadir al proyecto". 46
Figura 3-39. Botones de selección de disposición. 47
Figura 3-40. Opciones de inserción lineal y botón insertar. 47
Figura 3-41. Inserción de superficie de cálculo. 48
Figura 3-42. Botón "Iniciar Cálculo" 48
Figura 3-43. Menú Iniciar Cálculo. 49
Figura 3-44. Diálogo de cálculo. 49
Figura 3-45. Simulación previa probando una luminaria con varias superficies de cálculo. Se aprecian las luminarias y los bloques negros creados con el programa. 50
Figura 3-46. Luminaria Philips Metronomis Fluid [14]. 51

Figura 3-47. Diagrama de radiación polar luminaria Philips. 52
Figura 3-48. Luminaria Disano 1570 Clima - LED.....53
Figura 3-49. Diagrama de radiación polar luminaria Disano. 54
Figura 3-50. Luminaria Lamp NIU LED.....54
Figura 3-51. Diagrama de radiación polar luminaria Lamp. 55
Figura 3-52. Luminaria Philips Metronomis Fluid.....56
Figura 3-53. Características técnicas luminaria Philips Metronomis BDS670 1xGRN50-2S/740 MDV. 56
Figura 3-54. Diagrama de radiación de la luminaria Philips BDS670 1xGRN50-2S/740 MDV.....57
Figura 3-55. POV-Ray renderizando una escena. 59
Figura 3-56. Menú de edición de vídeo y ruta definida.....60
Figura 4-1. Renderizado de la imagen 3D generada por el programa. 79
Figura 4-2. Renderizado de imagen 3D del programa.....80
Figura 4-3. Renderizado generado por la herramienta POV-Ray.....80
Figura 4-4. Imagen generada con POV-Ray.....81
Figura 4-5. Fotogramas de vídeo obtenido mediante DIALux.....82
Figura 4-6. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 1 con luminaria A.....86
Figura 4-7. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 1 con luminaria B. 86
Figura 4-8. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 1 con luminaria C. 87
Figura 4-9. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 2 con luminaria A.....88
Figura 4-10. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 2 con luminaria B. 88
Figura 4-11. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 2 con luminaria C. 89
Figura 4-12. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 3 con luminaria A.....90
Figura 4-13. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 3 con luminaria B. 90
Figura 4-14. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 3 con luminaria C. 91
Figura 4-15. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 4 con luminaria A.....92
Figura 4-16. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 4 con luminaria B. 92
Figura 4-17. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 4 con luminaria C. 93
Figura 4-18. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 5 con luminaria A.....94
Figura 4-19. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 5 con luminaria B. 94
Figura 4-20. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 5 con luminaria C. 95
Figura 4-21. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 6 con luminaria A.....96
Figura 4-22. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 5 con luminaria B. 96
Figura 4-23. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 6 con luminaria C. 97
Figura 4-24. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 7 con luminaria A.....98

Figura 4-25. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 7 con luminaria B. 98
Figura 4-26. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 7 con luminaria C. 99
Figura 4-27. Curvas isoiluminancia e imagen en colores falsos zona 1. 101
Figura 4-28. Curvas isoiluminancia e imagen en colores falsos zona 2. 101
Figura 4-29. Curvas isoiluminancia e imagen en colores falsos zona 3. 102
Figura 4-30. Curvas isoiluminancia e imagen en colores falsos zona 4. 102
Figura 4-31. Curvas isoiluminancia e imagen en colores falsos zona 5. 103
Figura 4-32. Curvas isoiluminancia e imagen en colores falsos zona 6. 103
Figura 4-33. Curvas isoiluminancia e imagen en colores falsos zona 7. 103
Figura 4-34. Ejemplo de etiqueta de calificación energética. 108
Figura 4-35. Resultados estudio de amortización 109
Figura 4-36. Punto de amortización 110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1. Especificaciones técnicas Bosch GLM 100C Professional. 25
Tabla 3-2. Rolatape RT412D. 25
Tabla 3-3. Especificaciones técnicas Rolatape RT412D. 26
Tabla 3-4. Tipos de lámpara por zona. 27
Tabla 3-5. Resumen de características por zonas de trabajo. 32
Tabla 3-6. Ecuaciones para cálculo de iluminancias. 34
Tabla 3-7. Especificaciones técnicas Luxómetro PCE-174 [12] 38
Tabla 3-8. Características técnicas Philips Metronomis Fluid. 52
Tabla 3-9. Especificaciones técnicas Disano 1570 Clima - LED. 53
Tabla 3-10. Especificaciones técnicas Lamp NIU LED VIAL. 55
Tabla 3-11. Intensidades luminosas máximas. 58
Tabla 4-1. Resultados zona 1. Iluminancias en lux. 83
Tabla 4-2. Requisitos zona 1. 83
Tabla 4-3. Resultados zona 2. Iluminancias en lux. 83
Tabla 4-4. Requisitos zona 2. 83
Tabla 4-5. Resultados zona 3. Iluminancias en lux. 83
Tabla 4-6. Requisitos zona 3. 83
Tabla 4-7. Resultados zona 4. Iluminancias en lux. 84
Tabla 4-8. Requisitos zona 4. 84
Tabla 4-9. Resultados zona 5. Iluminancias en lux. 84
Tabla 4-10. Requisitos zona 5. 84
Tabla 4-11. Resultados zona 6. Iluminancias en lux. 84
Tabla 4-12. Requisitos zona 6. 84
Tabla 4-13. Resultados zona 7. Iluminancias en lux. 84
Tabla 4-14. Requisitos zona 7. 85
Tabla 4-15. Resultados de medidas. 85
Tabla 4-16. Resultados simulación Zona 1. 85
Tabla 4-17. Requisitos zona 1. 86
Tabla 4-18. Resultados simulación Zona 2. 87
Tabla 4-19. Requisitos zona 2. 87
Tabla 4-20. Resultados simulación Zona 3. 89
Tabla 4-21. Requisitos zona 3. 89

Tabla 4-22. Resultados simulación Zona 4. 91
Tabla 4-23. Requisitos Zona 4.....91
Tabla 4-24. Resultados simulación Zona 5. 93
Tabla 4-25. Requisitos Zona 5.....93
Tabla 4-26. Resultados simulación Zona 6. 95
Tabla 4-27. Requisitos Zona 6.....95
Tabla 4-28. Resultados simulación Zona 7. 97
Tabla 4-29. Requisitos Zona 7.....97
Tabla 4-30. Resultados con la distribución propuesta.....100
Tabla 4-31. Requisitos de la instalación.....100
Tabla 4-32. Resultados eficiencia energética instalación actual. 104
Tabla 4-33. Calificación energética actual. 104
Tabla 4-34. Eficiencia luminaria Philips.....105
Tabla 4-35. Calificación energética luminaria Philips. 105
Tabla 4-36. Eficiencia luminaria Disano.....105
Tabla 4-37. Calificación energética luminaria Disano.....106
Tabla 4-38. Eficiencia de la luminaria Lamp. 106
Tabla 4-39. Calificación energética de la luminaria Lamp. 106
Tabla 4-40. Eficiencia con la distribución óptima de luminarias.....107
Tabla 4-41. Calificación energética de la instalación distribuida óptimamente.....107

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Las luminarias destinadas al alumbrado público existentes hoy en día en la Escuela Naval Militar datan de mediados del siglo pasado. Ante el actual escenario de crisis económica, demanda de recursos energéticos y necesidad de ahorro en la Escuela Naval Militar se hace necesario revisar estas luminarias, y proponer una mejora para disminuir el gasto e incrementar la eficiencia energética de la instalación.



Figura 1-1. Plaza D. Juan de Austria en 1943. Se aprecian las luminarias actuales [1].

Las luminarias actuales están fabricadas por un material de alta opacidad y difusión, por lo que se desperdicia gran parte del flujo lumínico producido por la lámpara, ya de por sí ineficiente. Además, no tienen en cuenta la normativa actual respecto a contaminación lumínica y eficiencia energética, la cual impone medidas restrictivas al respecto.

1.2 Objetivos

El presente trabajo tiene por objeto llevar a cabo un estudio de eficiencia energética del alumbrado exterior de la Escuela Naval Militar y, en base a la legislación vigente y proponer una mejora de la instalación de alumbrado exterior de la ENM. Se atenderá a conceptos clave como iluminancia o

consumo energético. Para ello se realizarán mediciones in situ, utilizando el equipo de medición adecuado.

También es objeto de éste trabajo el llevar a cabo una simulación informática de la solución adoptada mediante la aplicación de software específico de iluminación, comparando los resultados obtenidos mediante simulación con los medidos.

1.3 Ubicación

El desarrollo y mediciones correspondientes al trabajo se centrarán en la Escuela Naval Militar, en concreto en el alumbrado perteneciente a la Plaza D. Juan de Austria, Plaza D. Álvaro de Bazán, Avenida de Pinzón, Avenida CC Aguilar Tablada y Plaza Blas de Lezo.

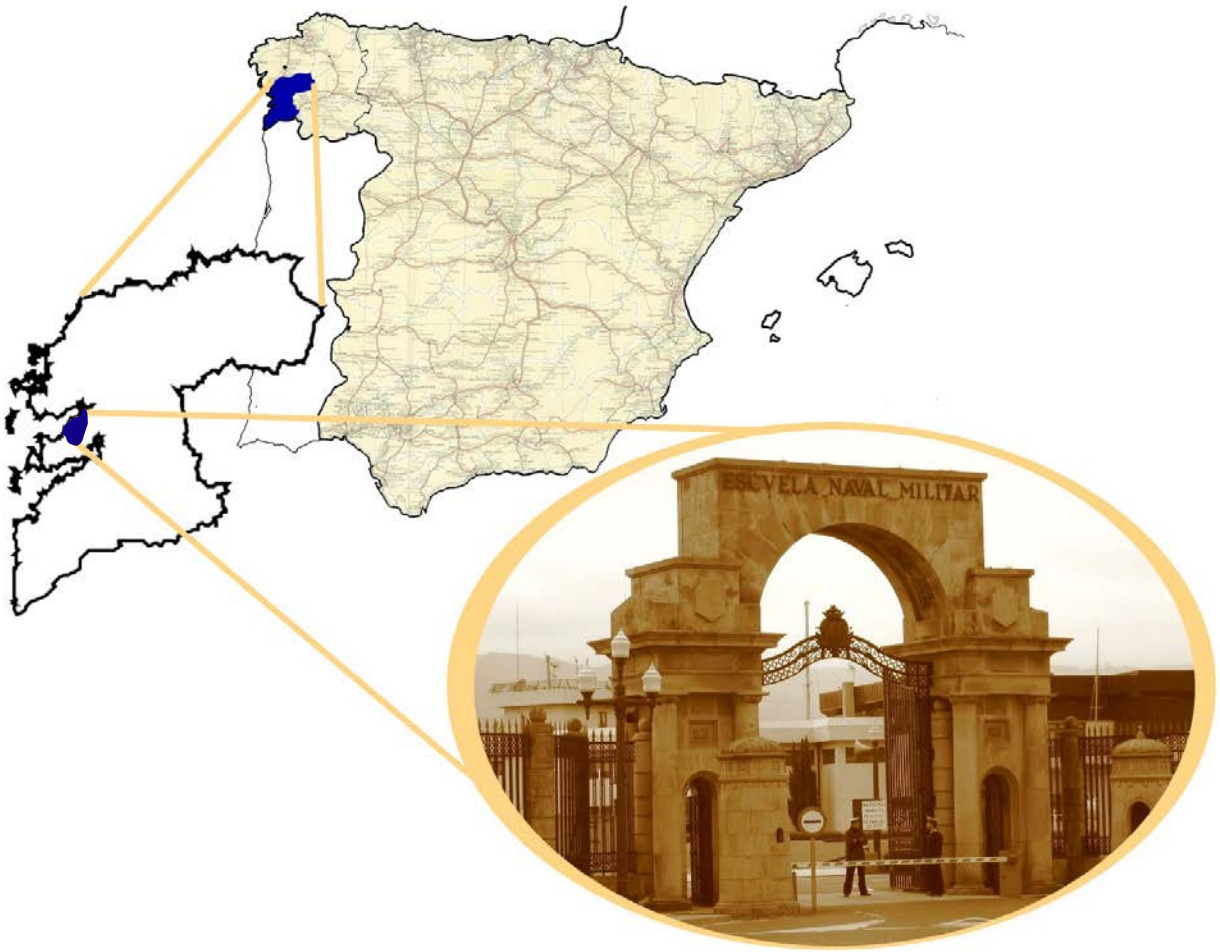


Figura 1-2. Ubicación de la Escuela Naval Militar.

La Escuela Naval Militar se encuentra situada en Marín, provincia de Pontevedra, en situación 42º 02.3’ N y 008º 42.3’ W.

1.4 Estructura

El presente trabajo consta de tres partes principales, el diseño de una zona representativa en cuanto a alumbrado de la Escuela Naval Militar, la medición de iluminación y cálculo de eficiencia energética de la instalación actual y la simulación de una mejora en la iluminación existente. De estas tres partes se concluirá una propuesta de mejora de dicha instalación.

Estas tres partes principales se han desarrollado a lo largo del presente trabajo en cuatro apartados principales:

- Estado del arte: Consistente en una introducción teórica de todo lo referente al alumbrado público, así como conceptos básicos de iluminación.
- Desarrollo: Explicación detallada de los métodos y cálculos a efectuar.
- Resultados: Exposición de los resultados obtenidos durante el desarrollo.
- Conclusiones: Resumen y conocimiento extraído del desarrollo y resultados del trabajo, incluyendo una parte de propuestas de mejora.

1.5 Marco legal

Para el desarrollo y redacción de este trabajo se han tenido en cuenta las siguientes normas y legislaciones.

Real Decreto 1890_2008, de 14 de noviembre, el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.

Instrucción técnica complementaria EA-01 Eficiencia energética.

Instrucción técnica complementaria EA-02 Niveles de iluminación.

Instrucción técnica complementaria EA-03 Resplandor luminoso nocturno y luz intrusa o molesta.

Instrucción técnica complementaria EA-04 Componentes de las instalaciones.

Instrucción técnica complementaria EA-05 Documentación técnica, verificaciones e inspecciones.

Instrucción técnica complementaria EA-06 Mantenimiento de la eficiencia energética de las instalaciones.

Instrucción técnica complementaria EA-07 Mediciones luminotécnicas en las instalaciones de alumbrado.

Real Decreto 842/2002, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para instalaciones de baja tensión.

Directiva 107/1997, de 2 de junio, del Ministerio de Defensa sobre protección del Medio Ambiente en el ámbito del departamento.

Instrucción 8/2009, de 9 de marzo, del Secretario de Estado de Defensa, por la que se aprueba el Programa Permanente de Eficiencia y Economía de Gasto del Ministerio de Defensa.

Instrucción 56/2011, de 3 de agosto, del Secretario de Estado de Defensa sobre sostenibilidad y eficiencia energética en el ámbito del Ministerio de Defensa.

Resolución de 14 de enero de 2010, de la Secretaría de Estado de Energía, por la que se publica el Acuerdo de Consejo de Ministros del 11 de diciembre de 2009, por el que se aprueba el plan de activación de la eficiencia energética en los edificios de la Administración General del Estado.

Ley 28/2014, de 27 de noviembre, por la que se modifican (…), la ley 38/1992, de 28 de diciembre, de Impuestos Especiales, y la Ley 16/2013, de 29 de octubre, por la que se establecen determinadas medidas en materia de fiscalidad medioambiental y se adoptan otras medias tributarias y financieras.

1.6 Equipos y software

1.6.1 Equipos

Durante el desarrollo de este trabajo se han utilizado los equipos que se exponen a continuación, y que se detallarán en el apartado correspondiente en el que se haya empleado:

- Luxómetro PCE-174.
- Medidor láser BOSCH GLM 100C Professional.
- Odómetro Rolatape RT412D.
- Cinta métrica de 50 metros.

1.6.2 Software

Se ha utilizado el siguiente software en la confección del presente trabajo, detallándose su uso y características en el apartado correspondiente:

- AutoCAD 2015. Software profesional para dibujo y diseño técnico asistido por ordenador.
- DIALux. Software profesional para diseño y simulación de iluminación.
- Aplicación para Cálculo de eficacia energética MAYJA S.L.

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 Introducción

A lo largo del presente apartado se van a definir y explicar algunos conceptos clave básicos para la realización de este trabajo. Se comenzará definiendo una serie de conceptos previos, para después clasificar y definir las fuentes de luz y sus accesorios. Finalmente se hablará de la disposición típica de las fuentes de luz.

2.2 Conceptos previos

En este subapartado se van a definir varios conceptos clave relacionados con la iluminación y las instalaciones de alumbrado. Las fuentes principales de las que se ha obtenido información de este subapartado son [2] y [3].

Se define la luz como la radiación electromagnética que es capaz de excitar el sistema visual humano, La longitud de onda de esa radiación varía entre 380 nm (violeta) y 780 nm (rojo), estos dos límites determinan el espectro visible, también llamado ventana óptica. Gracias a la luz que se refleja en los objetos somos capaces de percibir nuestro alrededor. Para facilitar su medición se definen varias magnitudes.

Color: Es una cualidad que posee un objeto o superficie que es resultado de la luz que refleja, transmite o emite, y que causa una sensación visual en función de la longitud de onda de la radiación electromagnética. En función de las frecuencias en las que emita luz una lámpara el color variará, pudiendo clasificarlos en fríos y cálidos. Una fuente de luz que solo emita en una frecuencia emitirá una luz monocromática.

Deslumbramiento: Fenómeno fisiológico que reduce la capacidad visual debido a que el ojo no puede adaptarse a un exceso de luminancia. Se puede producir de forma directa o indirecta, dependiendo de si la fuente se encuentra dentro del campo visual, deslumbrando directamente, o bien se encuentra fuera del campo visual, de forma que el ojo recibe la luz reflejada.

Flujo luminoso: Potencia emitida en forma de radiación luminosa que es capaz de percibir el ojo humano. No se puede utilizar el vatio (W) para cuantificar esta magnitud, ya que el ojo humano percibe las radiaciones de diferente forma. Es por ello que se utiliza el lumen (lm).

El lumen se define como el flujo luminoso emitido en un estereorradián por una fuente puntual uniforme con una intensidad luminosa de 1 cd. El lumen también se puede definir como el flujo luminoso de un haz de radiación monocromática con una frecuencia de 540×10^{12} Hz y cuyo flujo radiante es de 1/683W.

Intensidad luminosa: Flujo luminoso que sale de una fuente de luz por unidad de ángulo sólido. Se representa con I, y se mide en lúmenes por estereorradián (lm/sr). Un lumen por estereorradián es equivalente a una candela (cd) lm/sr=cd.

Iluminancia: Es el flujo luminoso recibido por una superficie. Se representa como E, y su unidad es el lux, que es equivalente a un lm/m^2.

Iluminancia media (E_m): iluminancia media sobre una superficie dada.

Luminancia: Es la magnitud que mide la intensidad luminosa emitida por un objeto iluminado o una fuente de luz. Su símbolo es L y sus unidades son cd/m^2. Lo que percibe el ojo humano es luminancia, no iluminancia.

Eficiencia luminosa: también denominada rendimiento luminoso, indica el rendimiento energético de una fuente de luz, y mide la calidad de dicha fuente como instrumento destinado a producir luz. Se define como el cociente entre el flujo luminoso y la potencia consumida por el elemento para generar ese flujo luminoso. Se mide en lúmenes por vatio (lm/W).

Índice de salida de luz: normalmente representado como L.O.R. (del inglés Light Output Rate) es un coeficiente que indica el rendimiento de la luminaria. Se calcula como el flujo luminoso que proporciona la luminaria divido entre el que proporciona la lámpara.

Curva isoiluminancia: Lugar geométrico formado por la unión de puntos con el mismo valor de iluminancia (lux). En una superficie iluminada por una o varias luminarias, las curvas isoiluminancia marcan las diferentes zonas en función del flujo luminoso recibido. Son de gran utilidad debido a que proporcionan la luz en cada punto de la superficie de trabajo, y muy utilizadas en el alumbrado público.

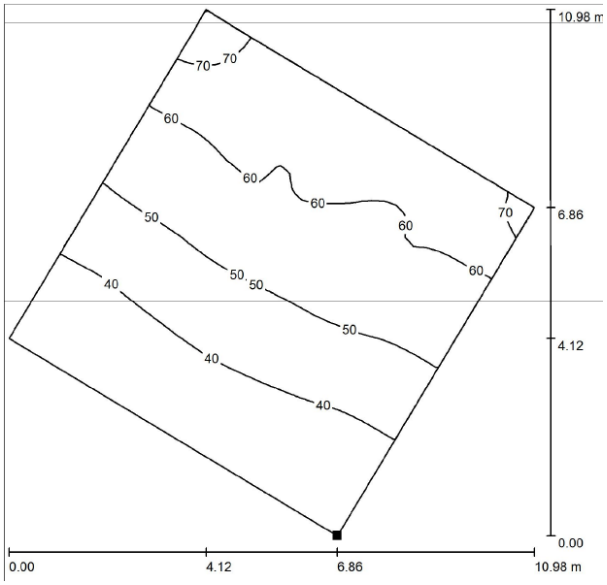


Figura 2-1. Curva isoiluminancia obtenida con el programa DIALux.

Curva de distribución luminosa: También denominada curva fotométrica, la curva de distribución luminosa es un diagrama polar donde se representa la intensidad luminosa que emite una lámpara o una luminaria. Esta curva se consigue tomando mediciones de intensidad luminosa desde distintos ángulos y es característica de cada luminaria. Marca cómo se va a distribuir la luz emitida, por lo que es un factor determinante a la hora de elegir una luminaria. De los valores observados en esta curva se puede obtener el valor de la intensidad emitida por una luminaria, determinada por la Ecuación 2-1.

$$I_{real} = \frac{\emptyset_{luminaria} \times I_{gráfico}}{1000}$$

Ecuación 2-1. Cálculo de intensidad luminosa.

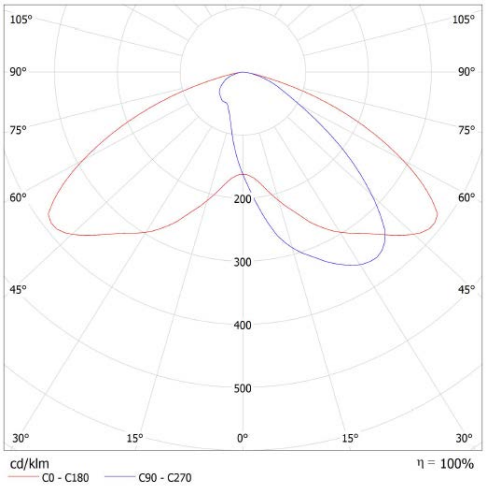


Figura 2-2. Curva de distribución luminosa.

Eficiencia energética de una instalación (Ɛ): Resultado de multiplicar la superficie iluminada por la iluminancia media y dividirlo por la potencia activa instalada.

Contaminación lumínica: Luminosidad en el cielo nocturno, producida por la difusión y reflexión de la luz en los gases y partículas en suspensión de la atmósfera, procedente de las instalaciones de alumbrado exterior, bien por reflexión o por emisión directa.

2.3 Lámparas

2.3.1 Introducción

El Sol es la principal fuente de luz que poseemos, sin embargo no se puede ver desde la Tierra durante las 24 horas del día. Para ver y ser vistos durante los periodos de penumbra, el ser humano ha creado formas artificiales de iluminar. La más utilizada hoy en día es la iluminación mediante energía eléctrica, transformando electricidad en luz mediante lámparas.

Se puede definir lámpara como una fuente de luz artificial que genera luz a partir de electricidad. Los tipos de lámpara más utilizados en el alumbrado público son los de descarga de gas, aunque la aparición de la tecnología led en los últimos años está provocando una transición hacia este tipo de tecnología. En alumbrado público no se suelen utilizar lámparas de incandescencia.

2.3.2 Lámparas de descarga de gas

Son un tipo de lámparas en los que la luz es generada mediante una descarga eléctrica a través de un gas ionizado. Normalmente, este tipo de lámparas utilizan un gas noble o una mezcla de gases nobles a los que se les suman materiales adicionales, tales como el mercurio, el sodio o halogenuros metálicos. Cuando se aplica la descarga eléctrica, el gas se ioniza, y los electrones en los orbitales atómicos son excitados a un estado de energía más alto. Cuando el electrón vuelve a un estado de energía menor emite un fotón de energía característica, lo que resulta en radiación infrarroja o ultravioleta, o en luz visible. Las lámparas fluorescentes convierten radiación UV en luz visible mediante una capa de material fluorescente en la superficie interior de la lámpara.

Este tipo de lámpara se puede clasificar siguiendo dos criterios, según la temperatura del cátodo y según la presión del gas en el interior de la lámpara.

- Según temperatura del cátodo:
  - Lámparas de cátodo caliente: Los electrodos operan a alta temperatura, calentado normalmente durante el funcionamiento por un filamento eléctrico. Este tipo de cátodo emite electrones por emisión termoiónica.
  - Lámparas de cátodo frío: Los electrodos operan a temperatura ambiente. Para iniciar el funcionamiento de la lámpara se precisa de una tensión lo suficientemente alta como para ionizar el gas, por lo que este tipo requieren un voltaje más alto durante el arranque.

- Según presión en el interior de la lámpara
  - Lámparas de descarga de baja presión: La presión en el interior del bulbo es mucho menor a la presión atmosférica. Como ejemplo se puede tomar el de las lámparas fluorescentes comunes, que funcionan a una presión de alrededor de un 0.3% de la presión atmosférica. Se pueden diferenciar varios subtipos:
    - Lámparas fluorescentes: es una lámpara de cátodo caliente de uso muy extendido en la iluminación de espacios interiores.
    - Lámparas de neón: normalmente con cátodo frío, son muy utilizadas en señales luminosas.
    - Lámparas de vapor de sodio de baja presión: es una lámpara que produce luz amarilla casi monocromática. Se caracteriza por ser muy eficiente (200lm/w) y por tener una larga vida. La luz se produce al convertir la radiación ultravioleta de la descarga del sodio en radiación visible mediante un polvo fluorescente. El hecho de ser casi monocromática implica que tenga un bajo rendimiento cromático. Alcanza su valor nominal 15 minutos después de encendida.



Figura 2-3. Lámpara de vapor de sodio de baja presión. [4]

  - Lámparas de descarga de alta presión: La presión dentro del bulbo de este tipo de lámparas varía, pudiendo ser sólo un poco mayor a la atmosférica o mucho mayor que la atmosférica. Se pueden distinguir:
    - Lámparas de halogenuros metálicos. Producen una luz prácticamente blanca, alcanzando 100lm/w. La luz se produce cuando los halogenuros alcanzan su temperatura de trabajo, momento en el que comienzan a irradiar. Su rendimiento cromático es mejor que el de las lámparas de sodio, aunque tienen una vida útil menor, y son más costosas. Se suelen utilizar en iluminación interior de naves industriales, aparcamientos o terrenos deportivos.



Figura 2-4. Lámpara de halogenuros metálicos. [4]

- Lámparas de sodio de alta presión (VSAP): Producen un espectro de luz mejor que el de las de sodio de baja presión, alcanzando hasta 150lm/w. Mejora levemente las características de color de la de baja presión, aunque su rendimiento cromático sigue siendo pobre. Se utilizan para alumbrado público y para cultivo de plantas de interior.



Figura 2-5. Lámparas de Sodio de alta presión. [4]

- Lámparas de mercurio de alta presión: Es el tipo más antiguo, y se ha sustituido paulatinamente por las lámparas de halogenuro metálico y las de sodio. El producto de la descarga es una parte de radiación UV y de luz visible. La radiación UV se convierte en luz visible mediante un polvo fluorescente. Tiene una larga vida útil, aunque es más cara que las lámparas de vapor de sodio. El rendimiento cromático puede llegar a ser muy bueno.



Figura 2-6. Lámpara de mercurio de alta presión. [4]

- Lámparas de mezcla: Este tipo de lámparas combina vapor de sodio con halogenuros metálicos. Mejoran el rendimiento cromático de las lámparas de vapor de sodio, aunque no son las más eficientes.



Figura 2-7. Lámpara de mezcla.

2.3.3 Lámparas LED

Las siglas LED significan Light Emitting Diode, cuya traducción al español significa diodo emisor de luz. Este tipo de lámpara, creado a principios de los años sesenta, no posee filamentos ni partes frágiles, siendo mucho más robusto y resistente que las lámparas de descarga. La eficiencia de este tipo de iluminación es mucho mayor que la de cualquier otro tipo de lámpara conocido, y sus procesos de fabricación son mucho más baratos que los de las lámparas tradicionales.



Figura 2-8. Lámpara LED [4]

El diodo led es un tipo especial de diodo que trabaja como un diodo común pero que al ser atravesado por energía eléctrica produce luz monocromática. El color en el que emite el LED depende del material con que ha sido fabricado ese LED. En el caso de los LED emisores de luz blanca, los que se utilizan en alumbrado público, la luz se produce recubriendo un LED de luz azul, creado con nitruro de galio, con una capa de fósforo.

La eficiencia de este tipo de lámparas alcanza los 130 lm/w, aunque en condiciones de trabajo normales lo normal es tener una eficacia comprendida entre los 60 y 110 lm/W.

Una lámpara LED está formada por varias partes, que se van a describir a continuación:

- Lente: Pieza que enfoca el flujo luminoso producido por el diodo en la dirección y forma deseada.

- Chip LED: Chip que contiene el diodo encargado de generar el flujo luminoso. Su tamaño es pequeño en comparación con el resto del módulo LED.
- Disipador: Pieza que permite disipar el calor generado por el LED en funcionamiento, garantizando la temperatura óptima para su funcionamiento.
- Carcasa: Pieza que sirve de soporte a todo el conjunto, proporcionando solidez y protección.
- Contactos eléctricos: Partes donde se aplica la corriente eléctrica, y que se conectan al chip LED mediante un cable muy fino denominado junta de cable.

Los LED están diseñados para trabajar con una corriente constante, a diferencia de las lámparas que están diseñadas para trabajar con tensión constante. Los diodos se alimentan mediante una fuente de corriente continua, a la que se asocia una resistencia para controlar y limitar la corriente que llega al LED y asegurar un óptimo funcionamiento.

2.4 Elementos auxiliares

Los equipos auxiliares son dispositivos que se utilizan para asegurar los valores de funcionamiento y ejercer control sobre el encendido de la lámpara. Estos dispositivos deben ser seleccionados en función del tipo de lámpara y de acuerdo a su tensión y potencia.

2.4.1 Balastos

Las reactancias o balastos son elementos esenciales en instalaciones que utilicen lámparas de descarga. La función básica del balasto es la de limitar la corriente de funcionamiento. Otras funciones que se asocian a los balastos son el regular la tensión o proporcionar la tensión necesaria para el arranque.

Las que más son utilizadas, por su buen rendimiento, son las de tipo inductivo y las de tipo inductivo-capacitivo. En general, de un balasto se desea que tenga pocas pérdidas, que funcione de manera silenciosa y que garantice una vida de la lámpara larga.

Se distinguen dos grandes grupos de balastos, los electromagnéticos y los electrónicos. Los electromagnéticos están formados por dos bobinas de cobre o aluminio que se enrollan sobre un núcleo formado por láminas de acero o hierro dulce. Al bobinado y al núcleo se le añade un condensador con el objetivo de mejorar el factor de potencia de la instalación.

Los balastos electrónicos trabajan a frecuencias más altas que los electromagnéticos, y en ellos el control de la corriente se realiza mediante un circuito integrado. Normalmente soportan potencias más bajas que los electromagnéticos, aunque son más eficientes, ligeros, simples y con una menor temperatura de trabajo.

2.4.2 Arrancadores

En caso de lámparas que necesitan una tensión mucho mayor a la de la red para encenderse se necesita de un arrancador que proporcione dicha tensión. El funcionamiento de estos dispositivos se basa en la obtención de la tensión necesaria mediante la descarga de un condensador asociado a un transformador elevador.

2.4.3 Equipos auxiliares para LED.

Las lámparas LED requieren de diferentes tensiones para su funcionamiento, de forma que se hace necesario adaptar la tensión y corriente de alimentación a la que necesita el diodo para su correcto funcionamiento. Existe una gran variedad de equipos, ya que cada fabricante los adapta a las necesidades de sus módulos LED.

2.5 Luminarias

La Comisión Internacional de la Iluminación define luminaria como: *"aparato que distribuye, filtra o transforma la luz transmitida de una o más lámparas que incluye, excepto las lámparas en sí mismas, todas las partes necesarias para fijar y proteger las lámparas y, donde sea necesario, circuitos auxiliares junto con los medios para conectarlos al suministro eléctrico"* [2].

La luminaria cumplirá la función de redistribuir la luz procedente de la o las lámparas en la dirección deseada, de forma que se pierda la menor cantidad de luz en la transmisión, así como de disminuir en lo posible el deslumbramiento creado por la fuente. En muchos casos contribuirá a la decoración del entorno, y debe proporcionar sujeción, protección y conexión eléctrica a la lámpara.

2.5.1 Componentes básicos

La luminaria está formada por varios componentes, que se van a detallar a continuación:

- Carcasa: Es el elemento que se encarga de proporcionar sujeción y protección a todos los demás. Se pueden distinguir varios tipos, en función del entorno en el que se van a instalar, de la forma en que se van a instalar o de la estanqueidad que posea. Está fabricada con materiales resistentes, como chapa de acero, chapa de aluminio, vidrio o materiales sintéticos.
- Equipo eléctrico: En él se incluye la lámpara, cuyos tipos se han descrito en el apartado 2.3, y los elementos necesarios para el arranque y funcionamiento de la misma, descritos en el apartado 2.4.
- Reflectores: Son los encargados de reflejar el flujo luminoso producido por la lámpara en el sentido y forma deseada. Se puede distinguir entre reflectores simétricos o asimétricos, concentradores o difusores y especulares o no especulares.
- Difusores: los difusores permiten difundir la luz generada por la lámpara, de forma que proporcione la luminancia deseada sin causar deslumbramiento. En función del material y construcción se pueden distinguir varios tipos.
- Filtros: En caso de desear un espectro de radiación concreto, o de evitar una longitud de onda determinada, en la luminaria se podrán colocar filtros que lo permitan.

2.5.2 Clasificación de luminarias

Las luminarias se pueden clasificar atendiendo a varios criterios, que se exponen a continuación.

- Por características mecánicas: Siguiendo el sistema IP (International Protection), en función de la protección contra el polvo, la penetración de líquidos o la protección contra choques, cada luminaria recibe una calificación que permite con facilidad determinar la resistencia de la luminaria. Esta calificación está formada por las letras "IP", seguidas de tres dígitos, tal y como establece la norma UNE-EN 60598. El primero marca del 0 al 6 la protección contra el polvo y cuerpos sólidos, siendo 6 la más alta. El segundo dígito determina la protección contra la penetración de líquidos, pudiendo tener un valor de 0 a 8, siendo 8 la mejor protección. El último dígito proporciona la protección contra choques, tomando los valores 0, 1, 3, 5, 7 o 9, siendo 9 el mejor. El último dígito se puede sustituir, según la norma EN-50102 por los caracteres IK seguidos de un grupo de cifras características que marcan la energía de impacto en julios que puede soportar la luminaria.
- Por características eléctricas: En función del aislamiento con el que cuente la luminaria, se puede clasificar en:
    - Clase 0: Aislamiento normal. No dispone de toma de tierra.
    - Clase 1: Aislamiento normal. Dispone de toma de tierra.
    - Clase 2: Doble aislamiento. No dispone de toma de tierra.

- Clase 3: Para uso en circuitos de muy baja tensión, y que no disponen de circuitos internos que operen a tensiones diferentes.

- Por características ópticas:
  - Si nos centramos en la iluminación de interiores, se pueden distinguir los siguientes tipos:
    - Directa: El flujo dirigido al techo es menor del 10% del total producido por la lámpara.
    - Semidirecta: El flujo dirigido hacia el techo es de entre el 10 y el 40% del total.
    - General difusa: El flujo dirigido hacia arriba está comprendido entre el 40 y el 60% del total, con un diagrama de radiación homogéneo en todas las direcciones.
    - Directa indirecta: El flujo dirigido hacia el techo es de un 40 a 60% del total, poseyendo un diagrama de radiación en el que la luz se dirige enfocada hacia arriba y abajo.
    - Semi indirecta: El flujo se dirige en un 60 a 90% hacia el techo.
    - Indirecta: El flujo luminoso producido por la lámpara se dirige hacia el techo en un 90 a 100%.

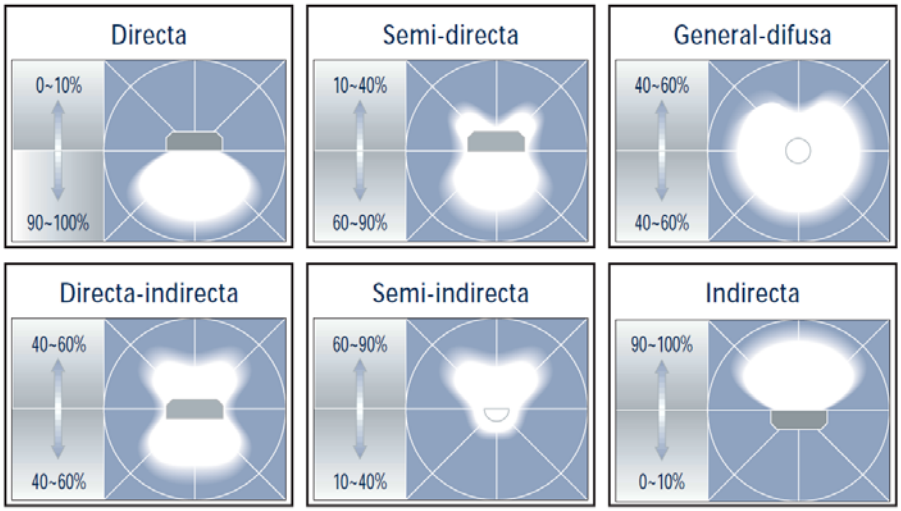


Figura 2-9. Clasificación de luminarias en interior [3].

- Si la clasificación es referida a alumbrado público y se sigue la clasificación clásica, se pueden distinguir entre luminarias cut-off, semi cut-off y non cut-off.

- En alumbrado público, la CIE clasifica según alcance, apertura y control.
  - El alcance de la luminaria se define como la distancia que puede alcanzar la luz en dirección longitudinal. Se puede clasificar como de alcance corto, medio o largo.
  - La apertura de la luminaria se puede definir como la distribución de luz en el sentido transversal de la vía. Se pueden clasificar como luminarias de apertura estrecha, apertura media o apertura ancha.
  - El control marca la capacidad de la luminaria para controlar el deslumbramiento. Para ello se define el índice específico de deslumbramiento (SLI) que es característico de cada luminaria. Las luminarias se clasifican como control limitado, moderado o estricto.

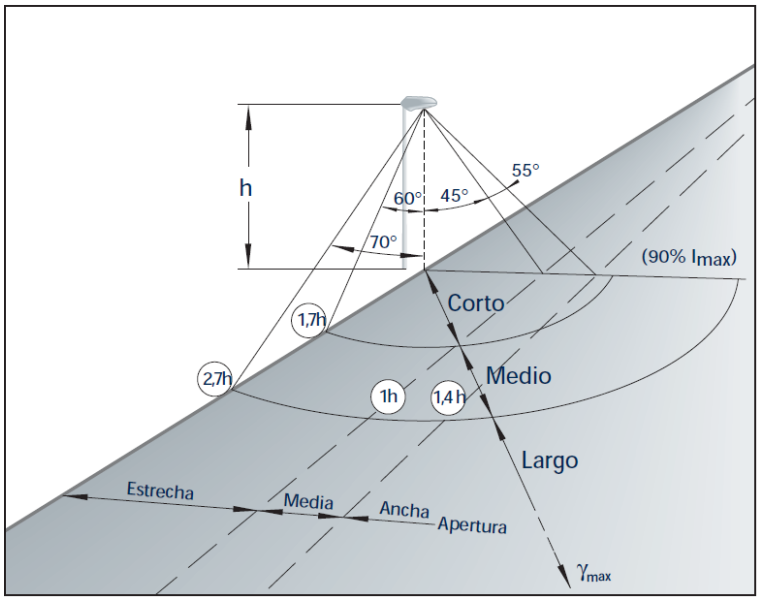


Figura 2-10. Alcance y apertura de una luminaria [3].

- En alumbrado de proyección se pueden distinguir luminarias de haz estrecho, con un ancho de haz de menos de 20º, de haz medio, con un ancho de haz comprendido entre 20 y 40º y de haz ancho, con un ancho de haz de más de 40º.

2.6 Alumbrado Público

2.6.1 Introducción

El alumbrado público tiene como fin iluminar calzadas y vías peatonales, así como todo aquel espacio público que por sus características deba permanecer iluminado, de forma permanente o puntual. Debe garantizar unas condiciones de visibilidad óptimas para la conducción de vehículos o el tránsito de peatones, facilitando la circulación nocturna, y evitando los peligros que ocasiona la oscuridad.

Se distinguen dos tipos de alumbrado público en función del objetivo perseguido, el alumbrado funcional y el ambiental.

2.6.2 Alumbrado funcional

El alumbrado funcional es aquel destinado a garantizar la visión en carreteras, autovías, autopistas y viales urbanos. Este tipo de alumbrado tiene varios objetivos:

- Debe asegurar al conductor la visibilidad suficiente para reconocer el trazado de la carretera y los obstáculos presentes con la suficiente antelación para poder reaccionar.
- Debe proporcionar confort visual al conductor, de forma que se evite al máximo la fatiga.
- Debe facilitar la gestión del tráfico rodado.
- Debe proporcionar sensación de seguridad a las personas.

2.6.3 Alumbrado ambiental

Este tipo de alumbrado se caracteriza por contar con soportes de baja altura. Se da en zonas urbanas con el objetivo de iluminar vías peatonales, zonas comerciales, aceras, parques y jardines y viales de velocidad muy limitada.

Aunque comparte objetivos con el alumbrado funcional, las principales funciones de este tipo de alumbrado deben ser integrarse en el paisaje urbano durante el día y generar sensación de bienestar durante su periodo de funcionamiento.

2.6.4 Disposición de luminarias en alumbrado público

El alumbrado público se consigue utilizando luminarias situadas sobre postes, pudiendo emplazarse de tres formas básicas:

2.6.4.1 Unilateral

Este tipo de disposición de las luminarias consiste en situar todas las luminarias a un mismo lado de la vía a iluminar. Se utiliza normalmente en las vías a iluminar cuyo ancho es igual o menor que la altura de montaje de cada luminaria. Se puede dar el caso de utilizar una colocación unilateral hacia cada lado en el centro de una calzada, dando lugar a la disposición central.

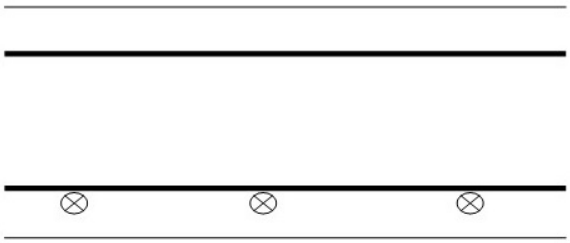


Figura 2-11 Disposición Unilateral

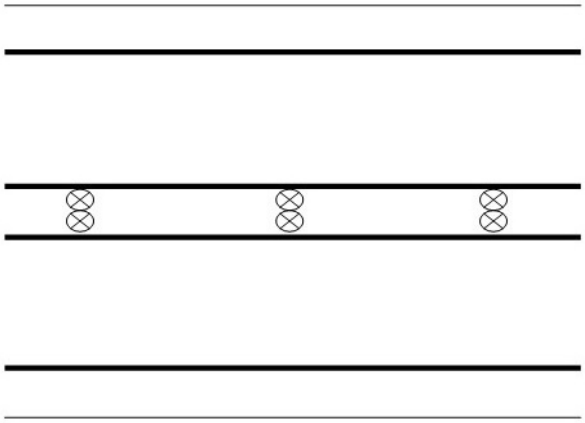


Figura 2-12 Disposición Central

2.6.4.2 Tresbolillo

En esta disposición, las luminarias se colocan a ambos lados de la vía a iluminar en zigzag. Es utilizado principalmente cuando el ancho de la calzada es de 1 a 1.5 veces la altura de la luminaria.

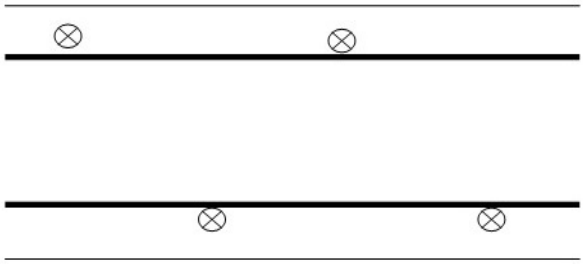


Figura 2-13 Disposición en Tresbolillo

2.6.4.3 Bilateral

Utilizada cuando el ancho de la vía a iluminar es mayor de 1.5 veces la altura de la luminaria, en esta disposición las luminarias se sitúan enfrentadas a ambos lados de la calzada. También se conoce como disposición en oposición.

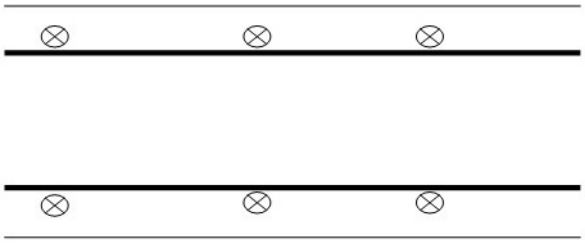


Figura 2-14 Disposición Bilateral

2.7 Software utilizado

Durante el desarrollo de este trabajo se ha utilizado el software que se detalla a continuación.

2.7.1 AutoCAD 2015

Desarrollado por la empresa Autodesk, AutoCAD 2015 es un software creado para el diseño asistido por ordenador en dos y tres dimensiones. AutoCAD es utilizado por gran número de industrias, estudios de arquitectura y diseñadores profesionales, siendo AutoCAD 2015 la vigesimonovena versión de este programa. El formato de archivo con el que trabaja este programa es .dwg, aunque permite la exportación de objetos en otros formatos, como por ejemplo .sat.

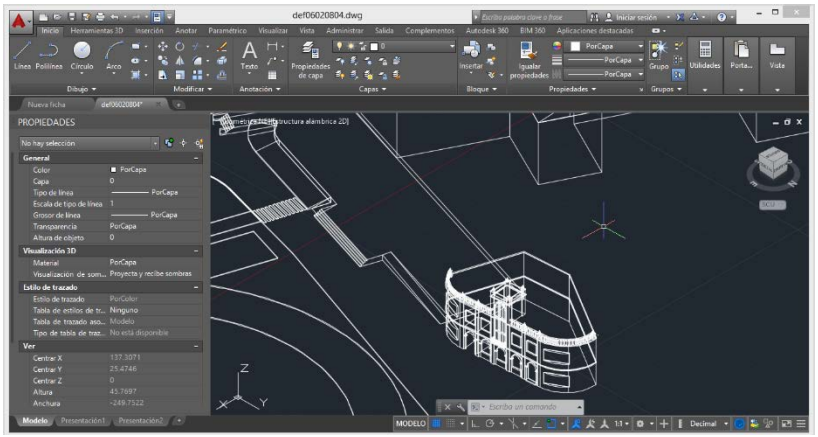


Figura 2-15. AutoCAD 2015.

2.7.2 DIALux 4.12

DIALux es un software gratuito de gran potencia creado por la empresa DIAL. Su finalidad es crear proyectos de iluminación profesional, incluyendo extensiones con los datos y características de luminarias de los principales fabricantes a nivel profesional.

DIALux permite importar archivos en tres dimensiones creados con otros programas de diseño en tres dimensiones, dando la posibilidad de asignar texturas a las superficies de dichos objetos para llevar a cabo una simulación más realista.

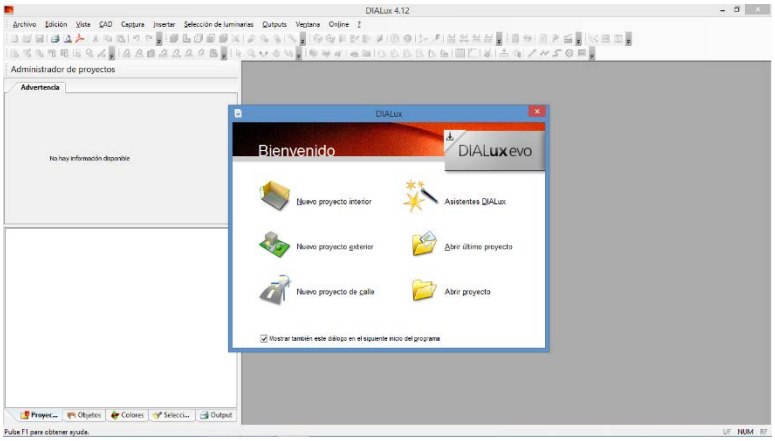


Figura 2-16. DIALux 4.12.

Este software permite un cálculo de los parámetros de iluminación más relevantes de una forma exacta. Asimismo, genera toda la documentación relativa al proyecto que se está simulando, permitiendo además crear vídeos e imágenes renderizadas para visualizar los resultados obtenidos con las luminarias utilizadas.

La forma de funcionar del programa consiste en la creación de "escenas", que son espacios de trabajo donde se pueden insertar objetos, luminarias y zonas de cálculo. Cada escena es independiente, y podría asimilarse a cada una de las habitaciones de un edificio. En lo que concierne a este trabajo, se ha creado una sola escena, que incluye toda la zona de trabajo.

2.7.3 Cálculo de eficiencia energética MAYJA

Esta pequeña aplicación informática, desarrollada por el instalador MAYJA S.L., implementa las tablas del RD 1890/2008 para el cálculo de eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior. Durante el desarrollo del trabajo se ha utilizado para apoyar los cálculos realizados de forma manual tal y como establece la normativa vigente.

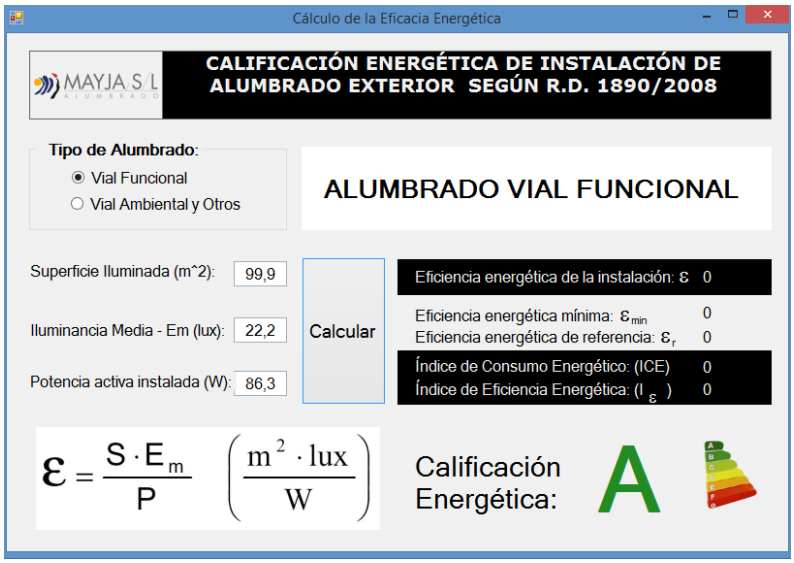


Figura 2-17. Aplicación para Cálculo de eficacia energética MAYJA S.L.

3 DESARROLLO

3.1 Descripción general

A lo largo de este apartado se van a desarrollar y detallar las partes principales de las que consta el presente trabajo, explicando la metodología y el proceso llevado a cabo en cada caso. En primer lugar se detallará la fase de diseño de la escena exterior de la ENM, para a continuación explicar detalladamente el proceso seguido para medir y calcular las características de la instalación actual. Finalmente se definirá el proceso de simulación, así como los cálculos realizados en un estudio de amortización posterior.

3.2 Diseño CAD

3.2.1 Descripción

Uno de los objetivos de este trabajo es la simulación mediante un software específico de una mejora de la instalación de alumbrado público de la Escuela Naval Militar. Con el objeto de obtener una base detallada para el proceso de simulación, se hace necesario obtener los edificios y objetos cercanos a las zonas de cálculo en tres dimensiones en un formato que reconozca dicho software. Para ello, se ha utilizado el software AutoCAD 2015, descrito en 2.7.1, midiendo los edificios y trazando en el programa posteriormente. Los objetos dibujados se han exportado en un formato que reconoce el software de iluminación, para después introducirlos en la escena de trabajo de dicho software y realizar la simulación. El presente apartado detalla todo el proceso llevado a cabo para obtener esa escena, así como el equipo utilizado.

3.2.2 Emplazamiento de edificios

Para conseguir el correcto emplazamiento de los edificios en el plano se ha recurrido al uso de ortofotos, proporcionadas por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente mediante el visor SigPac [5], así como al uso de ortofotos disponibles en el visor de mapas de la empresa Google [6].

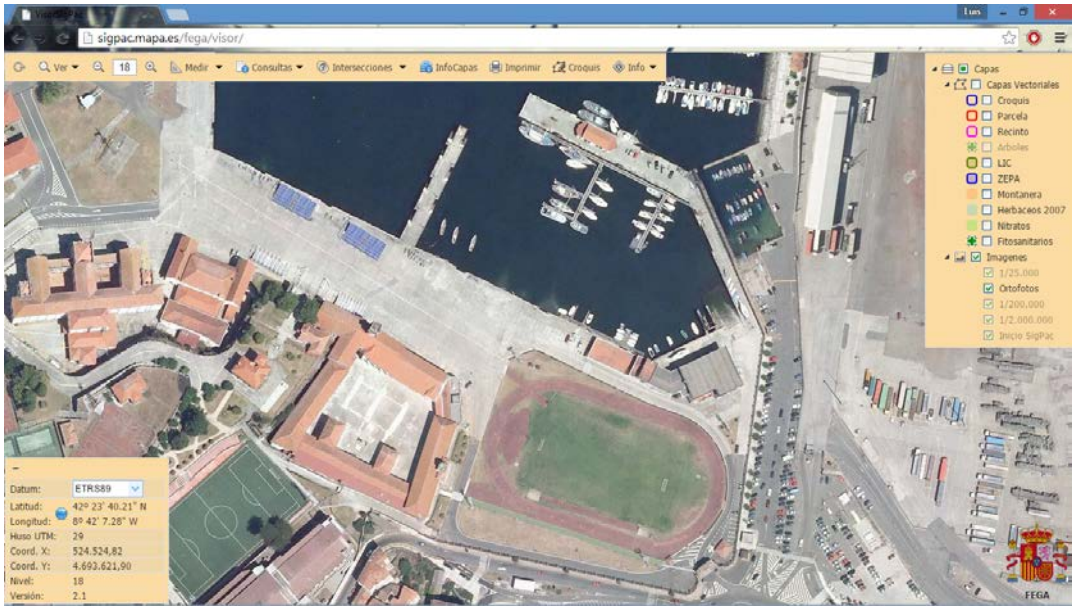


Figura 3-1. Visor de ortofotos SigPac mostrando parte de la Escuela Naval Militar.

Para conseguir que las dimensiones de la ortofoto capturada sean las correctas a la hora de dibujar sobre ellas en el programa, se ha escalado la ortofoto utilizando medidas tomadas sobre el terreno. Para ello, se ha medido la distancia sobre el terreno entre dos puntos fácilmente reconocibles en la ortofoto, se ha medido la misma distancia en la ortofoto, se ha calculado el factor de escala a aplicar y se ha reducido o aumentado el tamaño de la ortofoto en consecuencia. A continuación, y comprobando siempre con medidas obtenidas sobre el terreno, se ha dibujado sobre la ortofoto la planta de los edificios y objetos que se ha necesitado representar.

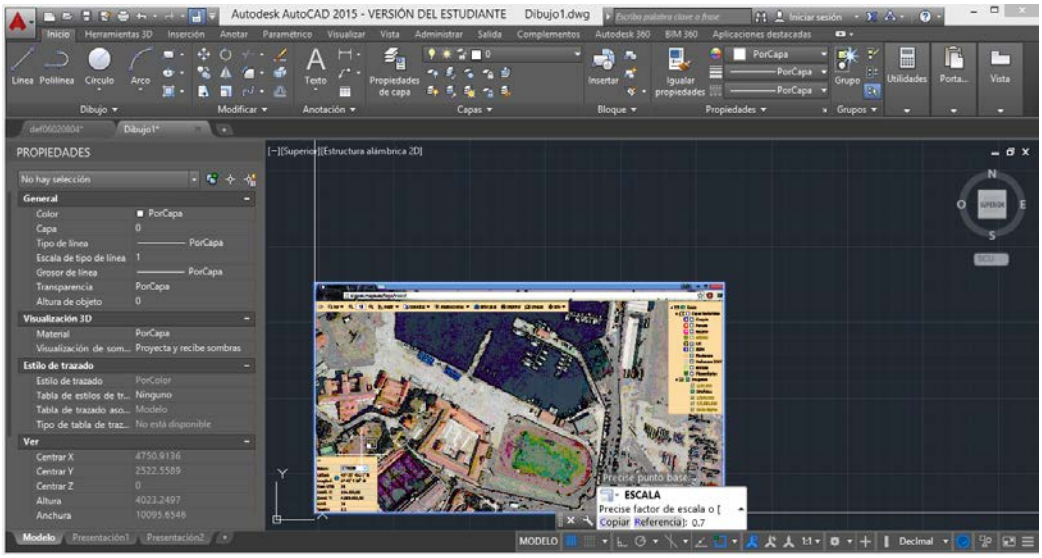


Figura 3-2. Escalado de una ortofoto.

3.2.3 Creación de edificios y objetos

Una vez dibujada la planta de los edificios y objetos a representar se ha procedido al levantamiento en tres dimensiones. Para ello, y mediante el uso del medidor láser descrito en 3.2.5.1, se han medido las alturas de los edificios y objetos a levantar, así como todas las medidas de elementos constructivos

tales como ventanas, puertas o balaustradas. Con esas medidas se han realizado croquis previos de cada edificio, que permiten mayor comodidad y exactitud durante la fase de trabajo con AutoCAD.

Para facilitar la exportación, importación y texturizado posteriores, se han creado diferentes objetos para los diferentes elementos constructivos de cada edificio. De esta manera, para el edificio del Centro Universitario de la Defensa, por ejemplo, se han creado objetos diferentes para la fachada principal, el tejado, para definir las ventanas, los marcos de dichas ventanas, el artesonado en piedra de la fachada y el artesonado de ladrillo de la fachada.

A continuación, mediante las herramientas para el diseño en tres dimensiones que ofrece AutoCAD 2015, se han plasmado las medidas tomadas en el dibujo.

Para el cuerpo principal de cada edificio se ha extruido un bloque con la forma de la planta y con la altura medida en el terreno.

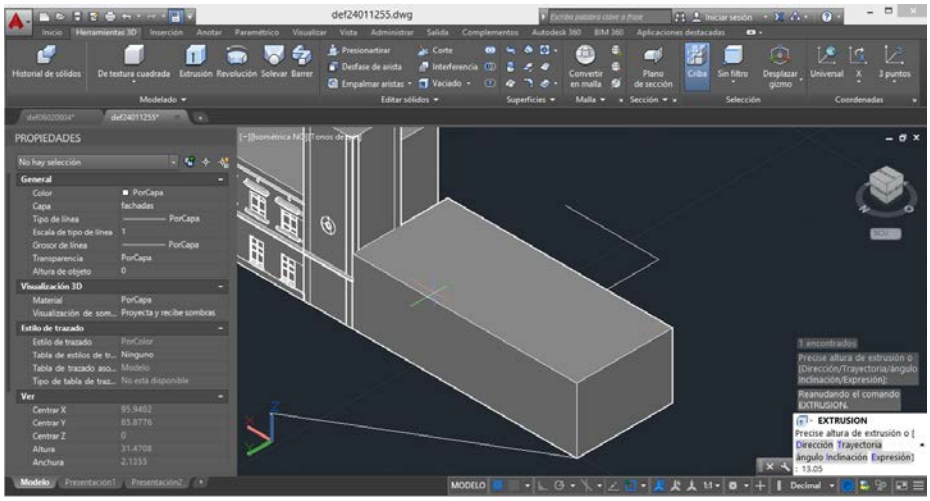


Figura 3-3. Extrusión del bloque principal.

A continuación se han creado los huecos necesarios en la fachada para alojar ventanas, marcos o detalles en piedra existentes. Para ello se ha extruido un sólido del tamaño del hueco a crear en la fachada y, mediante la herramienta diferencia, se ha creado el hueco en el sólido principal.

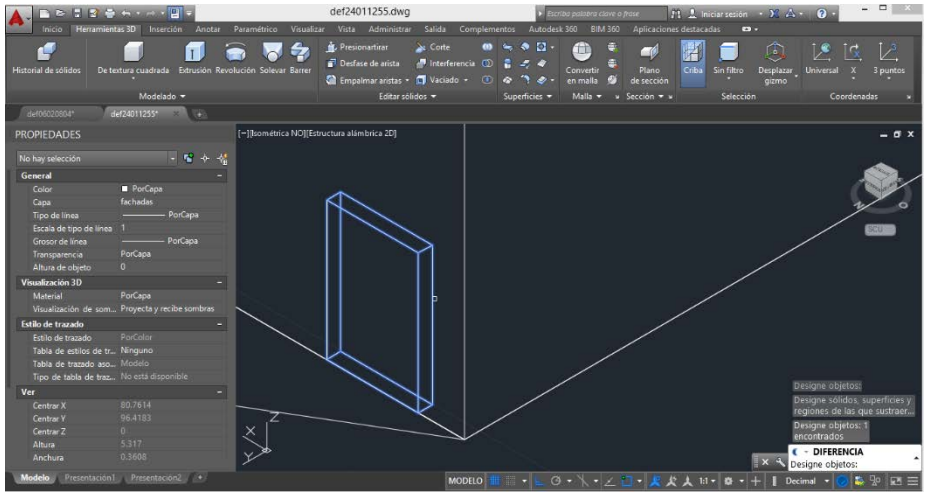


Figura 3-4. Diferencia para crear hueco para una puerta.

Una vez creados los huecos necesarios para alojar los detalles, se han dibujado éstos. Para ello se ha creado un sólido mediante la función extruir con la forma y medidas necesarias del objeto. En caso de objetos que requieren más detalle, como por ejemplo un marco, se han creado varios sólidos, para bien unirlos o bien restarlos a uno más grande.

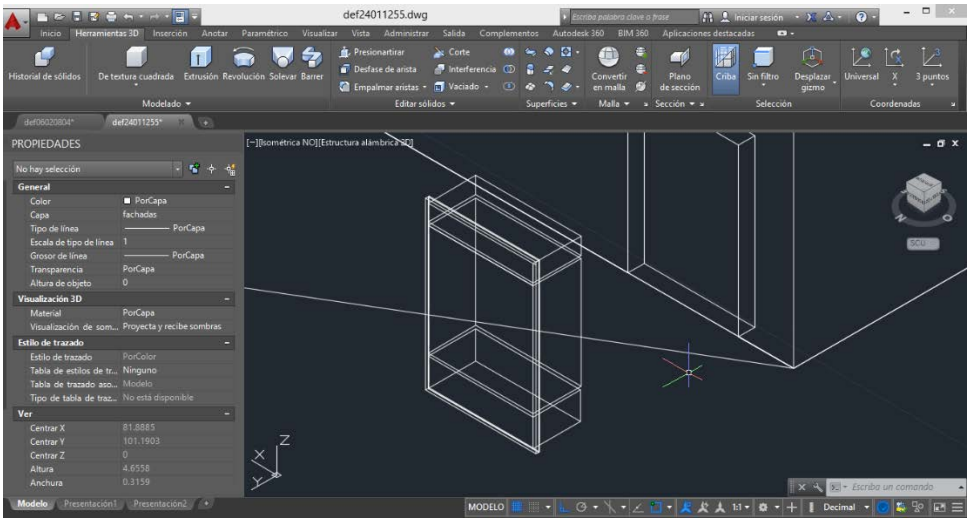


Figura 3-5. Creando un marco por diferencia de objetos.

Una vez creados los objetos de detalle se sitúan en su sitio, utilizando la función mover. El motivo de crear los objetos apartados de su ubicación final ha sido el hecho de visualizar mejor el trabajo que se está realizando. También es importante trabajar con los objetos separados de su ubicación en caso de que se esté trabajando con la opción de referencia a objetos activada, ya que en ocasiones el programa interpreta de forma errónea lo que se quiere hacer exactamente.

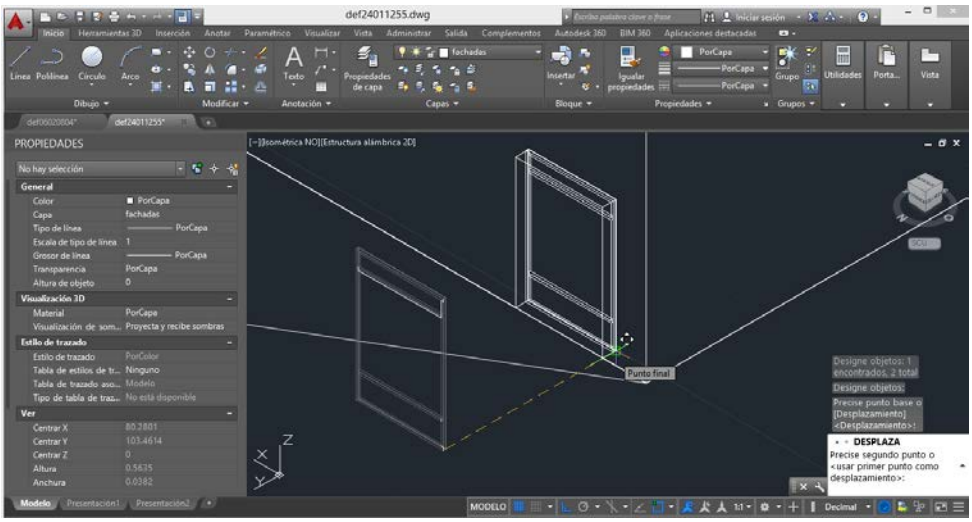


Figura 3-6. Colocando una puerta en el hueco creado para ella.

Los tejados se han dibujado creando una sección del tejado y extruyéndola a lo largo de toda la parte superior del edificio.

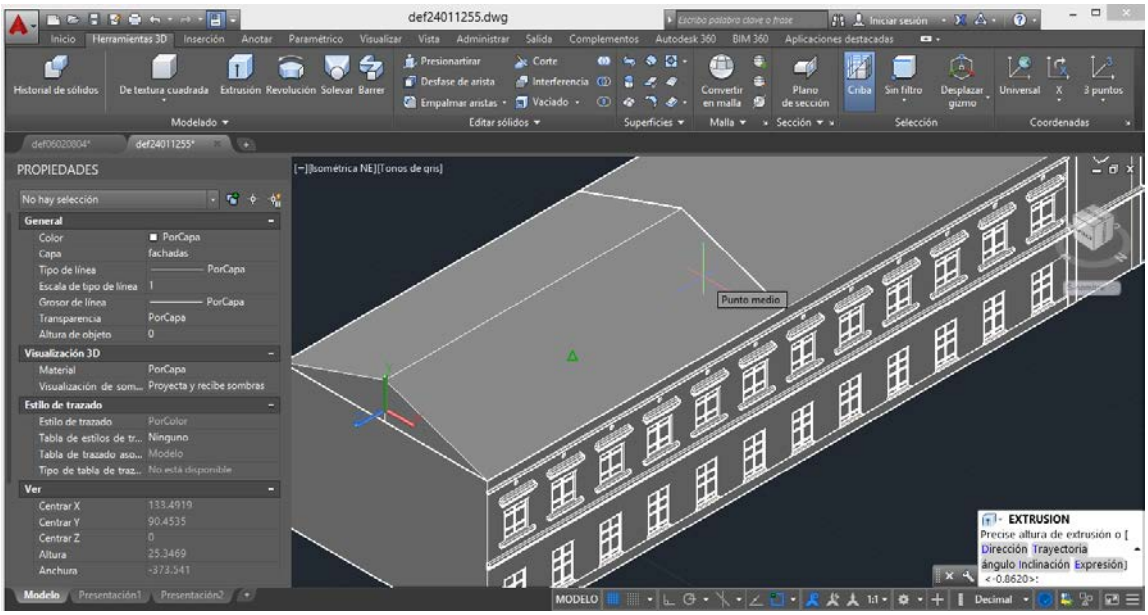


Figura 3-7. Extrusión del tejado del edificio del CUD.

Para objetos que se reproducen muchas veces, como los elementos de la balaustrada de la Escalera Monumental, se ha creado uno de los elementos y a continuación se ha procedido a crear una matriz lineal con ese elemento siguiendo la trayectoria deseada.

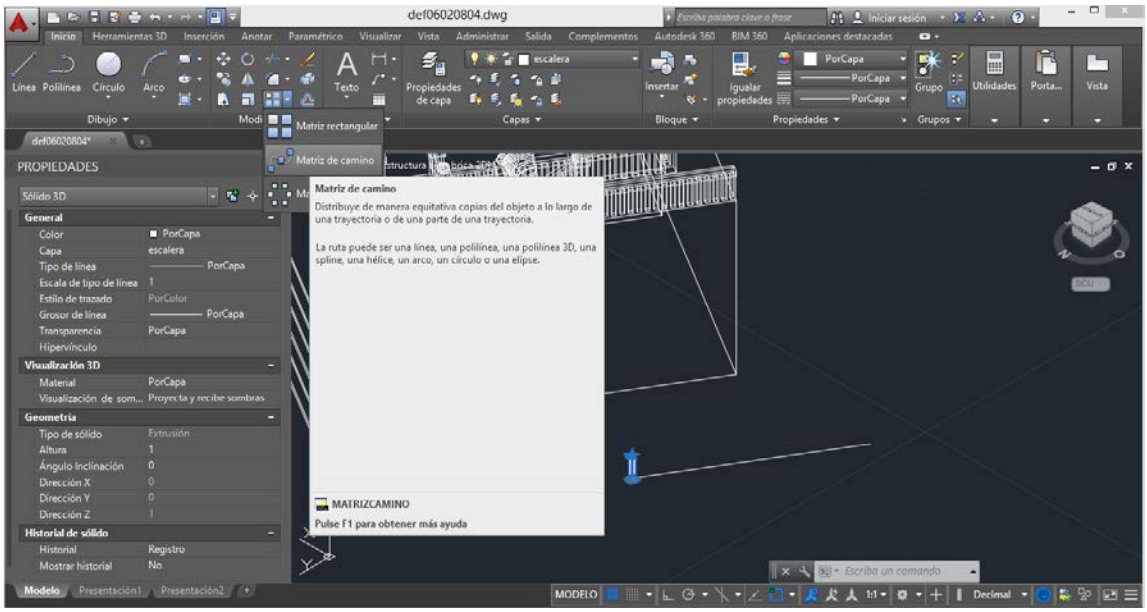


Figura 3-8. Matriz para la balaustrada de la Escalera Monumental.

Para hacer más cómoda la gestión y el trabajo en el dibujo, así como la posterior exportación al archivo que reconoce el software de iluminación, se han creado tantas capas como se han considerado necesarias.

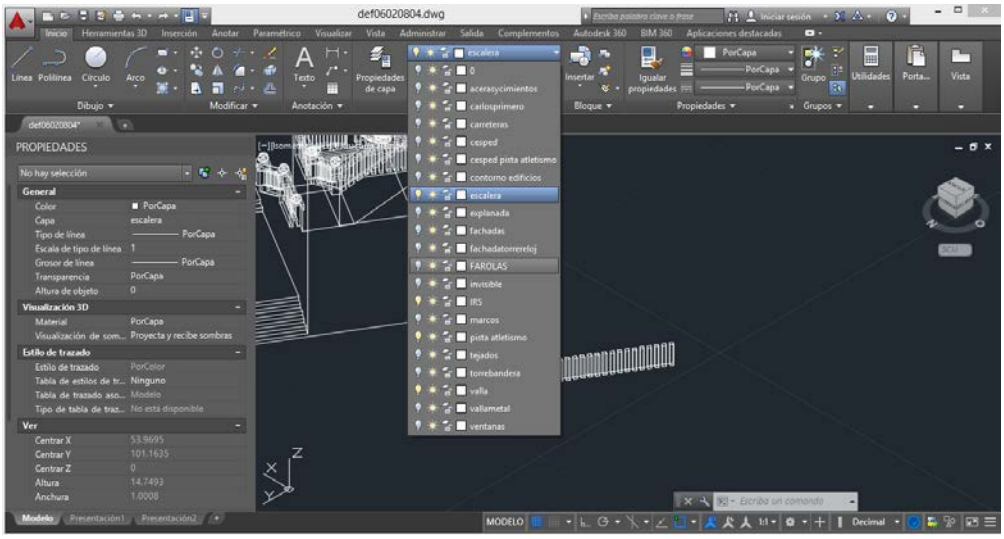


Figura 3-9. Capas utilizadas durante la fase de diseño.

3.2.4 Exportación

La fase final del diseño de la zona en la que se va a trabajar consiste en hacer visibles e interpretables los objetos diseñados en otros programas y aplicaciones. El software de iluminación DIALux permite importar objetos en tres dimensiones creados con otros programas informáticos. El tipo de archivo que reconoce como objeto es el ACIS (.sat), así que desde AutoCAD se ha realizado la exportación de todos los objetos en dicho formato. A continuación se detalla como efectuar dicha exportación.

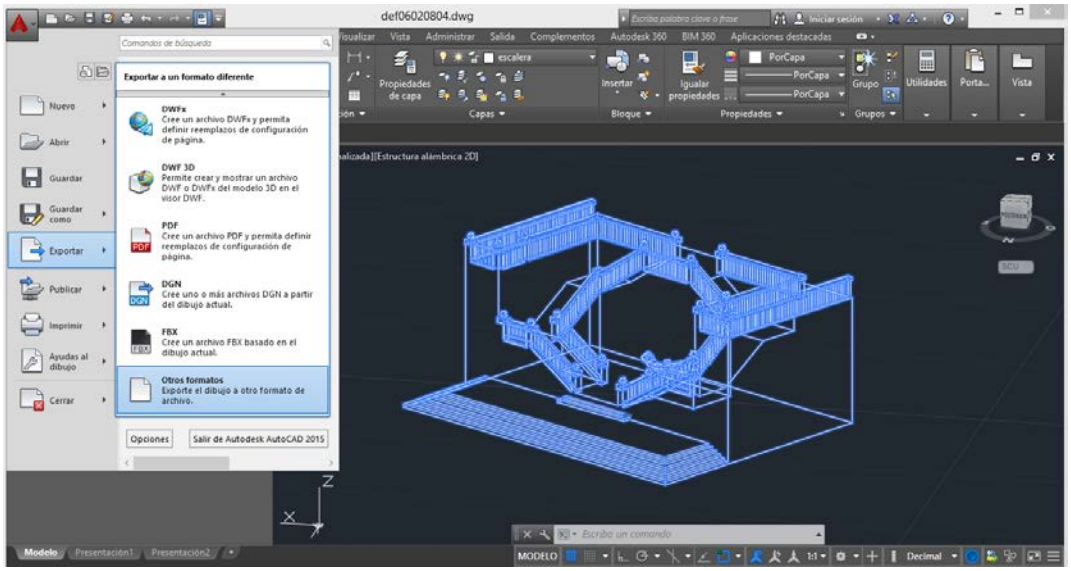


Figura 3-10. Menú exportar.

Para realizar la exportación se selecciona el objeto a exportar en AutoCAD, a continuación se selecciona el menú exportar en el menú de inicio y se selecciona “Otros formatos”. En la ventana que aparece con las opciones de guardado se selecciona tipo de archivo tipo ACIS (.sat).

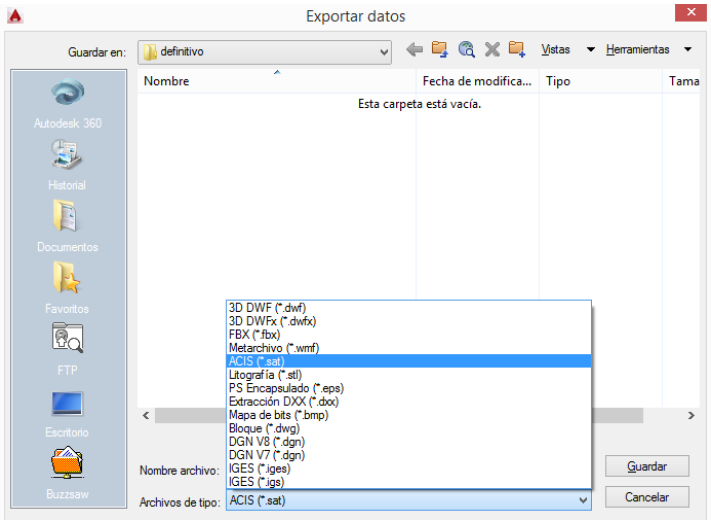


Figura 3-11. Guardando como archivo tipo ACIS (.sat).

3.2.5 Equipos utilizados

3.2.5.1 BOSCH GLM 100C Professional. [7]

Se trata de un medidor de distancias láser, para uso profesional que permite, además de medir distancias, medir alturas de objetos, ángulos y superficies, empleando para ello un sensor de inclinación incorporado. Durante el desarrollo del trabajo se ha utilizado para medir longitudes y alturas de edificios. La función de medición de alturas del medidor funciona mediante un clinómetro incorporado, realizando los cálculos trigonométricos correspondientes para obtener el valor.



Figura 3-12. BOSCH GLM 100C Professional.

Especificaciones BOSCH GLM 100C	
Alcance	0.05-100m
Exactitud de medida	± 1.5mm
Clase de láser	2
Diodo de láser	635 nm/ < 1mW/ 2
Sensor de inclinación	+- 60º vertical 360º horizontal (4x90º)
Exactitud inclinación	+- 0.2º
Peso	0.14 kg
Medidas	111 x 51 x 30 mm

Tabla 3-1. Especificaciones técnicas Bosch GLM 100C Professional.

3.2.5.2 Rolatape RT412D



Tabla 3-2. Rolatape RT412D.

El Rolatape RT412D es un odómetro diseñado para medidas en interior y exterior. Está diseñado para un uso en industria o construcción entre otros. Dispone de una pantalla digital para facilitar la lectura de las distancias medidas. Tiene también función memoria, así como un brazo telescópico para facilitar su transporte y almacenamiento [8].

Especificaciones Rolatape RT412D	
Unidades de medida	Pies, pulgadas Pies, centésimas de pie Metros, centímetros
Tipo de contador	Digital
Diámetro de la rueda	1 pie
Tipo de soporte	Telescópico de 3 partes
Peso	3.5 libras

Tabla 3-3. Especificaciones técnicas Rolatape RT412D.

3.3 Estudio de Campo. Definición de zonas.

3.3.1 Introducción

Para realizar las medidas que permitirán obtener los valores de iluminación existentes en la actualidad se deben definir y clasificar las zonas. Durante este apartado se va a describir la instalación actual de alumbrado público, para a continuación proceder a la definición y clasificación de las diferentes zonas de estudio que se van a tratar en este trabajo.

3.3.2 Descripción de la instalación actual

La instalación actual está formada por 125 luminarias. Las luminarias están fabricadas con un material de alta opacidad y alto grado de dispersión, lo que provoca que gran parte del flujo luminoso de la lámpara se pierda. La luminaria actual no dispone de ningún dispositivo que impida la radiación de luz hacia arriba, por lo que es de suponer que excede los límites establecidos por la ley [9].



Figura 3-13. Luminaria actual.

El tipo de lámpara utilizada en cada zona se relaciona en la siguiente tabla:

Zona	Tipo de Lámpara
Muelle GM Chereguini	Vapor de Mercurio 400W
Muelle explanada	Vapor de Mercurio 400W
Fachada Centro Universitario Defensa	Vapor de Mercurio 400W
Puerta Carlos Primero	Mezcla 250W
Plaza D. Juan de Austria	Mezcla 250W
Plaza D. Blas de Lezo	Mezcla 250W
Avenida CC. Aguilar Tablada	Mezcla 250W
Avenida de Pinzón	Mezcla 250W

Tabla 3-4. Tipos de lámpara por zona.

Para llevar a cabo el estudio de eficiencia en la iluminación actual y propuesta se han definido siete zonas de trabajo, que son representativas de las zonas iluminadas por las luminarias que se propone cambiar. Cada zona se clasifica según el procedimiento establecido por [10].

3.3.3 Definición y clasificación de zonas de trabajo

3.3.3.1 Zona 1. Muelle GM Chereguini.

La zona 1 se ha definido en el muelle GM Chereguini. El número de luminarias instaladas en esta zona es de seis, con lámparas de 400W de vapor de mercurio. Es una vía peatonal de 5 metros de anchura, con una disposición actual de luminarias en tresbolillo, y con un flujo de peatones bajo. A continuación se detalla el proceso para clasificar la vía según el procedimiento que marca la normativa.

En primer lugar se busca en las tabla correspondiente de la normativa, representada en la Figura 3-14 el tipo de vía que corresponde según la velocidad del tráfico rodado en la zona. Para la zona considerada, el tipo de vía resultante es E, vías peatonales.

Clasificación	Tipo de vía	Velocidad del tráfico rodado (km/h)
A	de alta velocidad	$v > 60$
B	de moderada velocidad	$30 < v \leq 60$
C	carriles bici	--
D	de baja velocidad	$5 < v < 30$
E	vías peatonales	$v \leq 5$

Figura 3-14. Clasificación de las Vías [10].

A continuación se entra en la Figura 3-15 para determinar la situación de proyecto de la zona. En este caso, la situación de proyecto es E1, calles peatonales, con un flujo de peatones normal. La clase de alumbrado será S3.

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado(*)
E1	• *Espacios peatonales de conexión, calles peatonales, y aceras a lo largo de la calzada.* • *Paradas de autobús con zonas de espera* • *Áreas comerciales peatonales.* Flujo de tráfico de peatones Alto..... Normal	 CE1A / CE2 / S1 S2 / S3 / S4
E2	• *Zonas comerciales con acceso restringido y uso prioritario de peatones.* Flujo de tráfico de peatones Alto..... Normal	 CE1A / CE2 / S1 S2 / S3 / S4
(*) Para todas las situaciones de alumbrado E1 y E2, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.		

Figura 3-15. Clases de Alumbrado para vías tipo E [10].

Por último, utilizando la Figura 3-16 se determinan los valores de iluminancia media e iluminancia mínima que debe cumplir la instalación en este tipo de zona. Los valores obtenidos son:

Iluminancia Media, E_m= 7.5 lux

Iluminancia Mínima, E_{min}=1.5 lux

Clase de Alumbrado(1)	Iluminancia horizontal en el área de la calzada	
	Iluminancia Media E_m (lux)(1)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)(1)
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1
(1)) *Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento (f_m) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.*		

Figura 3-16. Niveles de iluminación para zonas D y E [10].

3.3.3.2 Zona 2. Parte norte de la explanada de la Escuela Naval Militar.

La parte norte de la explanada cuenta con 7 luminarias instaladas en disposición unilateral, dotadas con lámparas de mezcla de 400W de vapor de mercurio. Se puede considerar esta zona como una zona de velocidad muy limitada de 5 metros de anchura que discurre a lo largo de toda la parte norte de la explanada. El procedimiento a seguir es similar al realizado en el apartado anterior.

El tipo de vía al que pertenece esta zona es D, vía de baja velocidad, obtenido utilizando la Figura 3-14.

Para determinar la situación de proyecto en este tipo de vía hay que remitirse a la Figura 3-17. En este caso, la situación de proyecto es D3, zonas de velocidad muy limitadas, con un flujo de peatones normal, a la que corresponde la clase de alumbrado S3.

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado(*)
C1	• *Carriles bici independientes a lo largo de la calzada, entre ciudades en área abierta y de unión en zonas urbanas* Flujo de tráfico de ciclistas Alto Normal	 S1 / S2 S3 / S4
D1 - D2	• *Áreas de aparcamiento en autopistas y autovías.* • *Aparcamientos en general.* • *Estaciones de autobuses.* Flujo de tráfico de peatones Alto Normal	 CE1A / CE2 CE3 / CE4
D3 - D4	• *Calles residenciales suburbanas con aceras para peatones a lo largo de la calzada* • *Zonas de velocidad muy limitada* Flujo de tráfico de peatones y ciclistas Alto Normal	 CE2 / S1 / S2 S3 / S4

(*) Para todas las situaciones de alumbrado C1-D1-D2-D3 y D4, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.

Figura 3-17. Clases de alumbrado para vías tipo C y D [10].

Finalmente, de la Figura 3-16 se obtienen los niveles de iluminación correspondientes a la clase de alumbrado S3. Estos valores son:

Iluminancia Media, E_m= 7.5 lux

Iluminancia Mínima, E_{min}=1.5 lux

3.3.3.3 Zona 3. Fachada del edificio del CUD.

La zona situada en la fachada del edificio del CUD, Escalera Monumental y Casino de Alumnos dispone de siete luminarias que funcionan con lámparas de vapor de mercurio de 400W, en una disposición unilateral. Se trata de una vía de velocidad muy limitada, con zona de aparcamiento, de 6 metros de anchura.

El tipo de vía correspondiente a esta zona, según la Figura 3-14, es D, vías de velocidad baja, con la velocidad de tráfico rodado entre 5 y 30 kilómetros por hora.

En cuanto a la situación de proyecto la vía se puede clasificar como un aparcamiento en general, con un flujo de peatones normal. Esto implica una situación de proyecto D2, al que corresponde una clase de alumbrado CE4, tal y como se puede observar en Figura 3-18.

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado(*)
C1	• *Carriles bici independientes a lo largo de la calzada, entre ciudades en área abierta y de unión en zonas urbanas* Flujo de tráfico de ciclistas Alto Normal	 S1 / S2 S3 / S4
D1 - D2	• *Áreas de aparcamiento en autopistas y autovías.* • *Aparcamientos en general.* • *Estaciones de autobuses.* Flujo de tráfico de peatones Alto Normal	 CE1A / CE2 CE3 / CE4
D3 - D4	• *Calles residenciales suburbanas con aceras para peatones a lo largo de la calzada* • *Zonas de velocidad muy limitada* Flujo de tráfico de peatones y ciclistas Alto Normal	 CE2 / S1 / S2 S3 / S4
(*) Para todas las situaciones de alumbrado C1-D1-D2-D3 y D4, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.		

Figura 3-18. Clases de alumbrado para vías tipo C y D [10].

Para obtener los niveles de iluminación para este tipo de zona, se debe consultar la Figura 3-19, que marca los niveles de iluminación para la clase de alumbrado CE4. Los valores obtenidos son:

Iluminancia Media, E_m= 10 lux

Uniformidad Media, U_m= 0.4 lux

Clase de Alumbrado (1)	Iluminancia horizontal	
	Iluminancia Media *Em (lux)* [*mínima mantenida*(1)]	Uniformidad Media *Um* [*mínima*]
CE0	50	0,40
CE1	30	0,40
CE1A	25	0,40
CE2	20	0,40
CE3	15	0,40
CE4	10	0,40
CE5	7,5	0,40
(1)) *Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento (f_m) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.* (2) *También se aplican es espacios utilizados por peatones y ciclistas.*		

Figura 3-19. Niveles de iluminación para vías tipo D [10].

3.3.3.4 Zona 4. Plaza D. Juan de Austria (pista de atletismo).

El vial que rodea la pista de atletismo por la parte norte, sur y oeste tiene 13 luminarias, alimentadas por lámparas de tipo mezcla de 250W dispuestas de forma unilateral. La zona a evaluar se trata de un

vial ambiental, con velocidad de tráfico rodado limitada a 30 kilómetros por hora, con un ancho de 8 metros y un flujo de peatones normal.

De la tabla 1 (Figura 3-14) se extrae que se trata de un tipo de vía D.

La tabla 4 (Figura 3-17) determina que se trata de una situación de proyecto tipo D3, tratándose de una calle con acera para peatones a lo largo de la calzada, con una clase de alumbrado tipo S3.

Los niveles de iluminación relativos al tipo S3 se obtienen de la tabla 8 (Figura 3-16), y para esta zona son:

Iluminancia Media, E_m= 7.5 lux

Iluminancia Mínima, E_{min}=1.5 lux

3.3.3.5 Zona 5. Fachada de la Torre del Reloj.

El vial comprendido entre la pista de atletismo y el edificio de la torre del reloj se trata de una zona de velocidad muy limitada, con una disposición de luminarias que se puede considerar en tresbolillo, con un ancho de 9 metros y un flujo de peatones normal. Esta zona está alumbrada por seis luminarias dotadas con lámparas de tipo mezcla de 250w.

De la tabla 1 (Figura 3-14) se concluye que es un tipo de vía D.

De la tabla 4 (Figura 3-17) se extrae que se trata de una situación de proyecto tipo D3, con un flujo de peatones normal, y al que corresponde una clase de alumbrado S3.

Los niveles de iluminación para la clase S3 se determinan en la tabla 8 (Figura 3-16), obteniéndose los siguientes valores:

Iluminancia Media, E_m= 7.5 lux

Iluminancia Mínima, E_{min}=1.5 lux

3.3.3.6 Zona 6. Patio de Aulas.

El patio de aulas se trata de una zona peatonal, iluminada por doce luminarias dispuestas de forma unilateral, con una zona a iluminar con un ancho de ocho metros y un flujo de peatones normal. Las lámparas que proporcionan la luz son de 250w de tipo mezcla.

De la tabla 1 (Figura 3-14) se determina que es un tipo de vía E.

De la tabla 5 (Figura 3-15) se extrae que la situación de proyecto es E1, calles peatonales, con un flujo de tráfico de peatones normal, al que corresponde una clase de alumbrado S4.

Los niveles de iluminación requeridos para la clase S4 vienen especificados en la tabla 8 (Figura 3-16), en la que se observan los siguientes valores:

Iluminancia Media, E_m= 5 lux

Iluminancia Mínima, E_{min}=1 lux

En la actualidad, el alumbrado ornamental y varios proyectores instalados en las fachadas son los encargados de proporcionar la luz en esta zona. Es lógico pensar que quien debería proporcionar la luz en la zona es el alumbrado público, evitando la instalación y mantenimiento de dichos proyectores.

3.3.3.7 Zona 7. Barrio industrial.

La zona tratada es una vía con velocidad muy limitada que cuenta con un área de aparcamiento. El flujo de peatones es normal. Está dotada de 15 luminarias con lámparas de mezcla de 250w. La zona a calcular tiene un ancho de 6 metros. En esta zona se incluye también la Avenida CC Aguilar Tablada (cuesta de la Virgen), ya que la situación de trabajo es la misma que la descrita en el barrio industrial.

De la tabla 1 (Figura 3-14) se determina que es un tipo de vía D.

De la tabla 4 (Figura 3-17) se extrae que se trata de una situación de proyecto tipo D2, aparcamientos en general, con un flujo de peatones normal, y al que corresponde una clase de alumbrado CE4.

Los niveles mínimos requeridos para esta clase de alumbrado (CE4) se pueden extraer de la tabla 9 (Figura 3-19), y son los siguientes:

Iluminancia Media, E_m= 10 lux

Uniformidad Media, U_m= 0.4 lux

3.3.3.8 Valla exterior.

A lo largo de todo el perímetro sur de la Escuela Naval Militar, desde el gimnasio hasta la puerta de Portocelo y a lo largo de toda la valla, hay instaladas diecinueve luminarias, vestigio de anteriores distribuciones del recinto que en la actualidad ocupa la Escuela Naval, y que en la actualidad no cumplen otra función más que la meramente ornamental. Esto se comprueba mediante el hecho de que en la parte interior adyacente a dicha valla no hay ninguna zona que deba ser iluminada mediante alumbrado público, y en la parte exterior es el Excmo. Ayuntamiento de Marín quien tiene la responsabilidad sobre el vial existente. Es por ello que no se va a efectuar estudio alguno de eficiencia en esta parte de la instalación, recomendando el sustituir las actuales luminarias por otras más eficientes, con el simple objeto de cumplir con la función ornamental.

3.3.4 Resumen de zonas

Para facilitar el tratamiento de las zonas y su posterior análisis, la siguiente tabla recoge las características de cada zona.

Zona	Tipo de Vía	Situación de Proyecto	Clase de alumbrado	E_m(lux)	U_m(lux)	E_{min}(lux)
Zona 1	E	E1	S3	7.5	-	1.5
Zona 2	D	D3	S3	7.5	-	1.5
Zona 3	D	D2	CE4	10	0.4	-
Zona 4	D	D3	S3	7.5	-	1.5
Zona 5	D	D3	S3	7.5	-	1.5
Zona 6	E	E1	S4	5	-	1
Zona 7	D	D2	CE4	10	0.4	-

Tabla 3-5. Resumen de características por zonas de trabajo.

3.3.5 Clasificación respecto al resplandor luminoso nocturno

La referencia [9] determina una clasificación de las zonas en función de su protección contra la contaminación luminosa en función del tipo de actividad que se desarrolle en cada zona. En el caso de

la Escuela Naval Militar, y para todas las zonas consideradas para el presente trabajo, la clasificación de la zona es E3, es decir, se trata de un área de brillo o luminosidad media.

CLASIFICACIÓN DE ZONAS	DESCRIPCIÓN
E1	**ÁREAS CON ENTORNOS O PAISAJES OSCUROS:** Observatorios astronómicos de categoría internacional, parques nacionales, espacios de interés natural, áreas de protección especial (red natura, zonas de protección de aves, etc.), donde las carreteras están sin iluminar.
E2	**ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD BAJA:** Zonas periurbanas o extrarradios de las ciudades, suelos no urbanizables, áreas rurales y sectores generalmente situados fuera de las áreas residenciales urbanas o industriales, donde las carreteras están iluminadas.
E3	**ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD MEDIA:** Zonas urbanas residenciales, donde las calzadas (vías de tráfico rodado y aceras) están iluminadas.
E4	**ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD ALTA:** Centros urbanos, zonas residenciales, sectores comerciales y de ocio, con elevada actividad durante la franja horaria nocturna.

Figura 3-20. Clasificación de zonas según contaminación luminosa [9].

En la misma instrucción se establecen los valores límite de flujo hemisférico superior instalado, indicando, para el tipo de zona E3 un valor menor o igual al 15% del flujo instalado.

CLASIFICACIÓN DE ZONAS	FLUJO HEMISFÉRICO SUPERIOR INSTALADO FHS_{INST}
E1	≤ 1%
E2	≤ 5%
E3	≤ 15%
E4	≤ 25%

Figura 3-21. Valores límite del flujo hemisférico superior instalado [9].

3.4 Estudio de campo. Mediciones.

3.4.1 Descripción

Durante el presente apartado se detalla el procedimiento llevado a cabo para obtener los valores necesarios para la evaluación de la instalación actual de alumbrado público. El primer paso es definir el método utilizado para realizar las mediciones sobre el terreno, para a continuación detallar el proceso llevado a cabo y los equipos utilizados a tal fin.

3.4.2 Método simplificado de medida de la iluminancia media.

También denominado como método de los nueve puntos, este procedimiento permite calcular de forma simplificada la iluminancia media y las uniformidades media y general de una superficie. El método se lleva a cabo midiendo con un luxómetro la iluminancia en diferentes puntos, previamente establecidos, para luego efectuar una media ponderada, cuyo resultado es la iluminancia media. El método está definido claramente en [11].

En la Figura 3-22 se muestran los puntos en los que se debe efectuar la medida con el luxómetro. En dicho diagrama, “a” representa la anchura del vial o zona de medida y “s” representa la separación entre luminarias consecutivas. Aunque el método sólo utiliza la iluminancia en nueve puntos para el cálculo, se deben tomar medidas en los quince puntos que marca el diagrama, para evitar que una posible inclinación en las luminarias afecte al cálculo.

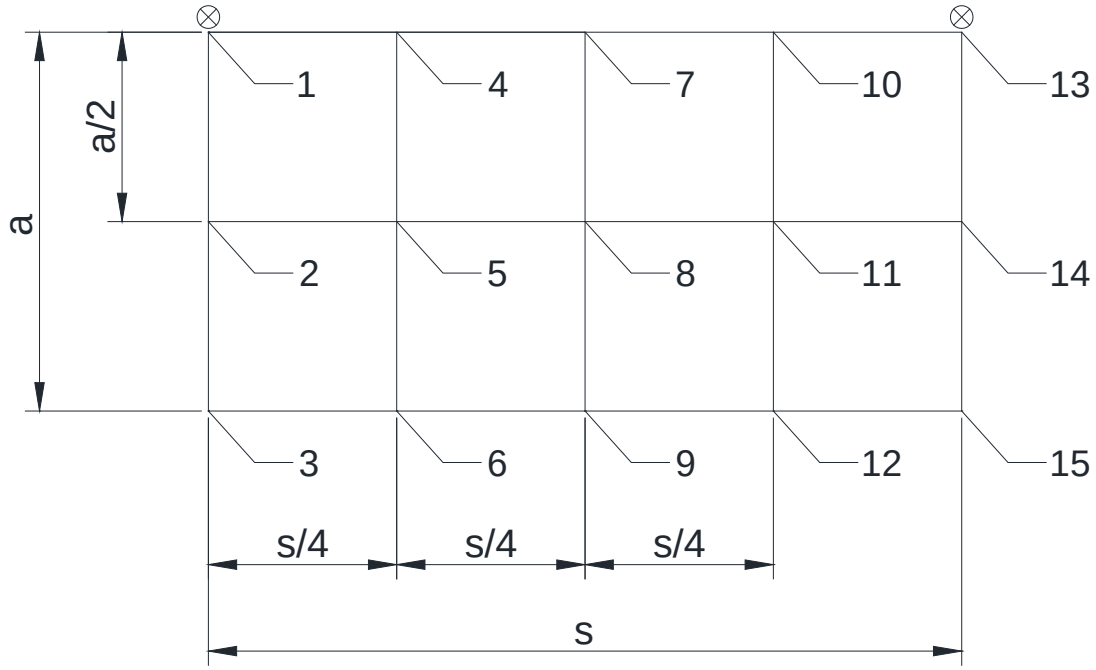


Figura 3-22. Diagrama de puntos de medida.

De esta forma, E_1, que se utilizará para el cálculo, y que sería la iluminancia correspondiente al punto 1, será igual a la media aritmética de la iluminancia medida en los puntos 1 y 13. Para el resto de iluminancias, menos para las de los puntos 7, 8 y 9 se procederá de igual forma. Las iluminancias a introducir en la ecuación general se calcularán siguiendo las ecuaciones que se muestran en la Tabla 3-6, en las que E_i es la iluminancia a introducir en la ecuación general y P_i son los valores medidos con el luxómetro en cada punto.

$E_1 = \frac{(P_1 + P_{13})}{2}$	$E_4 = \frac{(P_4 + P_{10})}{2}$	$E_7 = P_7$
$E_2 = \frac{(P_2 + P_{14})}{2}$	$E_5 = \frac{(P_5 + P_{11})}{2}$	$E_8 = P_8$
$E_3 = \frac{(P_3 + P_{15})}{2}$	$E_6 = \frac{(P_6 + P_{12})}{2}$	$E_9 = P_9$

Tabla 3-6. Ecuaciones para cálculo de iluminancias.

Una vez calculados estos valores, se introducirán en la ecuación para el cálculo de la iluminancia media, que proporciona el valor de iluminancia media medida en la zona. Con la iluminancia media calculada y la iluminancia mínima de la zona se puede calcular la uniformidad media de la zona, utilizando la Ecuación 3-2.

$$E_m = \frac{E_1 + 2E_2 + E_3 + 2E_4 + 4E_5 + 2E_6 + E_7 + 2E_8 + E_9}{16}$$

Ecuación 3-1. Cálculo de la iluminancia media.

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

Ecuación 3-2. Cálculo de la uniformidad media.

3.4.3 Procedimiento

El método que se utilizó para la medición de iluminancias es el de los nueve puntos, tal y como se explica en el apartado anterior. Para llevarlo a cabo se ha trazado una retícula utilizando cinta de carrocero en el suelo para marcar los puntos en los que se deben realizar las mediciones, tal como se muestra en la Figura 3-23.



Figura 3-23. Construcción de la retícula de medida en Zona 1.

A continuación se ha procedido a la toma de luminancias en cada punto de la retícula, situando el sensor del luxómetro en el punto correspondiente a cada iluminancia a medir. Para evitar generar sombras o reflexiones sobre el sensor de luz y que las medidas no se vean influenciadas por otros agentes, el operario debe situarse lo más lejos posible del sensor. Es recomendable incluso dejar el equipo en el suelo y alejarse lo máximo posible, evitando quedar entre las luminarias a medir y el luxómetro.



Figura 3-24. Medición de luminancia en punto 1, zona 1.

Para facilitar el trabajo de campo y llevar un registro de datos más riguroso se ha levantado una tabla de registro de datos, utilizando una hoja de cálculo, tal como se muestra en la Figura 3-25. La misma tabla tiene implementadas varias ecuaciones que permiten el cálculo de valores que se utilizarán posteriormente.

Zona	1
Nombre	Muelle Chereguini
Disposición	Tresbolillo

Número de luminarias	3
Potencia por iluminaria (W)	250
Dimensiones (ancho - largo)	5x18

Medidas (lux)	p1	p4	p7	p10	p13
	12,8	19,6	16,4	18,9	13,1
	p2	p5	p8	p11	p14
	22,5	20,3	16,2	19,8	20,4
	p3	p6	p9	p12	p15
	17,6	16,5	14,4	16,6	16,1

Ei (lux)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	13,0	21,5	16,9	19,3	20,1	16,6	16,4	16,2	14,4

Em (lux)=	18,0
Um=	0,7
Emin (lux)=	13,0

Figura 3-25. Tabla de toma de datos.

3.4.4 Equipo utilizado.

3.4.4.1 Luxómetro PCE-174.



Figura 3-26. Luxómetro PCE-174.

Se trata de un luxómetro de alta precisión, para uso profesional en los ámbitos de industria e investigación. Dispone de memoria para 16000 valores de medición, así como selección del rango de medición. Ofrece medición en lux y pies candela. También dispone de una conexión a PC mediante cable USB, que con el software específico suministrado permite analizar y procesar los valores de medición aunque durante el desarrollo de este trabajo no se ha utilizado esta función [12].

En la Tabla 3-7 se detallan las especificaciones técnicas de este luxómetro. El hecho de que el sensor de luz esté conectado a la unidad principal mediante un cable y no mediante una unión fija permite una mayor libertad de movimientos durante el uso del luxómetro. Así mismo, el estar alimentado por una pila convencional de 9V facilita su uso, ya que no hay que esperar durante un tiempo de carga a que un cargador externo cargue la batería en caso de que ésta se agote.

La Tabla 3-7 recoge las principales especificaciones técnicas de este luxómetro.

Especificaciones técnicas PCE-174	
Rangos	400.0/4000 lux 40.00/400.0 klux 40.00/400.0/4000 fc 40.00 kfc
Resolución	0.1/1/10/100 lux 0.01/0.1/1/10 footcandle
Precisión	±5% del valor de medición ±10 dígitos (<10000lux) ±10% del valor de medición ±10 dígitos (>10000lux)
Reproducibilidad	±3%
Memoria	16000 valores
Actualización de Pantalla	1.5 cada segundo
Pantalla	Pantalla LCD de 3 ¾ dígitos
Alimentación	Batería de 9V
Dimensiones	Aparato: 203x75x50mm Sensor de luz: 115x60x20mm
Peso	280g
Normativas	Seguridad: IEC-1010-1; EN 61010-1 EMV: EN 50081-1; EN 50082-1 Correspondiente DIN 5031; DIN 5032

Tabla 3-7. Especificaciones técnicas Luxómetro PCE-174 [12]

3.4.4.2 Instrumentos de medida.

Para la confección y marcado de la retícula de medida se han utilizado el odómetro RolaTape RT412D, descrito en el apartado 3.2.5.2, y una cinta métrica de 50 metros.

3.5 Cálculo experimental.

3.5.1 Descripción

En este apartado se detalla el procedimiento realizado para calcular los valores básicos de iluminación de cada zona, los valores relativos a la eficiencia de la instalación y el procedimiento de calificación energética de la instalación. Estos valores se utilizarán después para estudiar la eficiencia energética de la instalación actual, con el fin de proponer las pertinentes mejoras.

3.5.2 Cálculo de valores básicos

Para el cálculo de valores básicos se ha utilizado la misma hoja de cálculo en la que se han registrado las medidas (Figura 3-25). Esta hoja de cálculo tiene implementados los cálculos referentes al método simplificado de cálculo de la iluminancia media o de los nueve puntos. En las celdas marcadas con el título "Ei" se han introducido las ecuaciones detalladas en la Tabla 3-6, que toman los valores de las celdas marcadas con el título "Medidas" para devolver los valores que posteriormente se utilizarán en el cálculo de la iluminancia media.

En la celda titulada "Em" se ha insertado la ecuación del cálculo de la iluminancia media (Ecuación 3-1), que toma los valores calculados anteriormente y devuelve como resultado la iluminancia media.

La celda titulada "Um" tiene implementada la ecuación de cálculo de la uniformidad media (Ecuación 3-2).

La celda Emin dispone de una función que extrae el valor mínimo de las medidas efectuadas en la zona.

3.5.3 Cálculo de variables de eficiencia

Para determinar la eficiencia de la instalación de alumbrado actual se ha seguido lo indicado en [13]. Utilizando los valores de iluminancia media, superficie iluminada y potencia instalada, así como unos valores de referencia establecidos en una serie de tablas, se consigue obtener la eficiencia energética, el índice de eficiencia energética y la calificación energética de la instalación estudiada. A continuación se detalla el proceso.

El primer paso es determinar la eficiencia energética. Para ello se utiliza la Ecuación 3-3, donde "S" representa el área de la superficie de cálculo en m^2, "E_m" representa la iluminancia media, calculada anteriormente, en lux y "P" representa la potencia eléctrica instalada. Hay que reseñar que "P" se refiere exclusivamente a las luminarias situadas en la superficie de cálculo y no a las de toda la instalación.

$$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \quad \left(\frac{m^2 lux}{W}\right)$$

Ecuación 3-3. Cálculo de eficiencia energética.

Una vez calculada la eficiencia energética, se comparan los valores obtenidos con los valores mínimos que determina la Figura 3-27, con el objeto de establecer si la instalación cumple con dichos requisitos o no. En caso de que el valor de iluminancia media no coincida con uno de los marcados en la tabla, se deberá interpolar linealmente entre los valores superior e inferior para obtener la eficiencia energética mínima requerida en la instalación.

Iluminancia media en servicio E_m(lux)	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$
≥ 20	9
15	7,5
10	6
7,5	5
≤ 5	3,5
Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal	

Figura 3-27. Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial ambiental [13].

Con el objetivo de facilitar la realización de los cálculos descritos, se ha creado una hoja de cálculo que permite resolver las ecuaciones e interpolaciones introduciendo los valores obtenidos en las tablas y los valores obtenidos experimentalmente (Figura 3-28).

En el apartado Datos de entrada se deben introducir los valores de iluminancia media, potencia instalada y la superficie iluminada por la instalación. Para el cálculo de eficiencia mínima requerida en la instalación, y en caso de que el valor de iluminancia media no coincida con ninguno de la tabla, se deberán introducir los valores superiores e inferiores leídos en la tabla, de forma que la hoja de cálculo efectúa la interpolación lineal. Sucede lo mismo para el cálculo del valor de la eficiencia de referencia que se detallará más adelante.

En el apartado salida se muestran los resultados de las dos interpolaciones así como de los cálculos de la eficiencia energética de la instalación, del índice de consumo energético y del índice de eficiencia energética, estos dos últimos necesarios para la posterior calificación energética del sistema.

Datos de entrada	
Em (lux)	8,36
Potencia (W)	206,3
Superficie (m2)	180

Salida	
Ɛmin (m2*lux/W)	5,344
IƐ	0,948781439
ICE	1,053983519
Ɛr (m2*lux/W)	7,688
Ɛins (m2*lux/W)	7,294231701

Cálculo de Ɛmin	
Esup (lux)	Ɛsup (m2*lux/W)
10	6
Einf (lux)	Ɛinf (m2*lux/W)
7,5	5

Cálculo de Ɛr	
Esup (lux)	Ɛrsup (m2*lux/W)
10	9
Einf (lux)	Ɛrinf (m2*lux/W)
7,5	7

Figura 3-28. Hoja de cálculo de datos de eficiencia.

3.5.4 Calificación energética de la instalación.

El primer paso para obtener la calificación energética de la instalación es calcular el índice de eficiencia energética, según la Ecuación 3-4.

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

Ecuación 3-4. Cálculo del Índice de eficiencia energética.

Para obtener los valores de ε_R, se debe utilizar la Figura 3-29, entrando con el valor de iluminancia media proyectada. Al igual que con la eficiencia energética, en caso de que la iluminancia media proyectada no se encuentre entre los valores dados en la tabla, se deberá interpolar entre los valores superior e inferior para hallar la eficiencia energética de referencia.

Alumbrado vial funcional		Alumbrado vial ambiental y otras instalaciones de alumbrado	
Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia ε_R $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$	Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia ε_R $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$
≥ 30	32	--	--
25	29	--	--
20	26	≥ 20	13
15	23	15	11
10	18	10	9
≤ 7,5	14	7,5	7
--	--	≤ 5	5
Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal			

Figura 3-29. Valores de eficiencia energética de referencia [13].

Con el objetivo de facilitar la interpretación de los datos, se debe calcular también el índice de consumo energético (ICE) que se calcula mediante la Ecuación 3-5.

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

Ecuación 3-5. Índice de consumo energético.

Tanto las interpolaciones necesarias para el cálculo de los valores de eficiencia energética de referencia como las ecuaciones de cálculo del índice de eficiencia energética y de cálculo del índice de consumo energético se han implementado una hoja de cálculo, tal y como se describe y explica en el apartado 3.5.3.

Para la calificación energética, se deben comparar los valores de Iε e ICE obtenidos con los que recoge la Figura 3-30, resultando la obtención de la letra que indica la calificación energética de la instalación. Como se ve en la figura, las letras están comprendidas entre la A y la G, siendo la instalación calificada con A la más eficiente.

Calificación Energética	Índice de consumo energético	Índice de Eficiencia Energética
A	ICE < 0,91	Iε > 1,1
B	0,91 ≤ ICE < 1,09	1,1 ≥ Iε > 0,92
C	1,09 ≤ ICE < 1,35	0,92 ≥ Iε > 0,74
D	1,35 ≤ ICE < 1,79	0,74 ≥ Iε > 0,56
E	1,79 ≤ ICE < 2,63	0,56 ≥ Iε > 0,38
F	2,63 ≤ ICE < 5,00	0,38 ≥ Iε > 0,20
G	ICE ≥ 5,00	Iε ≤ 0,20

Figura 3-30. Calificación energética de una instalación de alumbrado [13].

Con la letra obtenida para la calificación energética de la instalación y varios datos más de eficiencia y consumo de la instalación se deberá completar una etiqueta, que se entregará al cliente junto a la instalación, y que permite visualizar de forma sencilla la calificación energética de la instalación.

3.6 Simulación

3.6.1 Introducción

Con el fin de evaluar la conveniencia de sustituir la actual instalación por otra más eficiente se han realizado varias simulaciones con el software de iluminación DIALux. En primer lugar, se ha realizado una simulación sustituyendo las luminarias actuales por luminarias actuales con tecnología LED, buscando mayor eficiencia en la instalación pero conservando el emplazamiento actual de las luminarias. En segundo lugar, se ha realizado una simulación buscando exclusivamente una mayor eficiencia, proponiendo un nuevo emplazamiento de luminarias.

Para ello será necesario crear una escena de cálculo en el programa DIALux importando los objetos creados con AutoCAD, asignándoles texturas y emplazando las luminarias, para a continuación comenzar la simulación con el software. También será necesario seleccionar las luminarias nuevas, para lo que se realizarán una serie de simulaciones preliminares a fin de acotar la búsqueda.

En el presente apartado se detalla el proceso llevado a cabo para obtener la escena así como para seleccionar las luminarias a estudiar.

3.6.2 Creación de la escena

3.6.2.1 Importación en DIALux

Para utilizar los objetos creados con AutoCAD en el entorno del software de iluminación es necesario importarlos. Para ello, desde el menú archivo, se selecciona la opción importar, y a continuación la opción archivos de objeto.

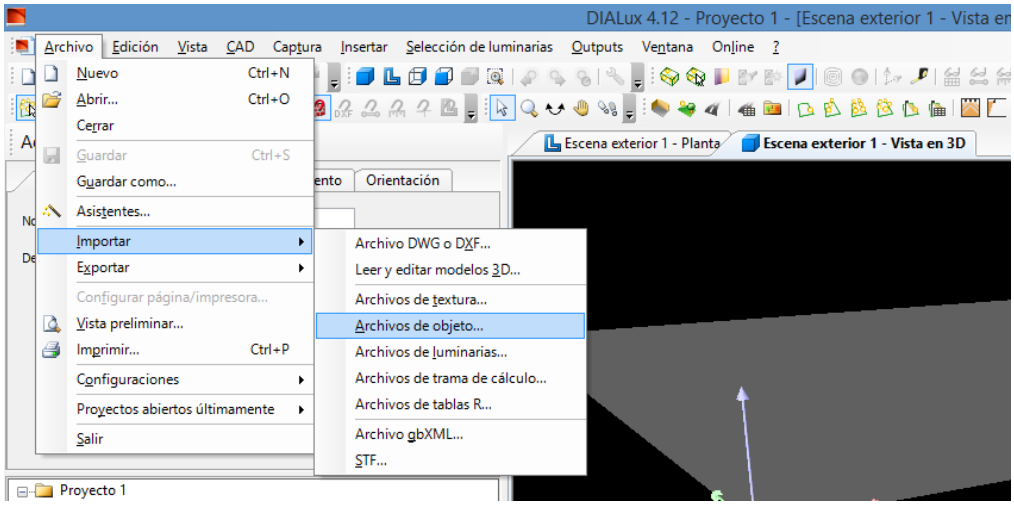


Figura 3-31. Opciones de importación.

A continuación se selecciona el objeto a importar en la carpeta en la que se haya exportado desde AutoCAD. Una vez se ha importado en el programa, el objeto pasa a formar parte de una lista de objetos disponibles para utilizar en el programa. Desde esa lista se puede insertar en la escena en la que se esté trabajando.

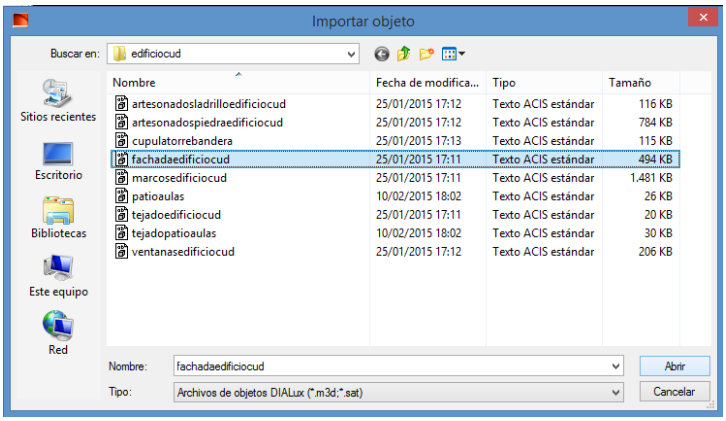


Figura 3-32. Menú importar objeto.

Para emplazar correctamente los edificios en la escena se puede ajustar su posición recurriendo al menú existente al efecto. En el caso de los objetos que se han importado en la escena actual, todos vienen referenciados al mismo origen, definido en el dibujo de AutoCAD, por lo que los objetos se insertan en su posición correcta sin tener que modificar ningún parámetro.

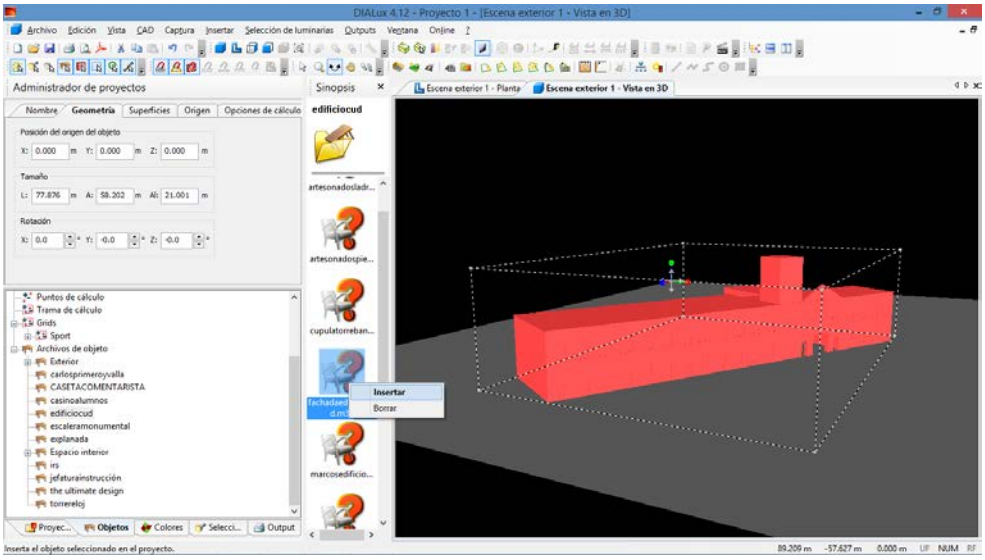


Figura 3-33. Objeto importado e insertado en la escena.

3.6.2.2 Aplicación de texturas y materiales.

Para que la simulación pueda tener en cuenta las texturas de cada edificio y objeto presente en la escena, se debe asignar a cada edificio y objeto una textura. El software tiene instaladas una serie de texturas que cubren la mayoría de materiales utilizados en la construcción, y que son suficientes para simular los materiales constructivos utilizados en los edificios considerados.

Además, para que el programa tenga en cuenta los coeficientes de reflexión y absorción de luz de cada material, a cada objeto presente en la escena se le debe asignar un material de los que ofrece el software.

Para asignar un material se selecciona el objeto en cuestión, de forma que en la parte izquierda de la pantalla aparece un menú con varias pestañas, entre las que se encuentra una denominada “Superficies”. Dicho menú permite asignar a cada una de las superficies del objeto un material en concreto.

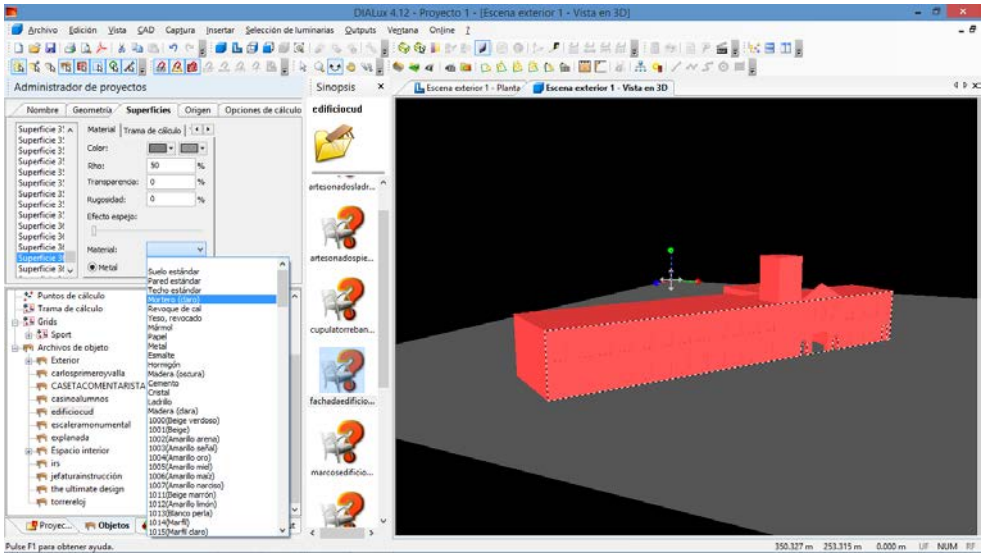


Figura 3-34. Asignación de material a la fachada del CUD.

Para asociar una textura al objeto que estamos tratando se debe ir a la pestaña “Colores”, en la parte inferior del menú de la izquierda, seleccionar la textura que queremos utilizar y arrastrarla sobre el objeto que estamos tratando.

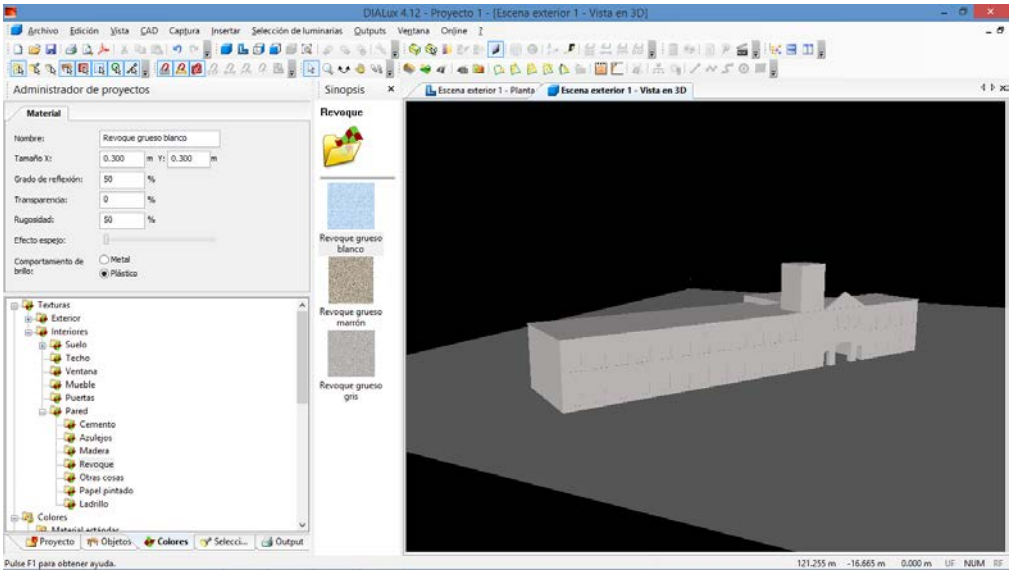


Figura 3-35. Textura asignada a la fachada del CUD.

3.6.2.3 Introducción de luminarias

Una vez determinadas las luminarias a simular hay que introducirlas en la escena. Para ello las extensiones que ofrecen los fabricantes con sus productos tienen la opción de introducir los datos de la luminaria directamente en el programa.

A continuación se describe el procedimiento para introducir una luminaria desde el catálogo de la marca comercial Disano, que es representativo del procedimiento que se sigue con el catálogo de cualquier marca.

En primer lugar se debe seleccionar la extensión de la marca deseada, buscando en el menú “Catálogo DIALux” dentro del menú “Selección de Luminarias”.

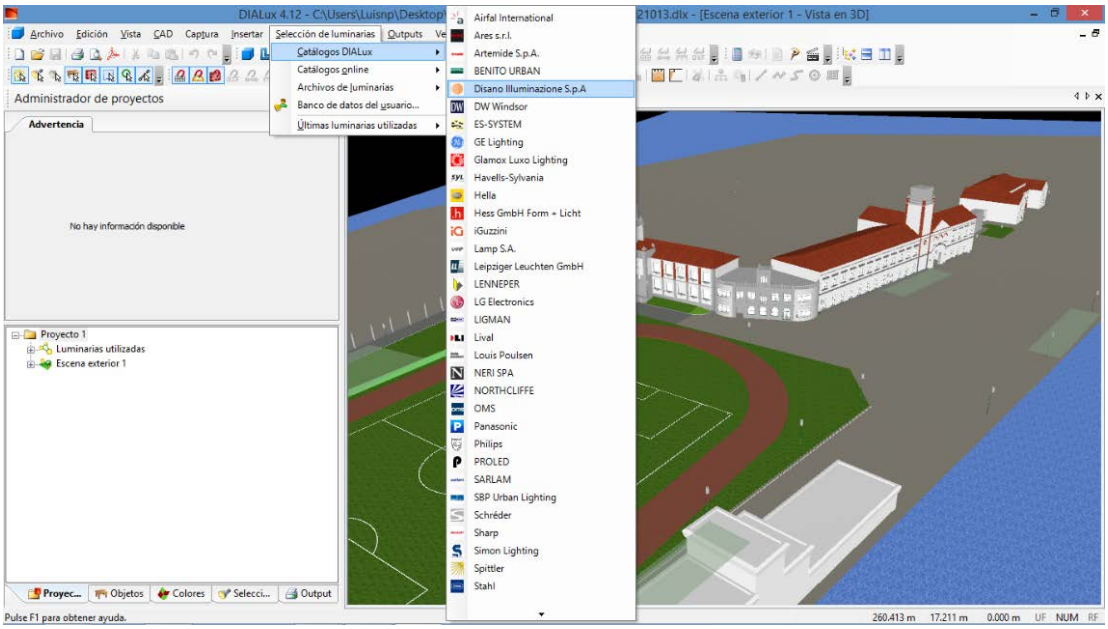


Figura 3-36. Selección del catálogo de Disano Iluminazione.

Una vez el catálogo de la marca se ha abierto se buscará la luminaria deseada cubriendo los campos de búsqueda que permite el plugin, que suelen abarcar familia, subfamilia, tipo de lámpara, descripción de la lámpara o número de serie.

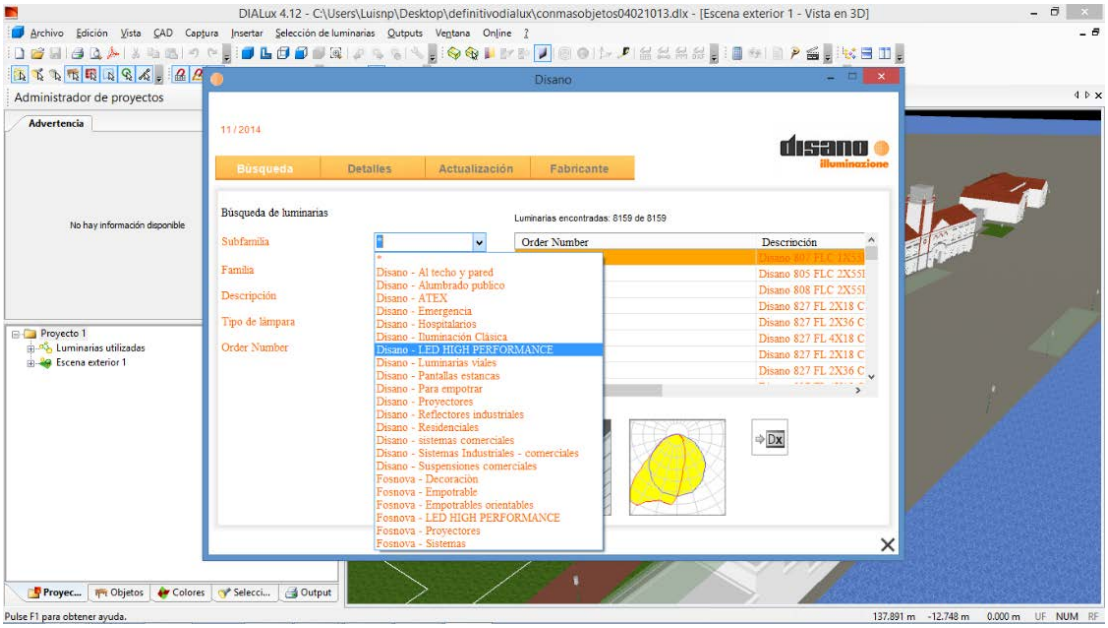


Figura 3-37. Selección de tipo de subfamilia de la luminaria buscada.

La propia extensión permite ver los detalles que proporciona el fabricante para la luminaria seleccionada. Para insertar la luminaria en el proyecto bastará con hacer uso del botón destinado al efecto con la luminaria seleccionada.

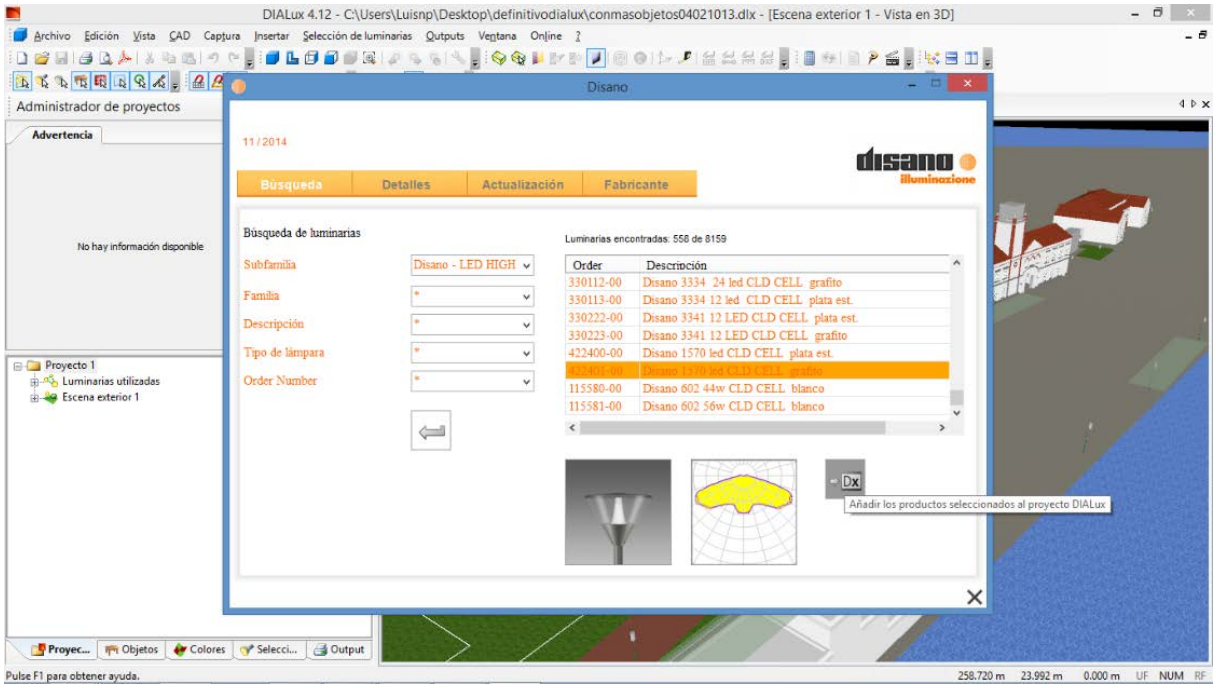


Figura 3-38. Luminaria seleccionada y botón "Añadir al proyecto".

La luminaria pasa entonces a formar parte de la lista de luminarias disponibles para utilizar en el proyecto que se está realizando. Esta lista se puede consultar en la parte izquierda de la pantalla de

trabajo. Las luminarias se pueden insertar en la escena de manera individual, siguiendo una distribución lineal, una distribución de campo o una distribución circular.

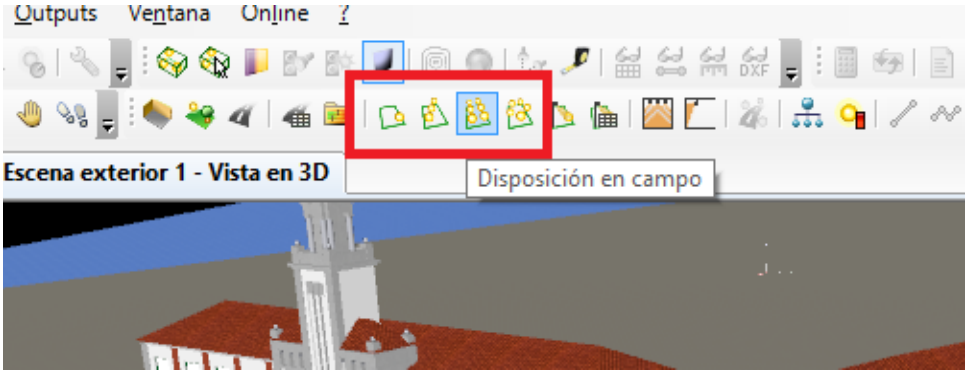


Figura 3-39. Botones de selección de disposición.

El tipo de inserción que se quiere realizar se selecciona mediante los botones situados en la parte superior de la pantalla. Dependiendo de qué tipo de inserción se selecciona, el programa muestra una serie de campos a rellenar, como distancia a cubrir, número de luminarias, filas deseadas o radio del círculo deseado. El programa también ofrece la opción de realizar un cálculo estimativo de las luminarias necesarias en una zona para lograr una iluminancia media determinada.

Una vez las luminarias están insertadas se pueden modificar los parámetros de situación de las mismas, permitiendo un emplazamiento exacto en la escena y garantizando la obtención de resultados exactos en la simulación.

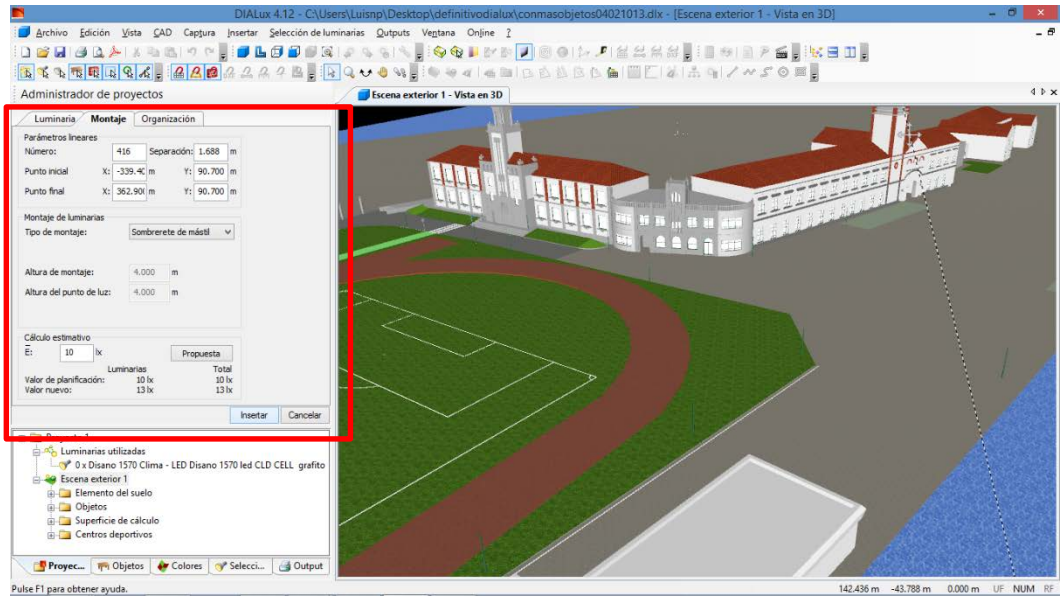


Figura 3-40. Opciones de inserción lineal y botón insertar.

3.6.3 Cálculo.

3.6.3.1 Creación de superficies de cálculo.

Para poder obtener resultados que se puedan comparar con los obtenidos en las mediciones en el terreno es necesario insertar superficies de cálculo en las que el programa calcule los valores deseados. El programa proporciona la opción de insertar superficies, tramas y puntos para calcular valores

relacionados con la iluminación. Para insertar una superficie de cálculo habrá que dirigirse al menú situado en la parte izquierda de la pantalla, a la pestaña “Objetos”, y seleccionar la superficie a insertar.

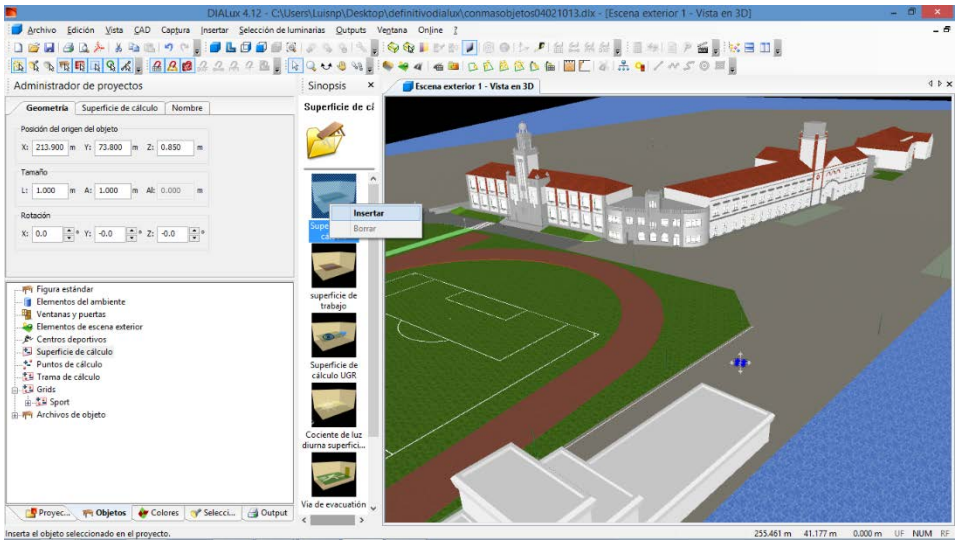


Figura 3-41. Inserción de superficie de cálculo.

Tanto antes como después de insertar la superficie de cálculo el programa permite variar sus dimensiones y posición, de forma que se ajuste exactamente a la zona que se quiere calcular y los resultados sean precisos. Es importante prestar atención a la altura de la superficie de cálculo, ya que el programa asigna por defecto un valor de 0.85 metros, valor correspondiente al cálculo en interiores, y que no es válido para el cálculo en exteriores. Como indica la normativa, la superficie de cálculo deberá estar a nivel del suelo.

3.6.3.2 Ejecución del cálculo.

Una vez definida la escena, introducidas las luminarias y definidas las superficies de cálculo el programa está listo para simular la escena y calcular todas las variables de iluminación. Para comenzar la simulación hay que pulsar el botón “Iniciar cálculo”, situado en la barra de herramientas superior.

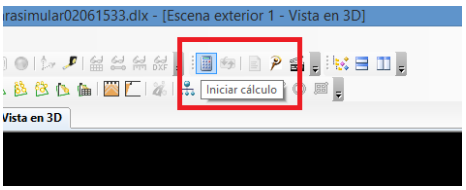


Figura 3-42. Botón "Iniciar Cálculo".

Este botón abre un menú que permite seleccionar las opciones de simulación que ofrece el software. Se puede elegir qué escena simular, en el caso de este trabajo sólo hay una, si incluir o no los objetos y luminarias y si calcular de forma simplificada los objetos. También permite elegir entre dos formas de cálculo, la estándar, recomendada por el desarrollador, o una con mayor precisión, que exige mayor potencia de cálculo.

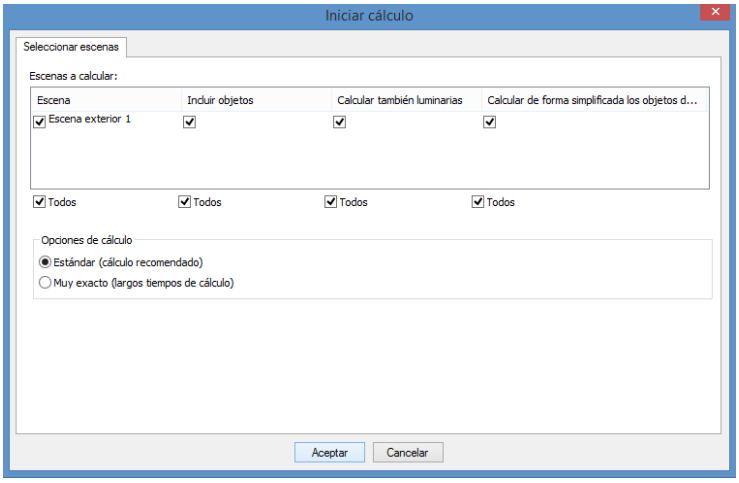


Figura 3-43. Menú Iniciar Cálculo.

Una vez seleccionadas las variables de cálculo el programa comenzará a calcular, mostrando un diálogo en el que se detallan las fases y progreso del cálculo. Dependiendo de la complejidad de la escena a calcular, el tiempo de simulación variará.

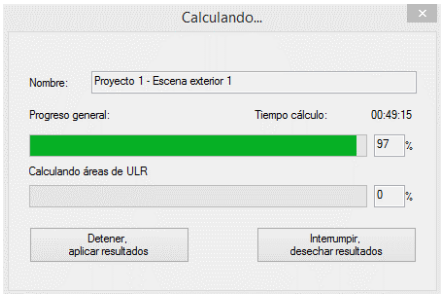


Figura 3-44. Diálogo de cálculo.

3.6.4 Elección de luminarias

A continuación se detallan las luminarias que se han seleccionado para la simulación. La selección se ha basado en varios factores, tales como relación calidad-precio, estética, prestigio de la marca, potencia o flujo luminoso emitido. Se ha realizado una búsqueda exhaustiva entre todas las opciones que hay en el mercado, teniendo en cuenta a la mayoría de fabricantes que ofrecen el plugin para el programa DIALux. Este requisito se antoja indispensable para poder realizar la simulación.

Para efectuar la elección de luminarias para la primera simulación, de entre todos los factores a tener en cuenta han cobrado especial relevancia la potencia y el flujo luminoso, ya que en las simulaciones previas se ha observado que para garantizar los valores que exigen la normativa con el emplazamiento actual de luminarias son necesarias luminarias con niveles de potencia muy elevados, en torno a 100 W. Este factor ha desechado gran parte de los fabricantes, ya que estos niveles de potencia no son habituales en alumbrado ambiental urbano. Se han elegido tres luminarias debido a que se quiere comprobar en varios casos si la disposición actual de luminarias es adecuada.

Para efectuar la elección de luminarias para la segunda simulación se ha tenido en cuenta que al buscar por encima de todo la eficiencia y no estar limitados por el emplazamiento actual de las luminarias, el abanico de fabricantes y luminarias diferentes a considerar es prácticamente de todo el mercado, y la disposición cambiará dependiendo de la luminaria elegida.

Se ha decidido así mismo seleccionar un solo tipo de luminaria, con el objeto de facilitar el mantenimiento posterior de la instalación, así como porque los niveles de iluminación a conseguir en cada zona de trabajo son muy similares.

3.6.4.1 Simulaciones previas

Para implementar un sistema de búsqueda y selección eficiente se hace necesario acotar la búsqueda al máximo, de forma que se puedan desechar rápidamente un gran número de luminarias o fabricantes por no cumplir con alguno de los factores tenidos en cuenta.

En la búsqueda para la primera simulación, las simulaciones previas han permitido acotar ese rango de búsqueda entre lámparas con potencias elevadas, permitiendo descartar una gran cantidad de fabricantes que centran sus esfuerzos en luminarias con potencias bajas o medias, de uso más extendido. Para llevar a cabo estas simulaciones previas se ha generado una escena con DIALux en la que sólo se incluyen las luminarias a estudio y unas superficies de cálculo equivalentes.

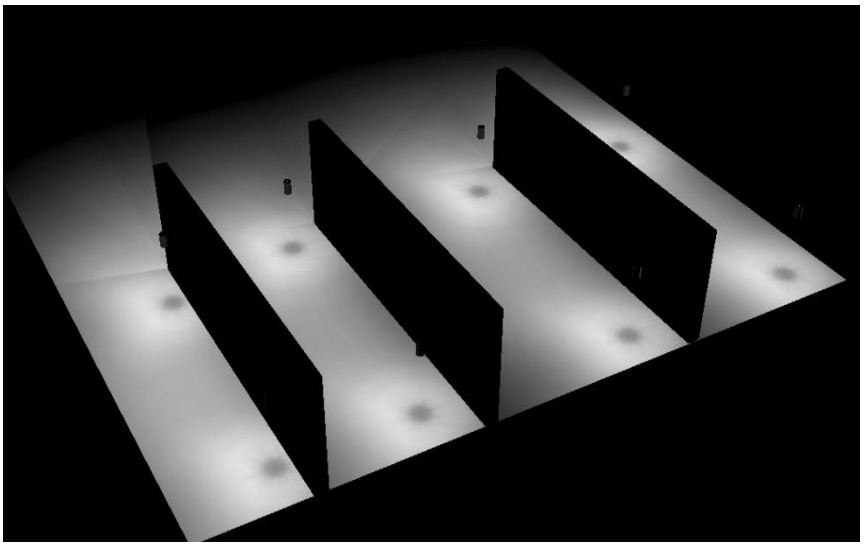


Figura 3-45. Simulación previa probando una luminaria con varias superficies de cálculo. Se aprecian las luminarias y los bloques negros creados con el programa.

Con el objetivo de sacar el máximo rendimiento a las simulaciones previas, se han probado varias superficies de cálculo con varias luminarias, separándolas mediante cuerpos sólidos que permite crear el programa para evitar interferencias entre luminarias y zonas de cálculo. A dichos sólidos se les ha aplicado una superficie de color negro, con coeficiente de reflexión igual a cero, de forma que la reflexión en ellos que pueda afectar al cálculo sea nula.

3.6.5 Luminarias elegidas para la primera iteración

A continuación se detallan las luminarias elegidas para efectuar la simulación conservando el emplazamiento actual de las luminarias. Las tres opciones se caracterizan por su elevada potencia y flujo luminoso. Para hacer más cómoda la identificación de las luminarias sin tener que hacer constante referencia a su marca y modelo se ha asignado una letra a cada luminaria, que se utilizará a lo largo de todo el trabajo.

3.6.5.1 Luminaria A. Philips Metronomis Fluid BDS670 1xECO110-2S/740 MDV



Figura 3-46. Luminaria Philips Metronomis Fluid [14].

Se trata de una luminaria del fabricante holandés Philips. Dicho fabricante es uno de los fabricantes con más prestigio a nivel internacional, siendo sus productos referentes tanto en calidad como en prestaciones. El modelo elegido tiene una estética acorde a la existente en la Escuela Naval Militar en la actualidad, y, aunque ofrece una estética moderna no rompe con la armonía del entorno.

Se ha elegido este modelo en concreto porque se estima que conseguirá cumplir con los requisitos mínimos, debido a su potencia y a que posee un diagrama de radiación con una apertura muy marcada, por encima de 60º.

Sus características técnicas se resumen en la Tabla 3-8.

Philips Metronomis Fluid	
Tipo	1xECO110-2S/740 MDV
Potencia	106 W
Fuente de luz	Módulo LED integrado ECO110-2S
Flujo luminoso de la lámpara	11857 lm
Flujo luminoso	9841 lm
L.O.R.	0.83
Eficiencia luminosa	92 lm/w

Temperatura de color	4000k
Duración de la lámpara	100000 horas
Voltaje de entrada	220-240 V / 50-60 Hz
Dimensiones	0.99 x 0.56 m

Tabla 3-8. Características técnicas Philips Metronomis Fluid.

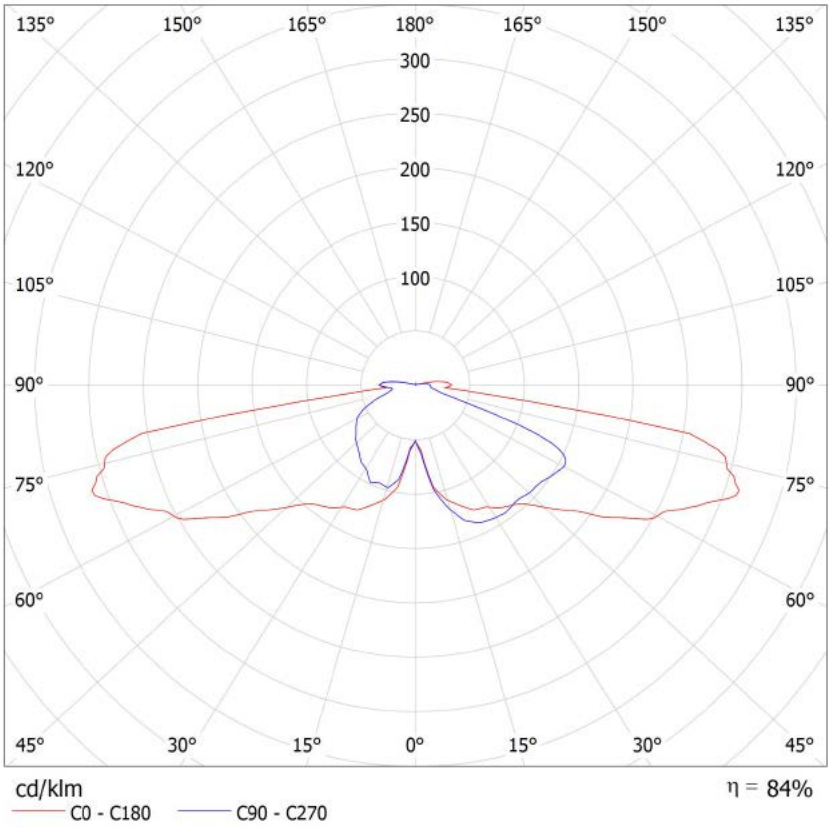


Figura 3-47. Diagrama de radiación polar luminaria Philips.

3.6.5.2 Luminaria B. Disano 1570 Clima – LED



Figura 3-48. Luminaria Disano 1570 Clima - LED.

El fabricante italiano Disano Iluminazione S.p.A. ofrece una amplia gama de luminarias destinadas a todos los usos, caracterizándose por tener una gran relación calidad-precio. La luminaria 1570 Clima – LED se ha elegido por aunar un gran flujo luminoso con una estética acorde a la instalación actual. En su diagrama de radiación polar se puede observar que la apertura del haz es grande, lo que significa que la zona de luz generada por esta luminaria será suficientemente grande para cumplir con lo requerido.

Disano 1570 Clima - LED	
Tipo	1570 Clima
Potencia	101 W
Fuente de luz	Módulo LED integrado
Flujo luminoso de la lámpara	12960 lm
Flujo luminoso	9976 lm
L.O.R.	0.77
Eficiencia luminosa	98 lm/w
Temperatura de color	4000k
Duración de la lámpara	60000 horas
Voltaje de entrada	220-240 V / 50-60 Hz
Dimensiones	0.43 x 0.50 m

Tabla 3-9. Especificaciones técnicas Disano 1570 Clima - LED.

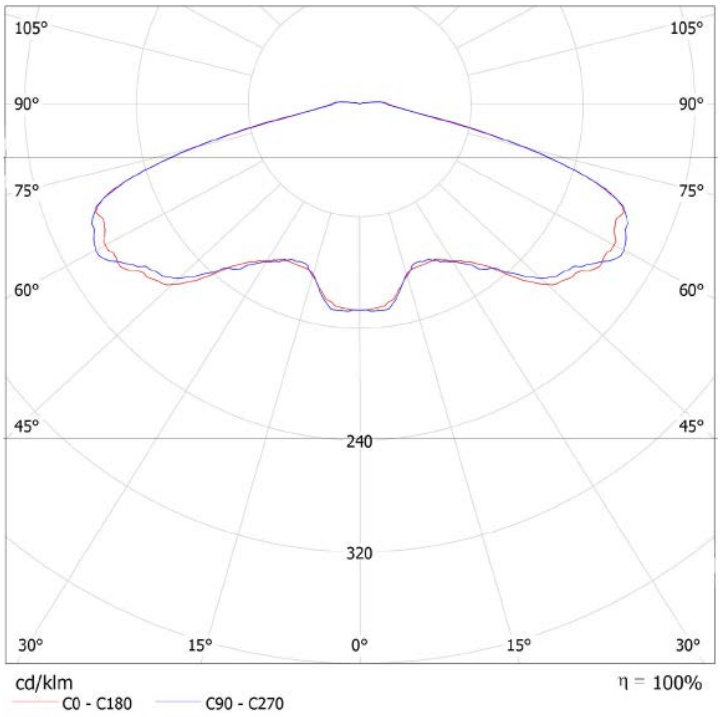


Figura 3-49. Diagrama de radiación polar luminaria Disano.

3.6.5.3 Luminaria C. Lamp NIU LED VIAL 48 LEDS Clase II GR.



Figura 3-50. Luminaria Lamp NIU LED.

Lamp es un fabricante español con presencia en toda Europa, Asia y América. Se caracteriza por tener una gran flexibilidad a la hora de implementar sus productos. Sus productos se caracterizan por tener una estética moderna y actual. En el caso de la luminaria seleccionada, su estética rompe con la actual, aunque dotaría de un ambiente de modernidad a la instalación de alumbrado público de la Escuela Naval Militar. Aunque su diagrama de radiación polar es un poco más cerrado que en la luminaria anterior, la potencia de su lámpara y la direccionalidad del flujo luminoso creará suficiente luz en las zonas requeridas.

Lamp NIU LED	
Tipo	8141573
Potencia	104 W
Fuente de luz	Módulo LED integrado
Flujo luminoso de la lámpara	6118 lm
Flujo luminoso	5784 lm
L.O.R.	0.94
Eficiencia luminosa	55 lm/w
Temperatura de color	4500k
Duración de la lámpara	50000 horas
Voltaje de entrada	220-240 V / 50-60 Hz
Dimensiones	0.13 x 0.56 m

Tabla 3-10. Especificaciones técnicas Lamp NIU LED VIAL.

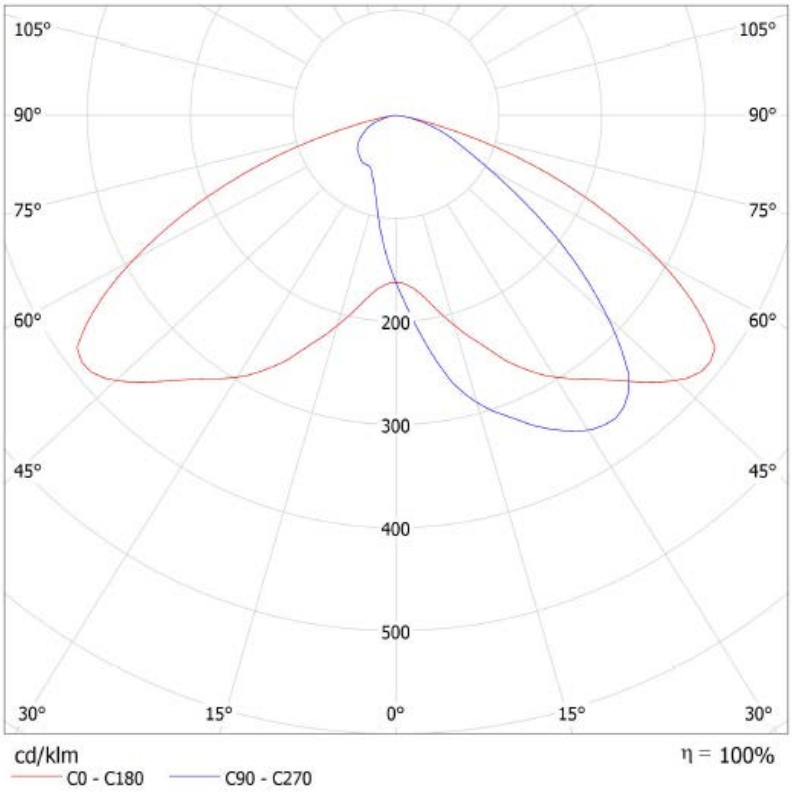


Figura 3-51. Diagrama de radiación polar luminaria Lamp.

3.6.6 Luminaria para la segunda iteración



Figura 3-52. Luminaria Philips Metronomis Fluid.

Para la segunda simulación se ha elegido la luminaria Philips Metronomis Fluid BDS670 1xGRN50-2S/740 MDM. El motivo es que el fabricante es el referente a nivel mundial, y pese a que su precio es algo más elevado que el resto de opciones del mercado, su calidad y rendimiento están más que contrastados. La estética de esta luminaria es relativamente similar a la existente en la instalación actual, por lo que no debería romper con la armonía del entorno.

Philips Metronomis Fluid	
Tipo	1xGRN50-2S/740 MDM
Potencia	45.2 W
Fuente de luz	Módulo LED integrado GRN50-2S
Flujo luminoso de la lámpara	5000 lm
Flujo luminoso	4200 lm
L.O.R.	0.84
Eficiencia luminosa	92 lm/w
Temperatura de color	4000k
Duración de la lámpara	100000 horas
Voltaje de entrada	220-240 V / 50-60 Hz
Dimensiones	0.99 x 0.56 m

Figura 3-53. Características técnicas luminaria Philips Metronomis BDS670 1xGRN50-2S/740 MDV.

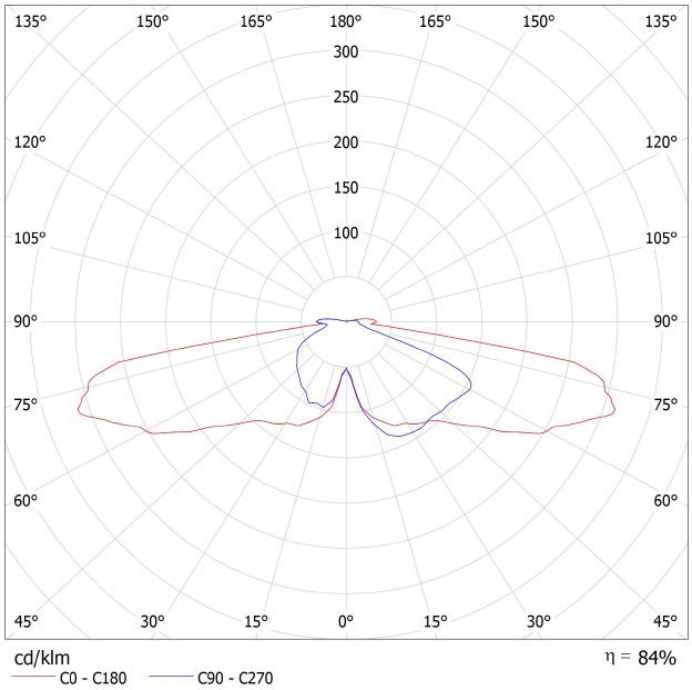


Figura 3-54. Diagrama de radiación de la luminaria Philips BDS670 1xGRN50-2S/740 MDV.

3.6.7 Emplazamiento propuesto segunda iteración

3.6.7.1 Muelle GM Chereguini

Se propone ubicar una línea de 3 luminarias en la parte este del muelle, lo que sustituiría la actual disposición en tresbolillo por una unilateral y restaría 3 luminarias al conjunto. La separación entre luminarias propuesta es de 20 metros.

3.6.7.2 Parte norte de la Explanada

Se mantiene la disposición unilateral en la parte norte de la explanada, pero disminuyendo la separación entre luminarias a 20 metros. Esto implicaría instalar 11 luminarias, cuatro más que en la instalación actual.

3.6.7.3 Fachada del Centro Universitario de la Defensa

Manteniendo la disposición unilateral a lo largo de la fachada, se propone instalar cinco luminarias con una separación de 18 metros entre ellas, lo que implica instalar una luminaria más. Las luminarias de la Escalera Monumental y del Casino de Alumnos se mantienen en su posición actual.

3.6.7.4 Plaza D. Juan de Austria y Torre del Reloj

Se propone eliminar todas las luminarias existentes en la fachada de la Torre del Reloj, instalando 22 luminarias con una separación entre ellas de 20 metros a lo largo del perímetro de la zona de césped alrededor de la pista de atletismo.

3.6.7.5 Patio de Aulas

Se propone eliminar todas las luminarias instaladas actualmente, así como el alumbrado ornamental y los focos instalados actualmente. En su lugar se colocarán 7 luminarias a lo largo de las fachadas este, norte y oeste, y cuatro en la fachada de la parte sur, tal y como se especifica en el plano 4, dando un total de 11 luminarias.

3.6.7.6 Barrio industrial

Se propone sustituir la instalación actual por una instalación unilateral formada por luminarias con una separación de 18 metros. Formarían la instalación un total de 35 luminarias.

3.6.7.7 Perímetro sur

Como ya se ha adelantado en el desarrollo del trabajo, se propone eliminar toda la instalación de luminarias correspondiente a la valla sur.

3.6.7.8 Resumen

La instalación propuesta contaría con un total de 98 luminarias, distribuidas coherentemente a lo largo de las principales zonas de alumbrado de la Escuela Naval Militar.

3.6.8 Niveles de deslumbramiento

Las cuatro luminarias seleccionadas cumplen perfectamente con lo establecido por la normativa vigente respecto al resplandor luminoso nocturno y luz intrusa. En primer lugar, y como se puede comprobar en los diagramas de radiación polares de cada luminaria, el flujo hemisférico superior instalado en los cuatro casos es nulo. Cumple así con el límite establecido de un flujo hemisférico superior instalado menor al 15% del flujo luminoso total.

En cuanto a la limitación de luz intrusa o molesta y centrándose en el apartado de intensidad luminosa máxima emitida por las luminarias, que establece un valor máximo de 10000 candelas para el tipo de zona que se está considerando (E3), las cuatro luminarias emiten menos intensidad luminosa que el límite establecido. Efectuando el pequeño cálculo que se describe en la Ecuación 2-1 se ha calculado la intensidad luminosa máxima de cada luminaria. Los resultados se resumen en la Tabla 3-11.

Luminaria	Intensidad máxima	Intensidad máxima permitida	Cumple
Philips ECO110	2558.66 cd	10000 cd	Sí
Disano	1995.2 cd	10000 cd	Sí
Lamp	2255.76 cd	10000 cd	Sí
Philips GRN50	1344 cd	10000 cd	Sí

Tabla 3-11. Intensidades luminosas máximas.

3.7 Renderizado 3D

3.7.1 Introducción

El software DIALux permite el renderizado en 3D de la escena creada. A tal fin, dispone de dos herramientas diferentes, aunque una de ellas sólo funciona cuando se ha llevado a cabo la simulación.

3.7.2 Rendering 3D

Esta herramienta básica permite obtener imágenes renderizadas directamente obtenidas de lo que muestra el programa en pantalla, pero con bordes suavizados y una mejor calidad. El programa sólo genera imágenes después de realizar la simulación, ya que utiliza este renderizado para generar las imágenes que incluye en la documentación creada de cada proyecto. Esto implica que se obtienen como una imagen dentro de un archivo PDF y que hay que extraerlas de dicho archivo.

3.7.3 POV-Ray

Esta aplicación integrada en el software DIALux se distribuye también como un programa gratuito de trazado de rayos. La herramienta se basa en un algoritmo que sintetiza imágenes tridimensionales. Dicho algoritmo se basa en el trazado de rayos desde el observador hasta la escena a través del plano de la imagen. Teniendo en cuenta reflexiones, refracciones y sombras calcula y determina las superficies visibles y la intensidad con la que tienen que estar iluminadas. El renderizado con esta herramienta es mucho más realista que el que proporciona el programa como visualización, y permite ver detalles y sombras que no se ven en la simulación.

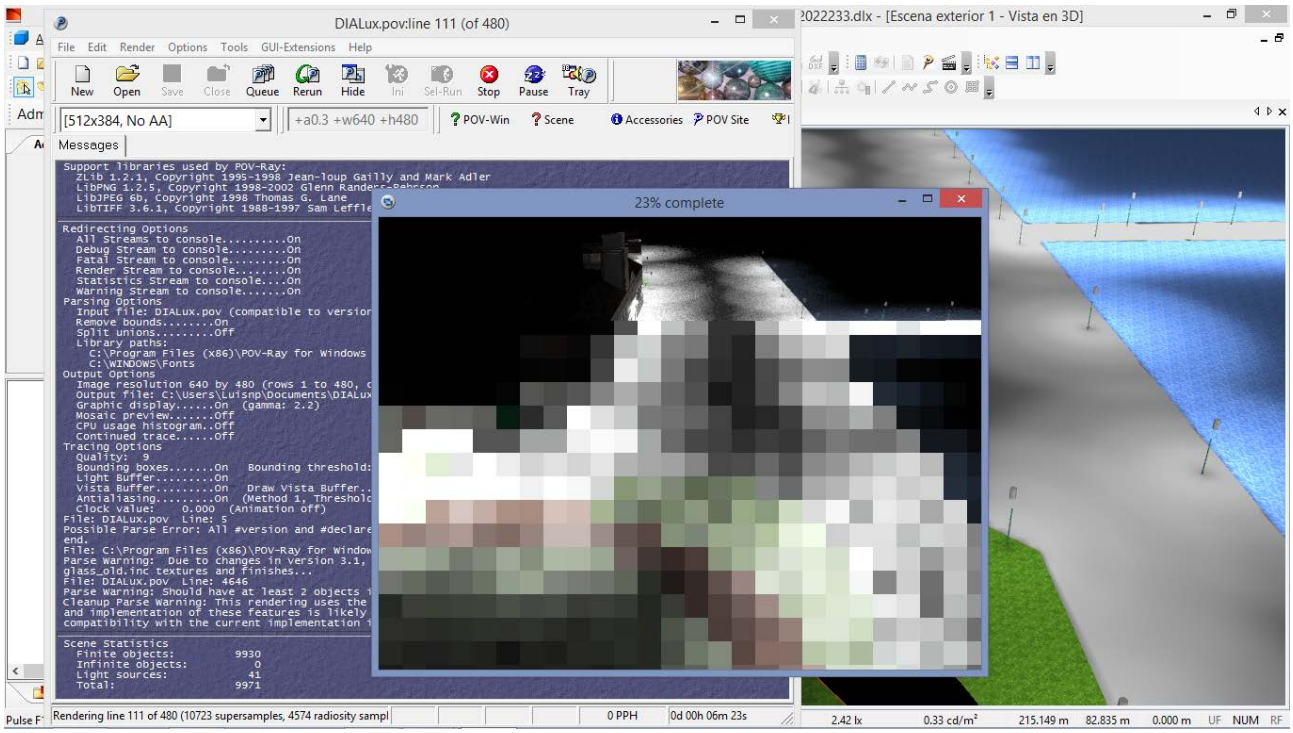


Figura 3-55. POV-Ray renderizando una escena.

Como complemento a esta herramienta, el programa permite realizar una previsualización de cómo va a verse la imagen una vez renderizada mediante POV-Ray, aunque no se puede realizar ninguna acción con esa previsualización. Es importante realizar esa previsualización antes de realizar un renderizado con esta aplicación, ya que el tiempo de cálculo es elevado.

3.8 Paseo Virtual

DIALux permite generar clips de vídeo realizando un recorrido por la escena simulada. Esta opción permite recrear la escena de una forma más personal, dando al diseñador la opción de ver el resultado de la simulación en primera persona.

Para generar el clip de vídeo es necesario definir una ruta, la cual seguirá el programa. Esta ruta se puede editar y modificar, pudiéndose introducir los ángulos en los que la cámara enfoca respecto del eje central de la ruta. El programa también permite definir la calidad, resolución y formato de salida del video generado, de forma que el video se ajuste a los requisitos deseados. El vídeo se puede generar tomando como base dos posibles tipos de fotogramas, los generados por DIALux o los generados por POV-Ray, de forma análoga a lo que ocurre con las imágenes renderizadas tratadas anteriormente.

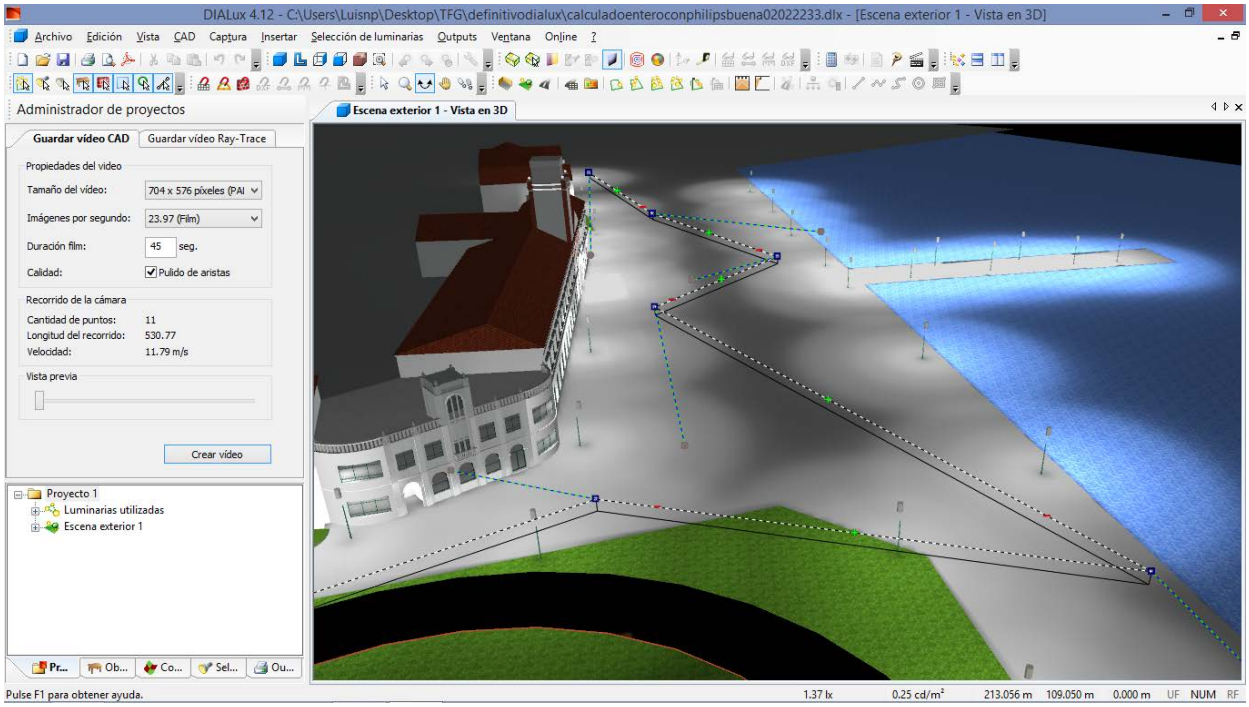


Figura 3-56. Menú de edición de vídeo y ruta definida.

3.9 Estudio de amortización

3.9.1 Factores a tener en cuenta

Con el objeto de determinar si la instalación propuesta, más allá de cumplir con la normativa, es rentable, se ha realizado un estudio de amortización del que se puedan extraer resultados conclusivos. A la hora de realizar dicho estudio se han tenido en cuenta diversos factores:

- Coste del kwh. Con la información obtenida acerca del suministrador de electricidad de la Escuela Naval Militar y consultando con la tarificación vigente en el mercado, se ha establecido un coste del kWh de 0.1497€/kWh.
- Incremento del coste de la energía anual. Para determinar el incremento del coste energético se han consultado varias referencias, de las que se extrae que el coste de la energía eléctrica sube a un ritmo aproximado de un 7% anual, y lo va a seguir haciendo durante al menos los próximos veinte años [15] [16].
- Reposiciones de las lámparas actuarles. La vida útil de las lámparas de descarga de gas instaladas en la actualidad dista mucho de alcanzar la vida útil de las lámparas LED propuestas, por lo que hay que tener en cuenta el coste de reposición de las lámparas fundidas, así como cuántas lámparas se van a fundir si se establece como referencia la vida de una lámpara LED.
- Tiempo de funcionamiento de la instalación propuesta. Se ha marcado como período a tener en cuenta para efectuar el cálculo de amortización el tiempo de vida de la lámpara LED.
- Coste de mano de obra. Se ha considerado el coste de la mano de obra en dos ocasiones, el primero en la reposición de lámparas fundidas, estimando un tiempo de mano de obra de una hora por reposición y utilizando el precio de una hora de mano de obra habitual en este tipo de operaciones.
- Horas de funcionamiento al día. Las luminarias solo están encendidas por la noche. Debido a que el alumbrado público actual funciona mediante sensores de luz, se ha estimado que la instalación está activada desde el ocaso hasta el orto, lo que implica una media anual de 12 horas diarias.

3.9.2 Hoja de cálculo

Todos estos factores se han tenido en cuenta para la elaboración de una gráfica en la que pueda comprobar si efectivamente es rentable. Además, esa hoja de cálculo calcula los valores de coste total de las dos instalaciones durante el tiempo considerado, el ahorro anual y mensual conseguido, así como el coste anual de cada instalación. Los pasos a seguir han sido los siguientes:

- Cálculo de las horas de funcionamiento anuales, multiplicando las horas diarias de funcionamiento por los días comprendidos en un año.
- Cálculo de los años de vida de la luminaria, dividiendo la vida útil de la lámpara por el número de horas de funcionamiento anuales.
- Cálculo del consumo anual de electricidad. Para ello se ha multiplicado el consumo de cada luminaria por las horas que funciona anualmente.
- Cálculo del gasto anual de electricidad. Se ha calculado el importe anual multiplicando el consumo eléctrico por el precio del kwh, teniendo en cuenta una subida anual del precio de la electricidad.
- Coste de reposición. Obteniendo, mediante el número de horas de uso totales y la vida útil de las lámparas instaladas el número de reposiciones, para a continuación multiplicar por el precio de cada lámpara en el mercado.

4 RESULTADOS

4.1 Comentarios generales

A lo largo del Desarrollo se han explicado y detallado todos los cálculos, mediciones y simulaciones que se han realizado a lo largo de la elaboración del trabajo. En el presente apartado se van a exponer de forma clara y concisa los resultados obtenidos, de forma que sean fácilmente interpretables. Cada subapartado del desarrollo tiene su apartado equivalente en el apartado de resultados.

4.2 Diseño CAD

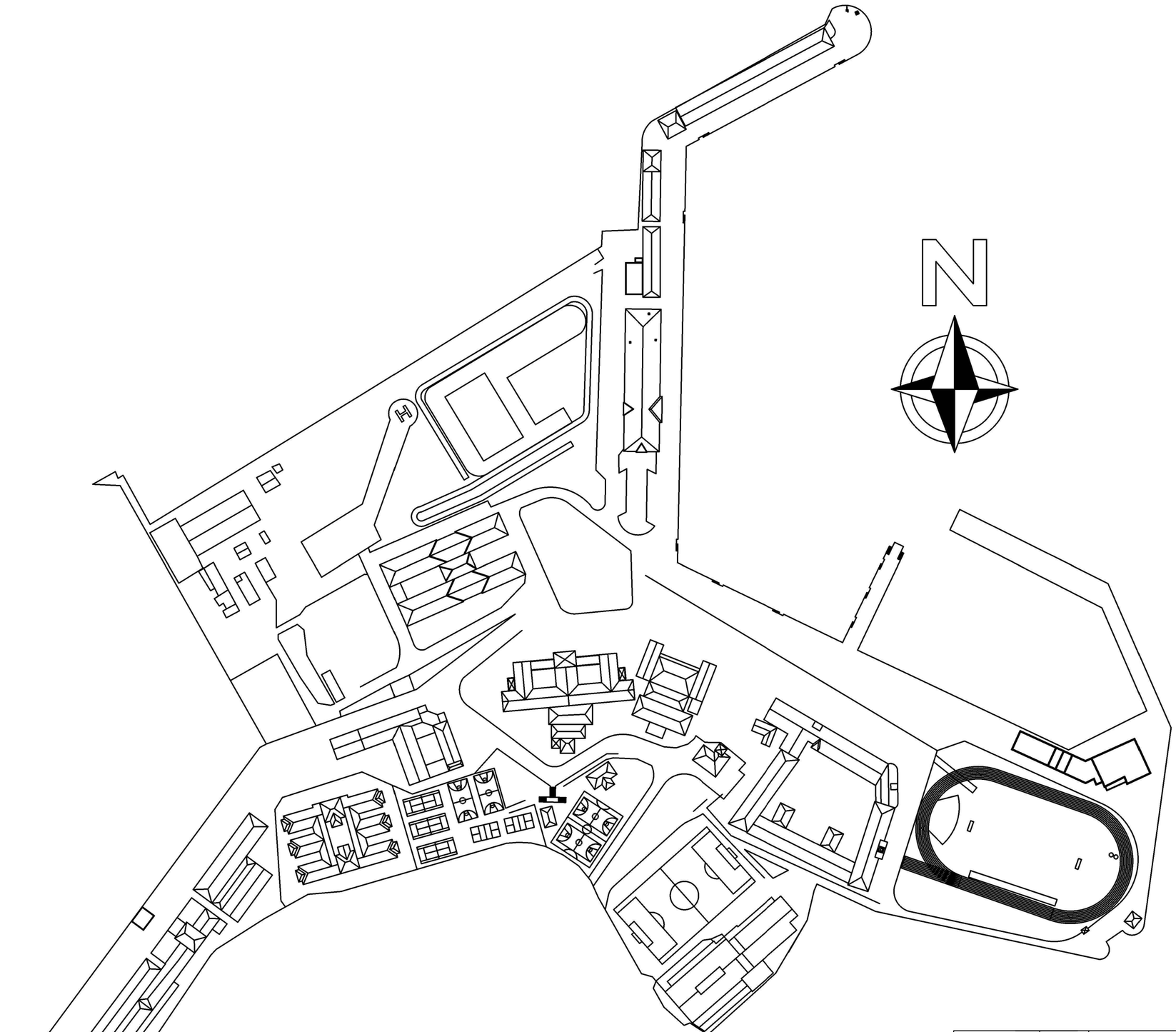
4.2.1 Planos 2D

- Layout ENM: en él se muestra la disposición general de la Escuela Naval Militar, situando todos los edificios en su emplazamiento actual.
- Disposición de luminarias: Se representan las luminarias que existen en la actualidad.
- Zonas de trabajo: Representa en sombrado las superficies de cálculo correspondientes a las zonas de trabajo elegidas.
- Disposición de luminarias propuesta: en él se muestra la disposición que se propone como mejora de la instalación actual.
- Luminarias: son tres planos, correspondientes a las cuatro luminarias utilizadas durante el presente trabajo.

4.2.2 Planos 3D

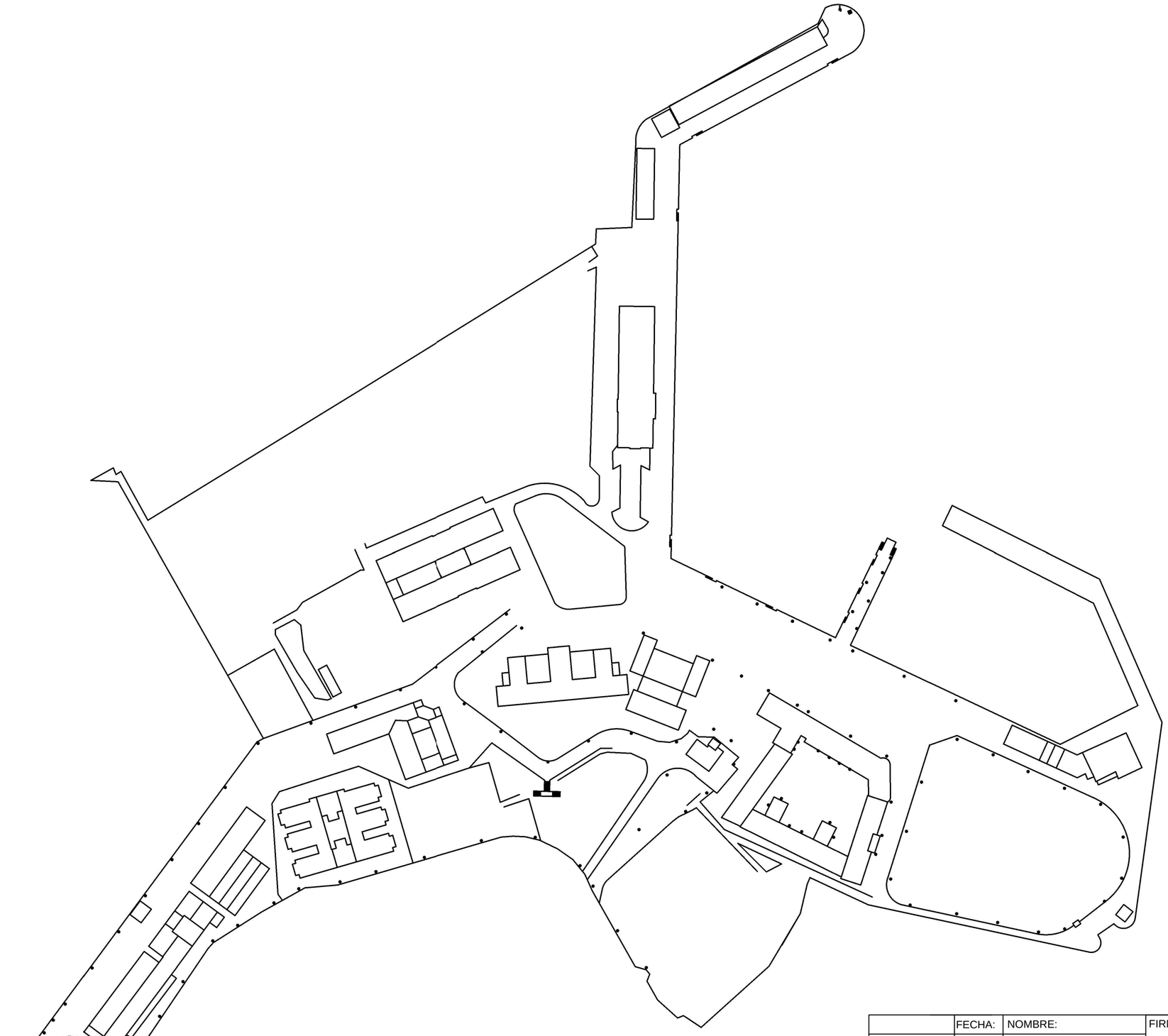
Como resultado del diseño en tres dimensiones de parte de la Escuela Naval Militar, se ha generado una serie compuesta por nueve planos, que muestran parte de los edificios diseñados:

- Visión general en 3D: Muestra el espacio de trabajo principal.
- Casino de Alumnos Almirante Bonifaz.
- Escalera Monumental Cristóbal Colón.
- Edificio Príncipe de Asturias.
- Puerta de Carlos I
- Centro Universitario de la Defensa
- Torre del Reloj
- Edificio IRS
- Patio de Aulas



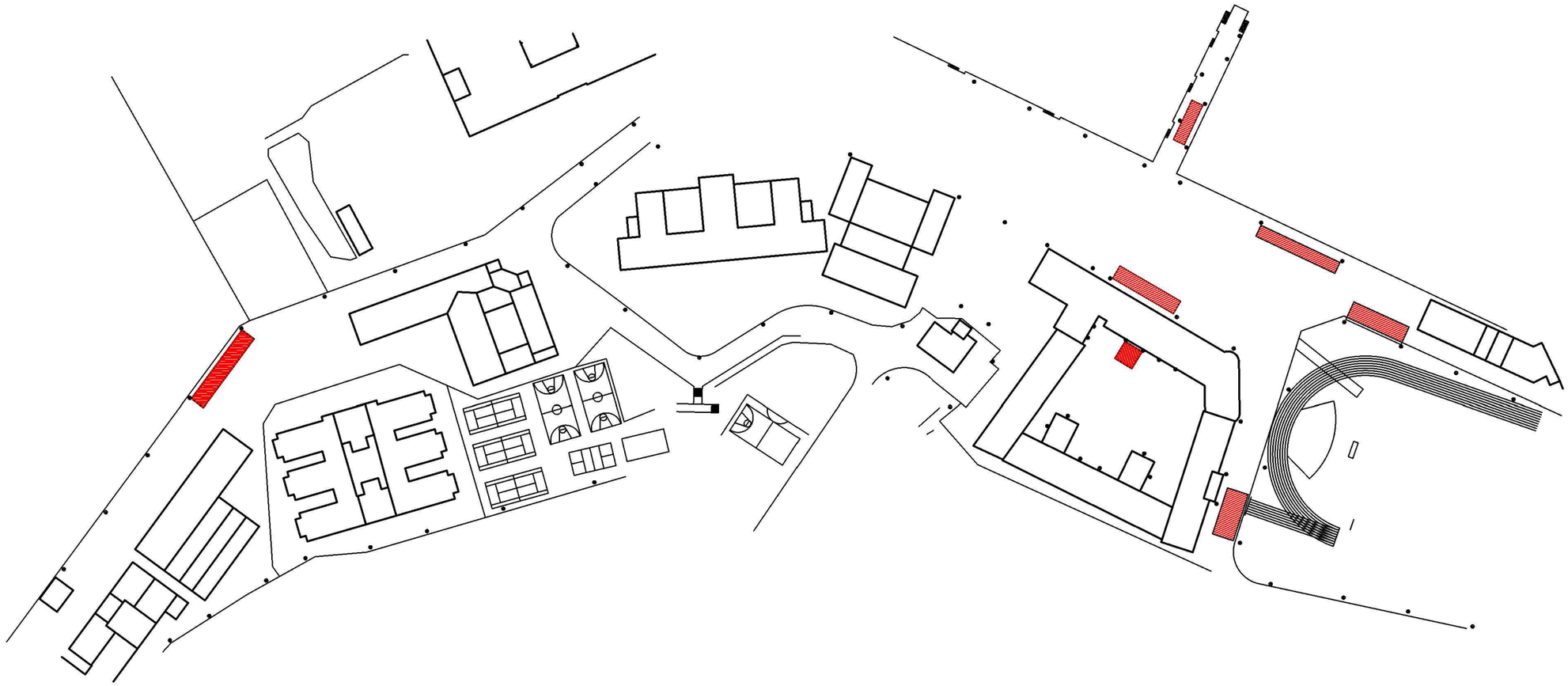
	FECHA:	NOMBRE:	FIRMA:	CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA ESCUELA NAVAL MILITAR MARÍN
DIBUJADO:	20.01.15	LUIS NEBOT PITARCH		
APROBADO:		XAVIER NUÑEZ PRIETO		

ESCALA:	NOMBRE:	PLANO Nº:
1:2000	LAYOUT ENM	1



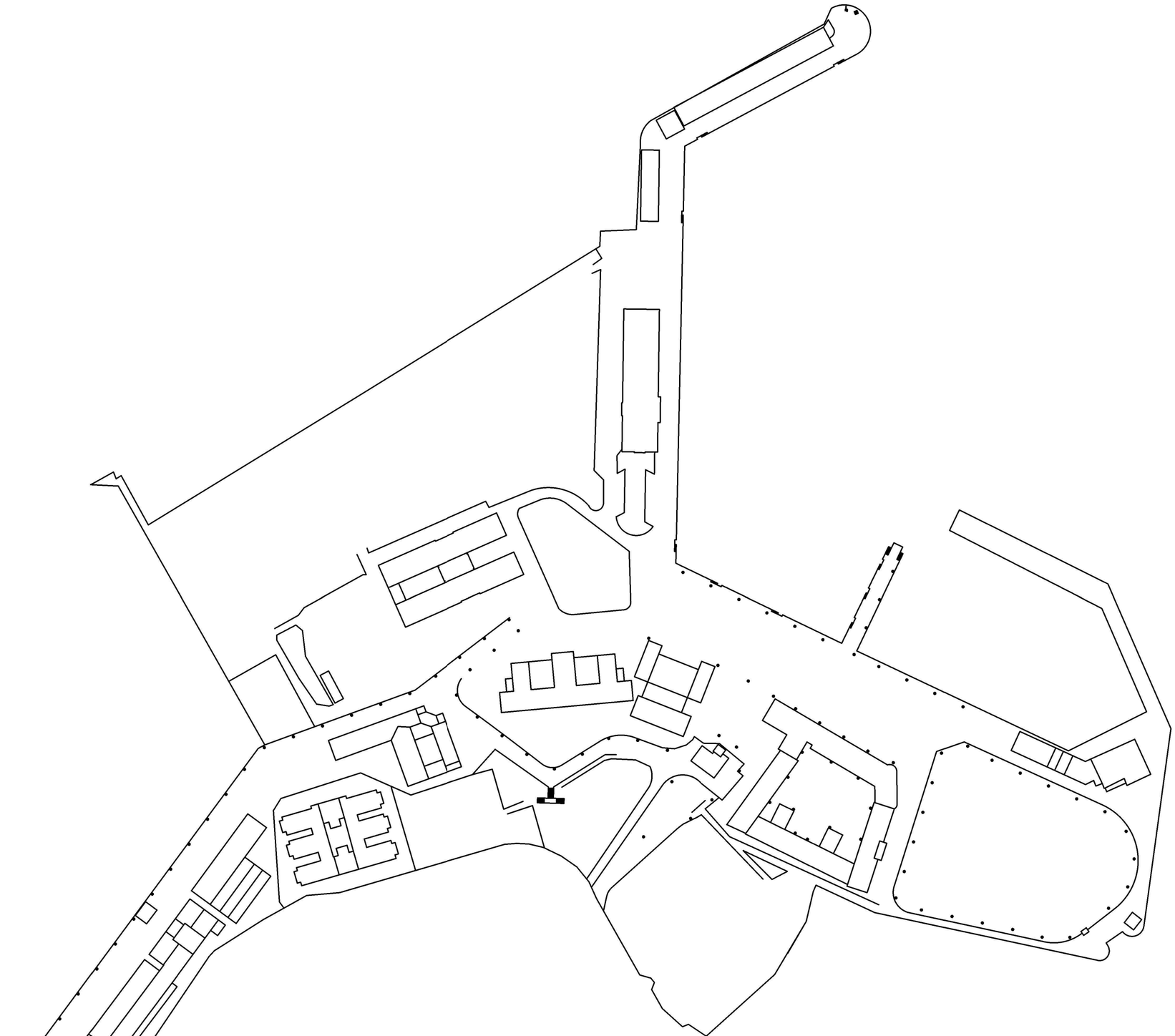
	FECHA:	NOMBRE:	FIRMA:	CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA ESCUELA NAVAL MILITAR MARÍN
DIBUJADO:	20.01.15	LUIS NEBOT PITARCH		
APROBADO:		XAVIER NUÑEZ NIETO		

ESCALA:	NOMBRE:	PLANO Nº:
1:2000	SITUACIÓN LUMINARIAS	2



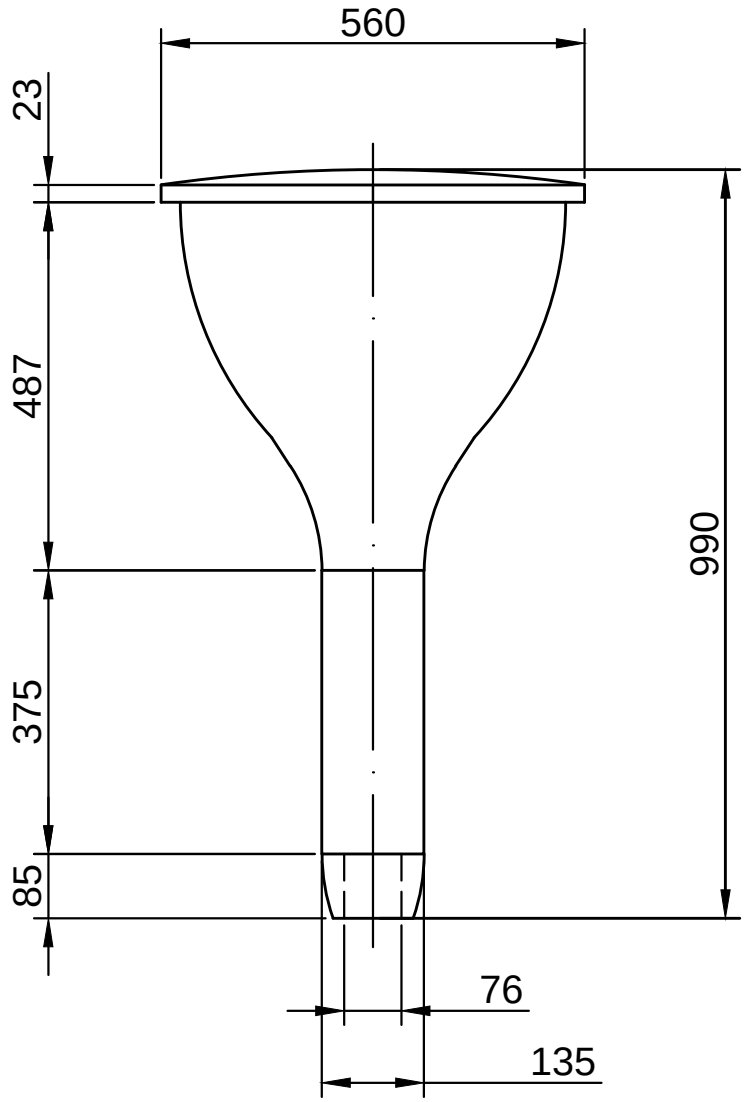
	FECHA:	NOMBRE:	FIRMA:	CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA ESCUELA NAVAL MILITAR MARÍN
DIBUJADO:	20.01.15	LUIS NEBOT PITARCH		
APROBADO:		XAVIER NUÑEZ NIETO		

ESCALA:	NOMBRE:	PLANO Nº:
1:2000	ZONAS DE TRABAJO	3



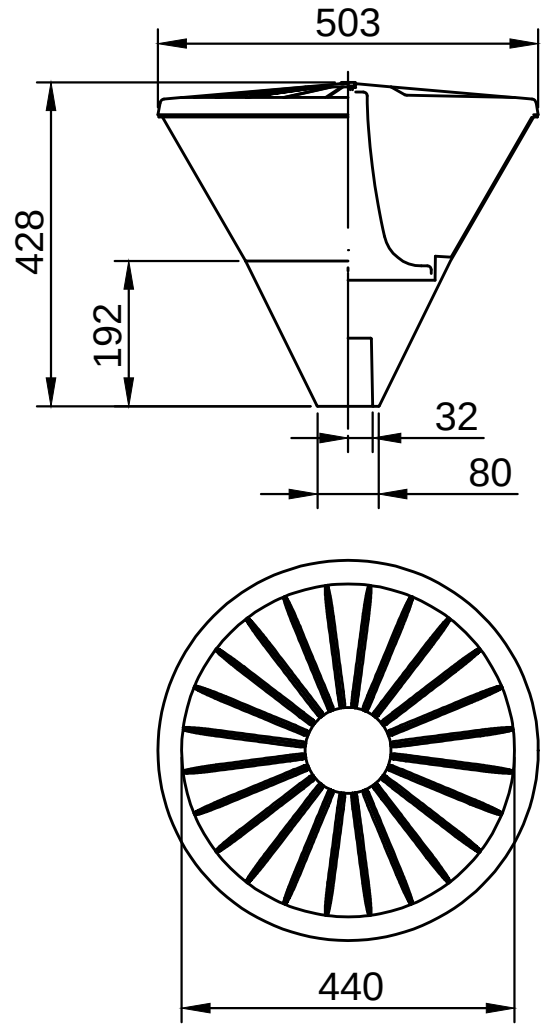
	FECHA:	NOMBRE:	FIRMA:	CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA ESCUELA NAVAL MILITAR MARÍN
DIBUJADO:	20.01.15	LUIS NEBOT PITARCH		
COMPROBADO:		XAVIER NUÑEZ NIETO		

ESCALA:	NOMBRE:	PLANO Nº:
1:2000	SITUACIÓN LUMINARIAS PROPUESTA	4



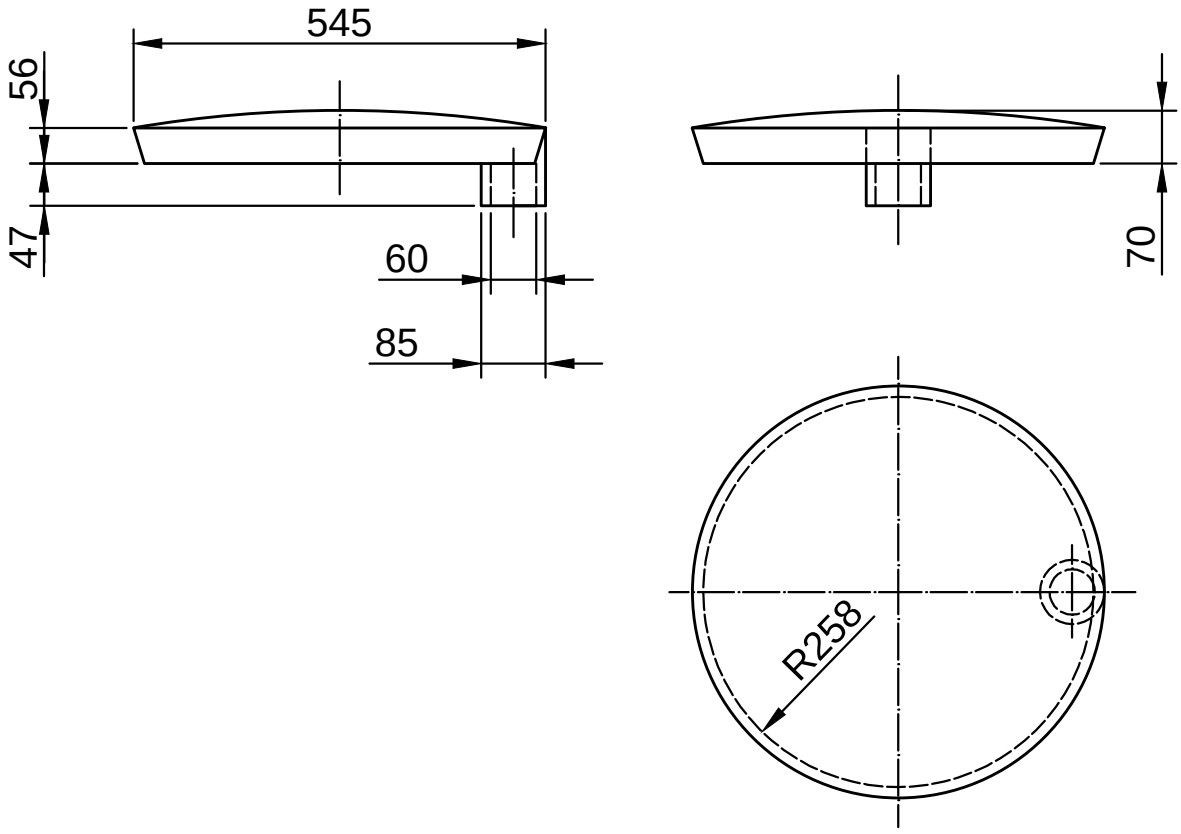
	FECHA:	NOMBRE:	FIRMA:	CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA ESCUELA NAVAL MILITAR MARÍN
DIBUJADO:	30.01.15	LUIS NEBOT PITARCH		
APROBADO:		XAVIER NUÑEZ NIETO		

ESCALA:	NOMBRE:	PLANO Nº:
1:10	PHILIPS METRONOMIS FLUID	5



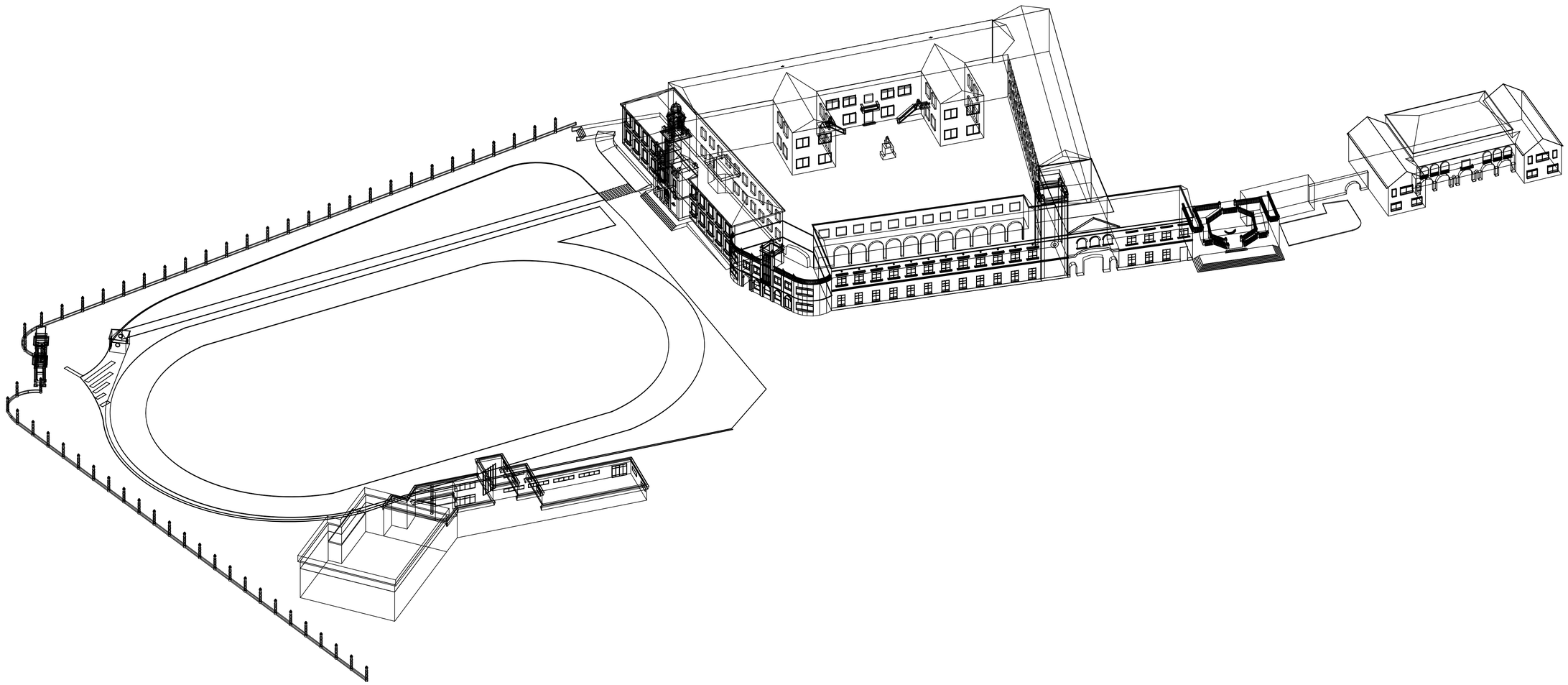
	FECHA:	NOMBRE:	FIRMA:	CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA ESCUELA NAVAL MILITAR MARÍN
DIBUJADO:	29.01.15	LUIS NEBOT PITARCH		
APROBADO:		XAVIER NUÑEZ NIETO		

ESCALA:	NOMBRE:	PLANO Nº:
1:10	DISANO 1570 - CLIMA LED	6



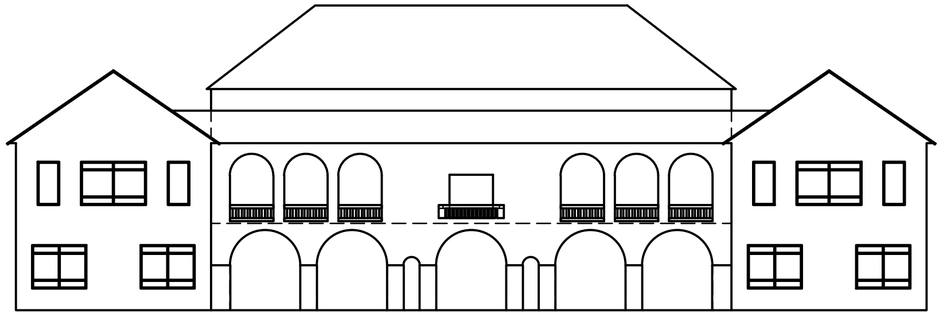
	FECHA:	NOMBRE:	FIRMA:	CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA ESCUELA NAVAL MILITAR MARÍN
DIBUJADO:	29.01.15	LUIS NEBOT PITARCH		
APROBADO:		XAVIER NUÑEZ NIETO		

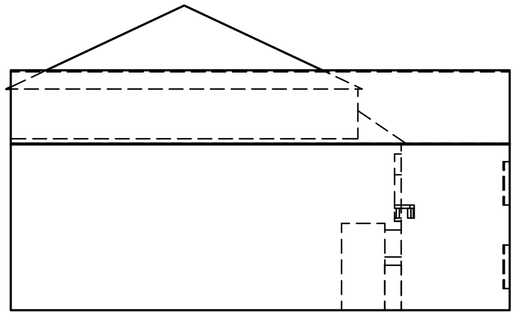
ESCALA:	NOMBRE:	PLANO Nº:
1:10	LAMP NIU	7

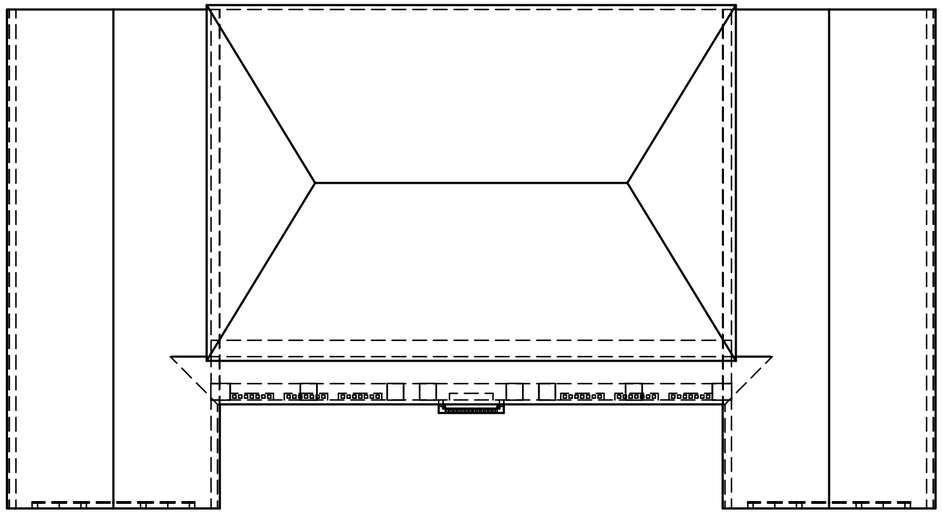


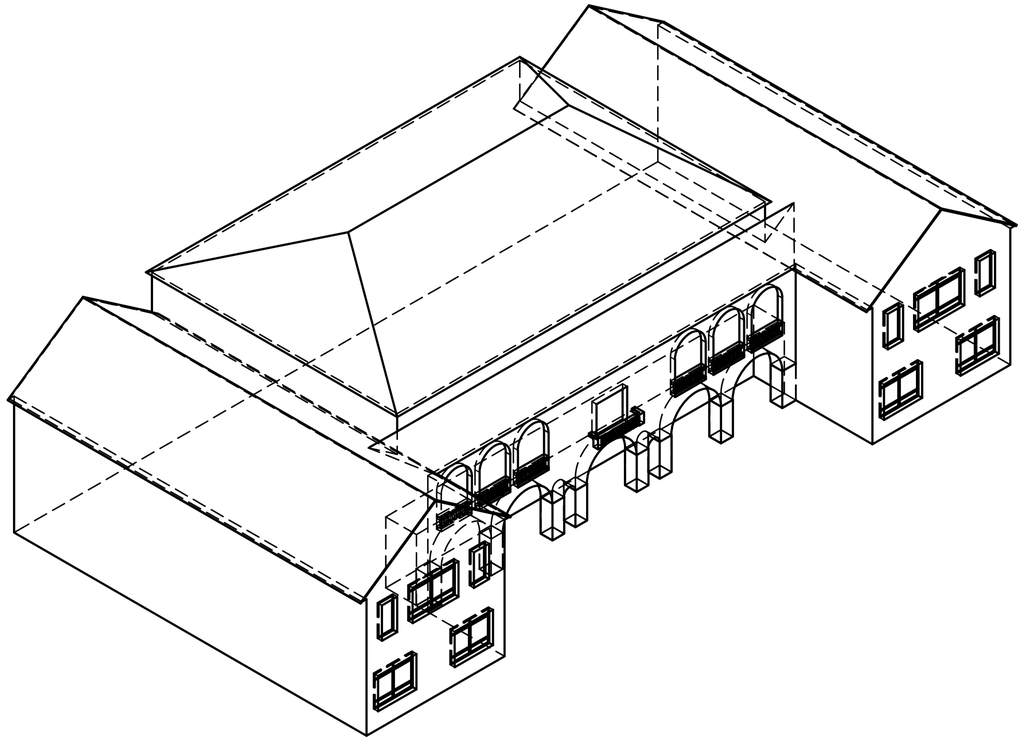
	FECHA:	NOMBRE:	FIRMA:	CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA ESCUELA NAVAL MILITAR MARÍN
DIBUJADO:	30.01.15	LUIS NEBOT PITARCH		
APROBADO:		XAVIER NUÑEZ NIETO		

ESCALA:	NOMBRE:	PLANO Nº:
1:500	VISTA GENERAL 3D	8



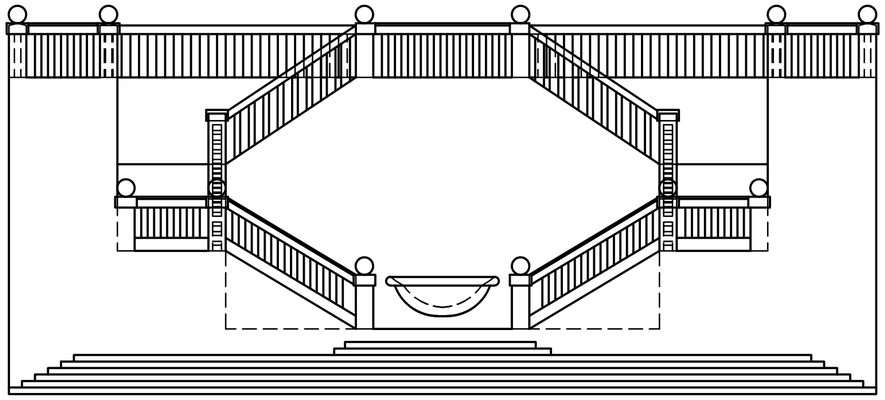


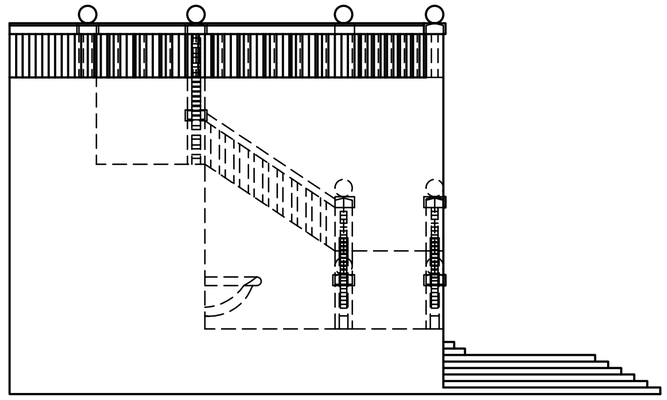


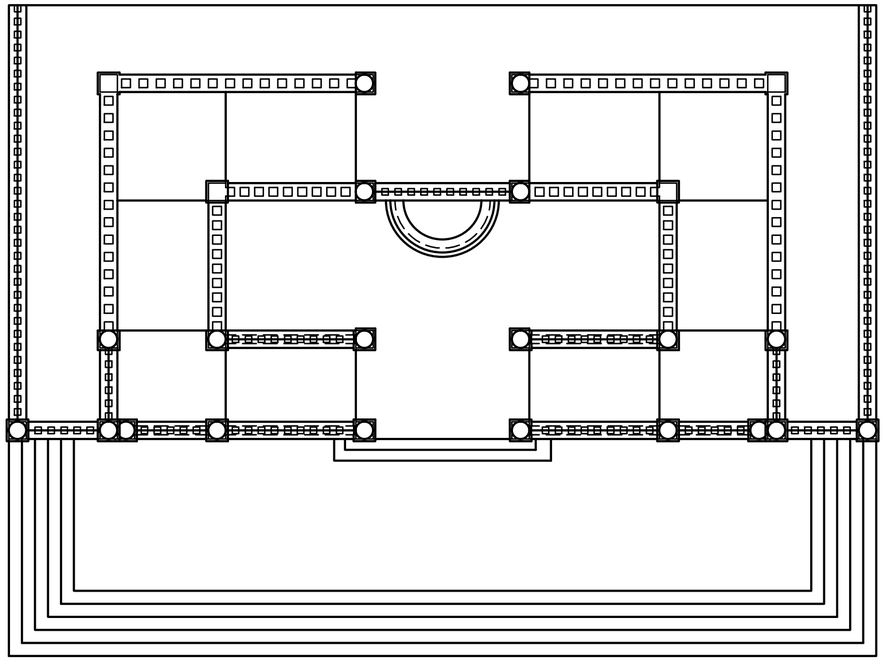


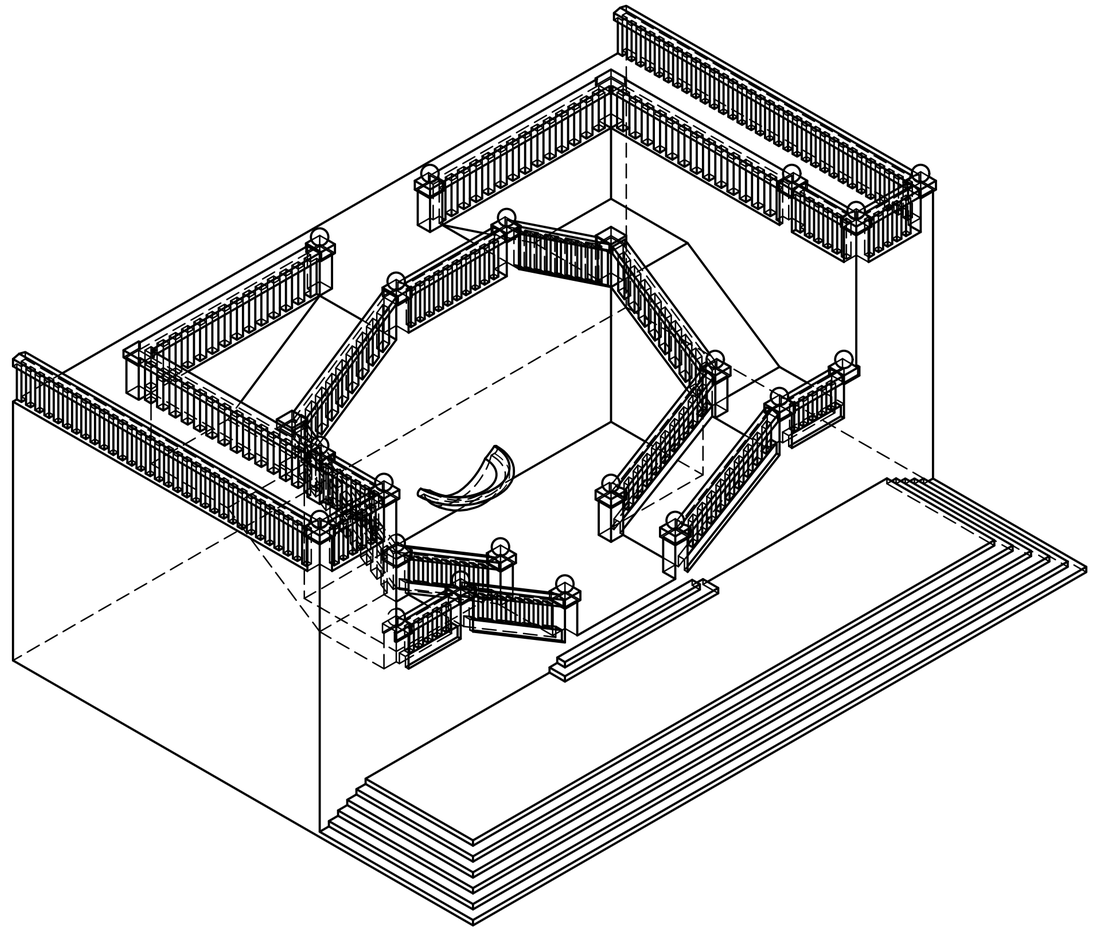
	FECHA:	NOMBRE:	FIRMA:	CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA ESCUELA NAVAL MILITAR MARÍN
DIBUJADO:	30.01.15	LUIS NEBOT PITARCH		
APROBADO:		XAVIER NUÑEZ NIETO		

ESCALA:	NOMBRE:	PLANO Nº:
1:200	CASINO DE ALUMNOS	9



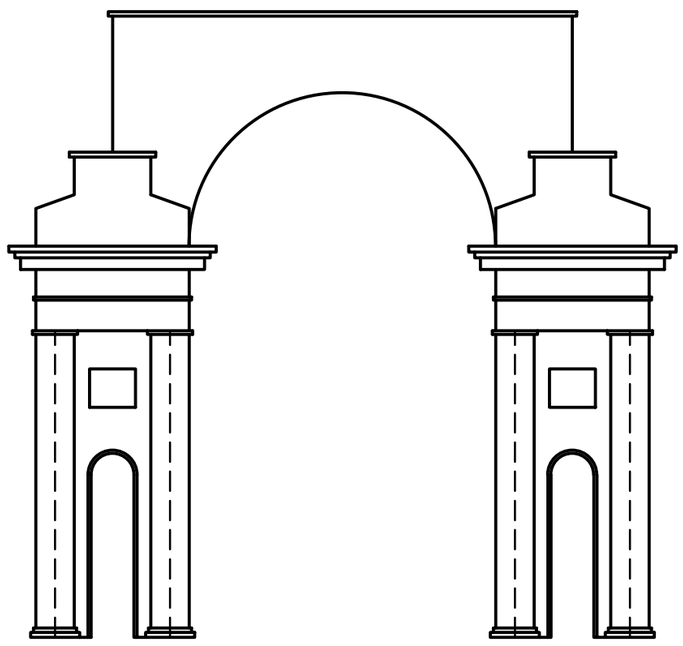


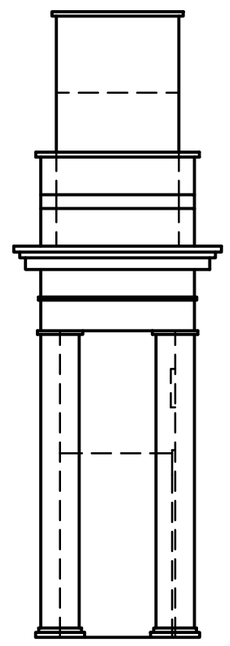


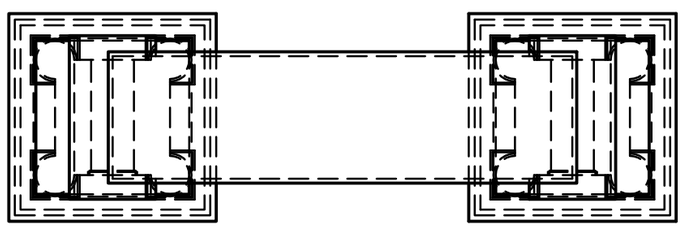


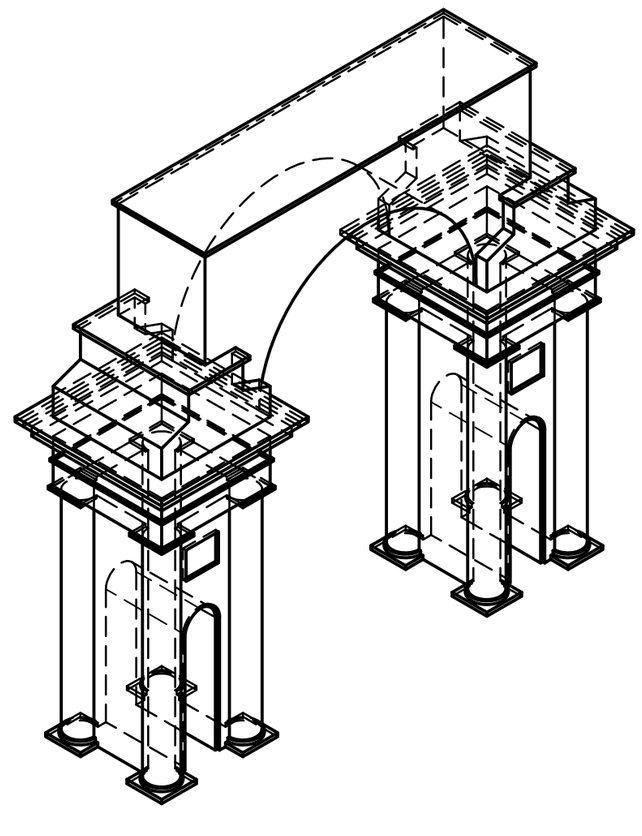
	FECHA:	NOMBRE:	FIRMA:	CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA ESCUELA NAVAL MILITAR MARÍN
DIBUJADO:	30.01.15	LUIS NEBOT PITARCH		
APROBADO:		XAVIER NUÑEZ NIETO		

ESCALA:	NOMBRE:	PLANO Nº:
1:100	ESCALERA MONUMENTAL	10



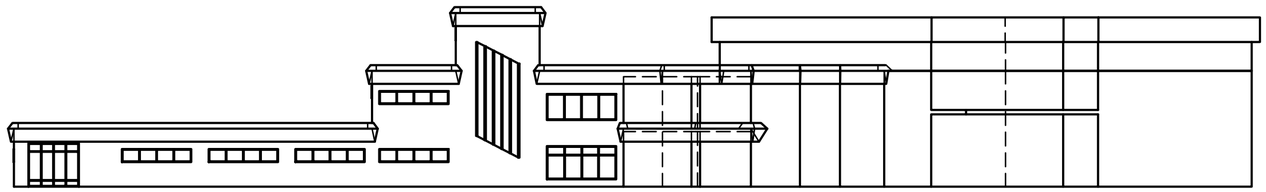


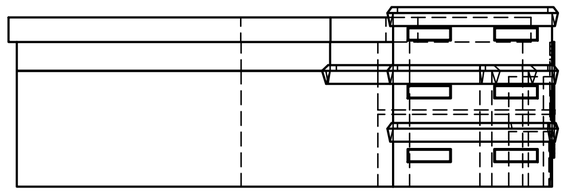


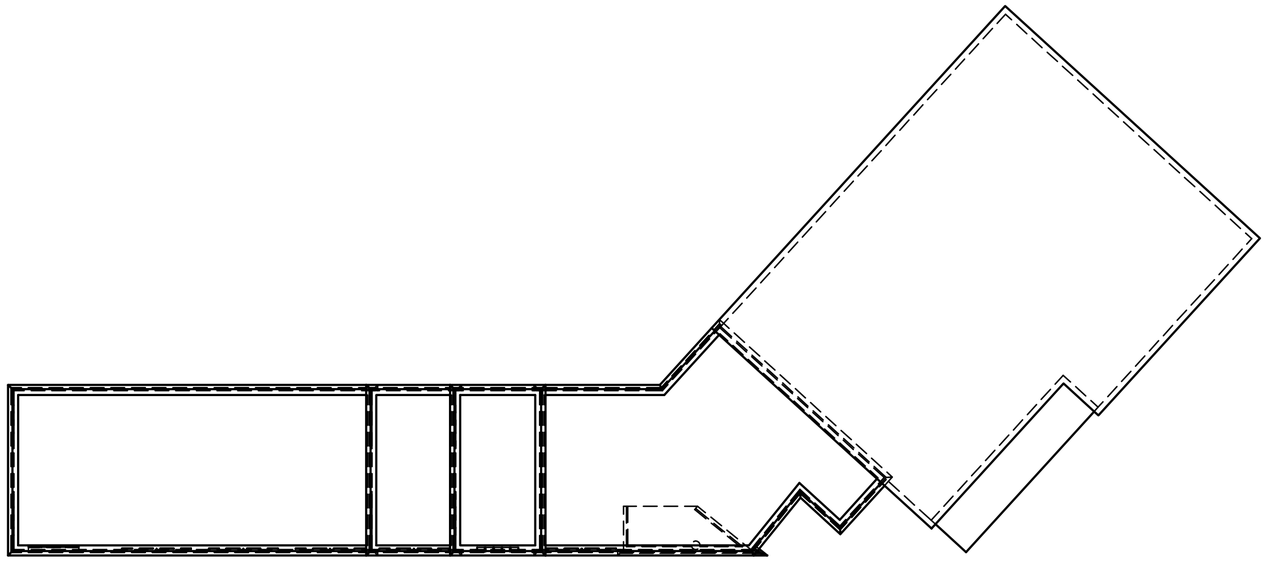


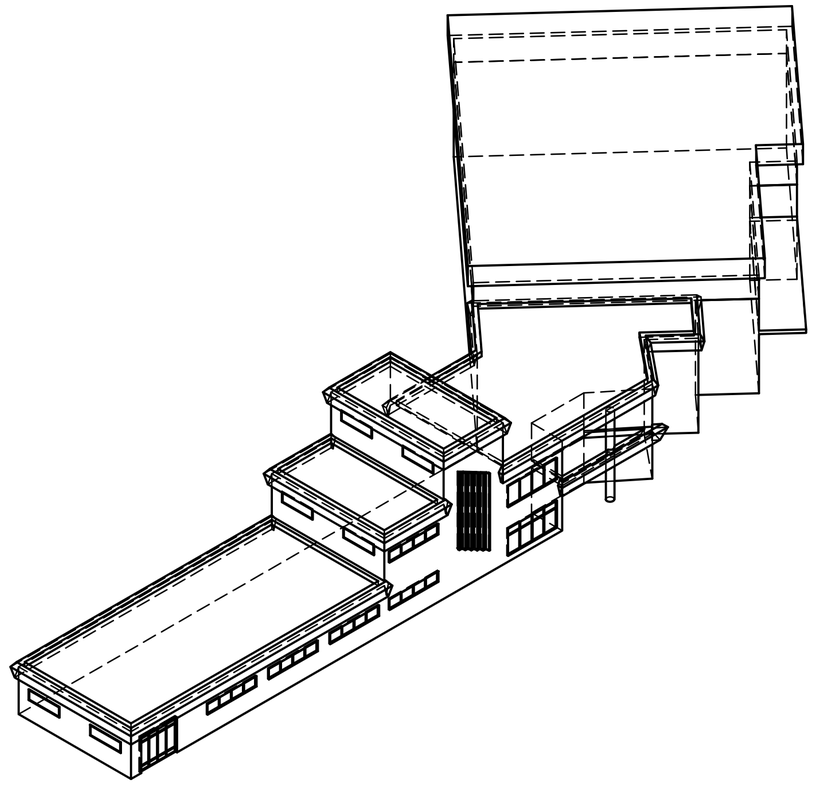
	FECHA:	NOMBRE:	FIRMA:	CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA ESCUELA NAVAL MILITAR MARÍN
DIBUJADO:	30.01.15	LUIS NEBOT PITARCH		
APROBADO:		XAVIER NUÑEZ NIETO		

ESCALA:	NOMBRE:	PLANO Nº:
1:100	PUERTA DE CARLOS I	11



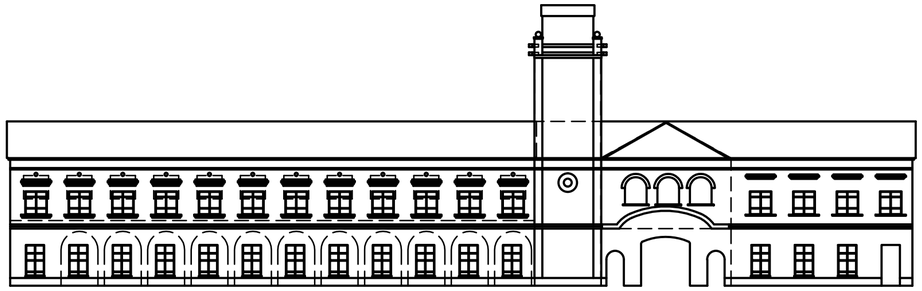


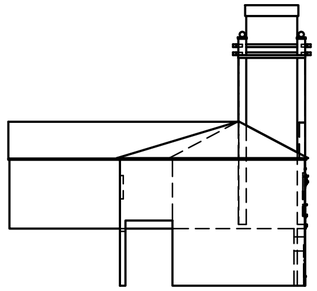


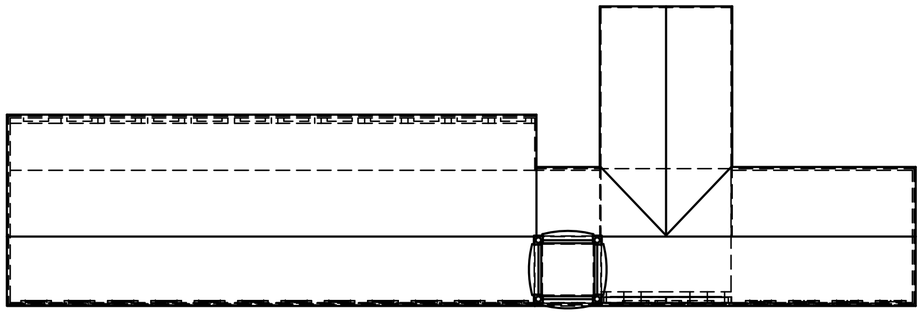


	FECHA:	NOMBRE:	FIRMA:	CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA ESCUELA NAVAL MILITAR MARÍN
DIBUJADO:	30.01.15	LUIS NEBOT PITARCH		
APROBADO:		XAVIER NUÑEZ NIETO		

ESCALA:	NOMBRE:	PLANO Nº:
1:300	EDIFICIO PRÍNCIPE DE ASTURIAS	12

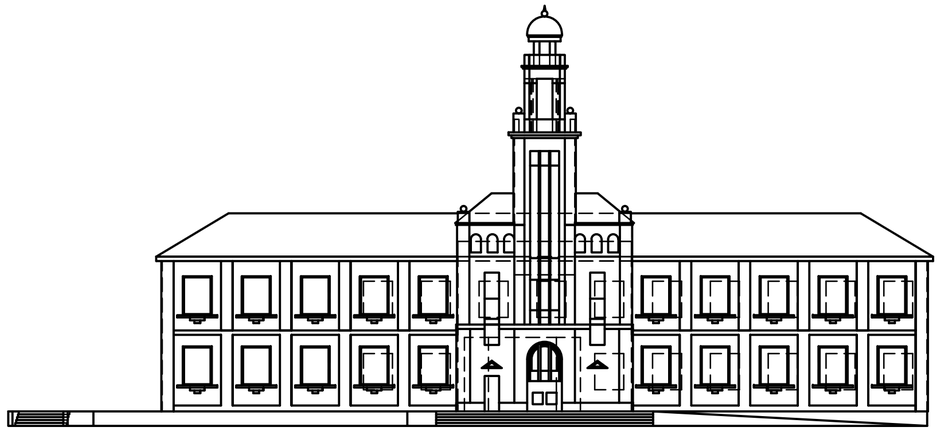


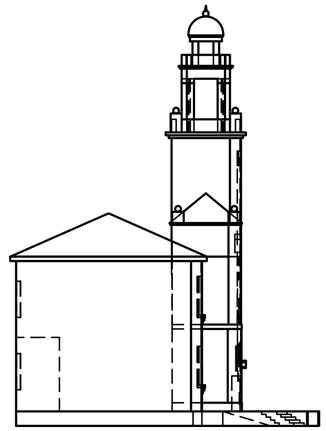


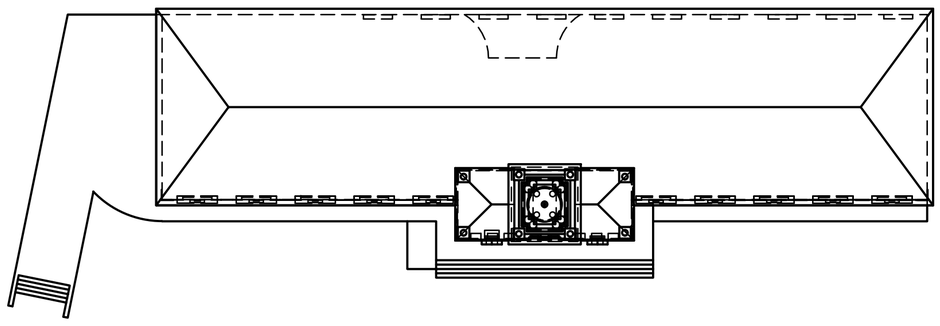


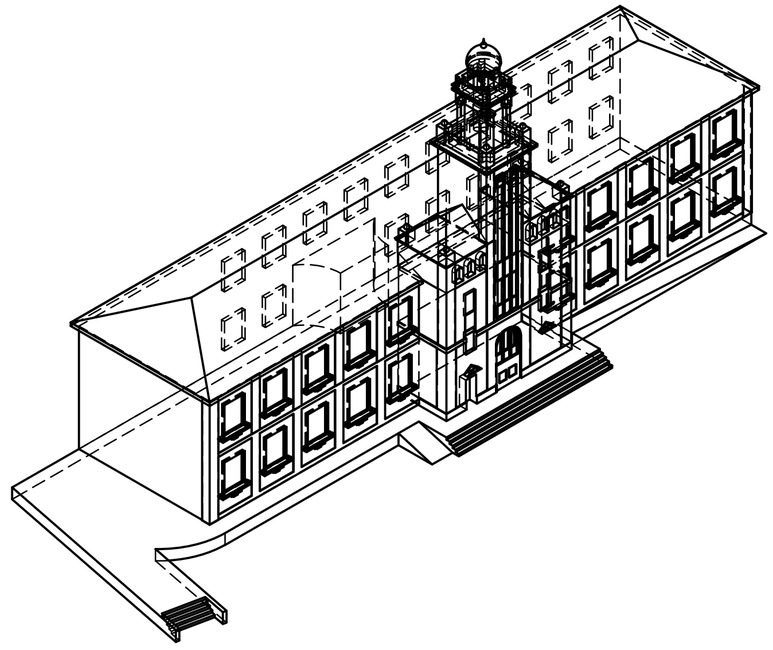
	FECHA:	NOMBRE:	FIRMA:	CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA ESCUELA NAVAL MILITAR MARÍN
DIBUJADO:	30.01.15	LUIS NEBOT PITARCH		
APROBADO:		XAVIER NUÑEZ NIETO		

ESCALA:	NOMBRE:	PLANO Nº:
1:400	CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA	13





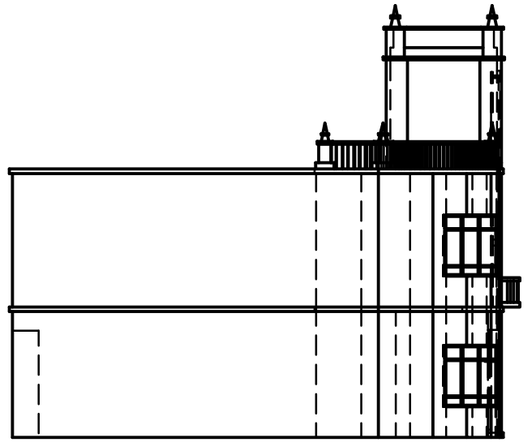


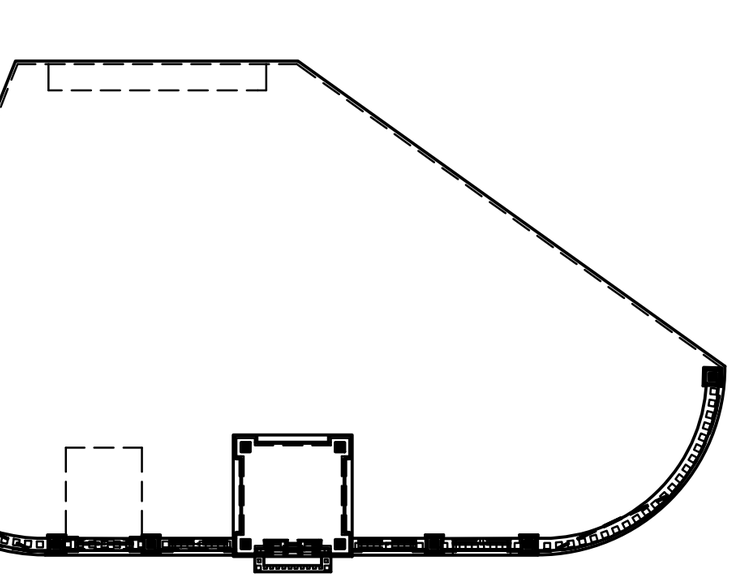


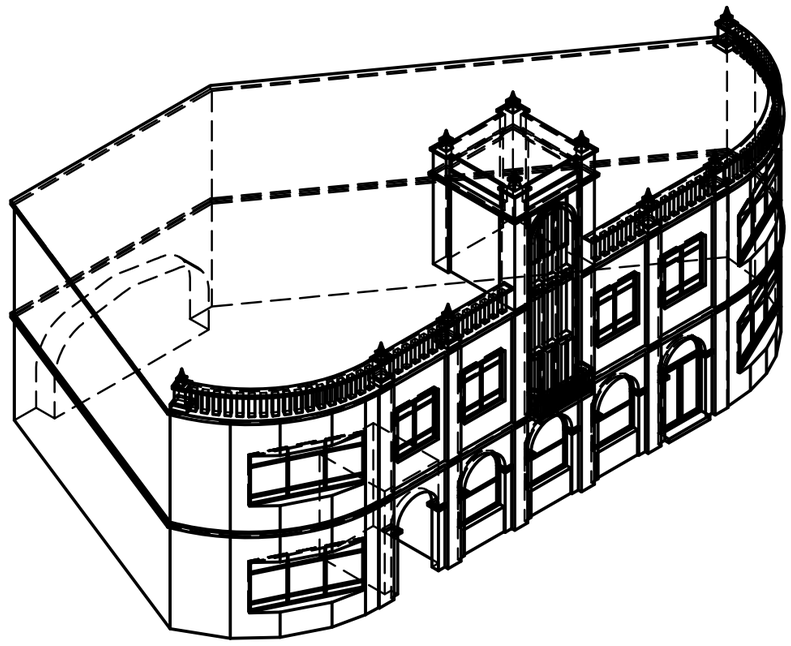
	FECHA:	NOMBRE:	FIRMA:	CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA ESCUELA NAVAL MILITAR MARÍN
DIBUJADO:	30.01.15	LUIS NEBOT PITARCH		
APROBADO:		XAVIER NUÑEZ NIETO		

ESCALA:	NOMBRE:	PLANO Nº:
1:300	TORRE DEL RELOJ	14



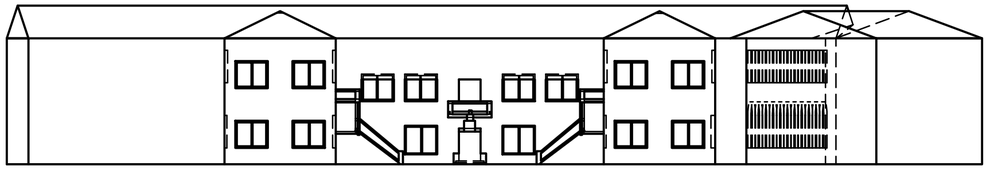


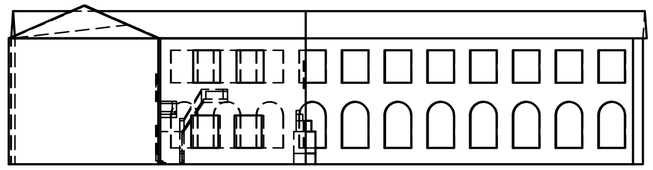


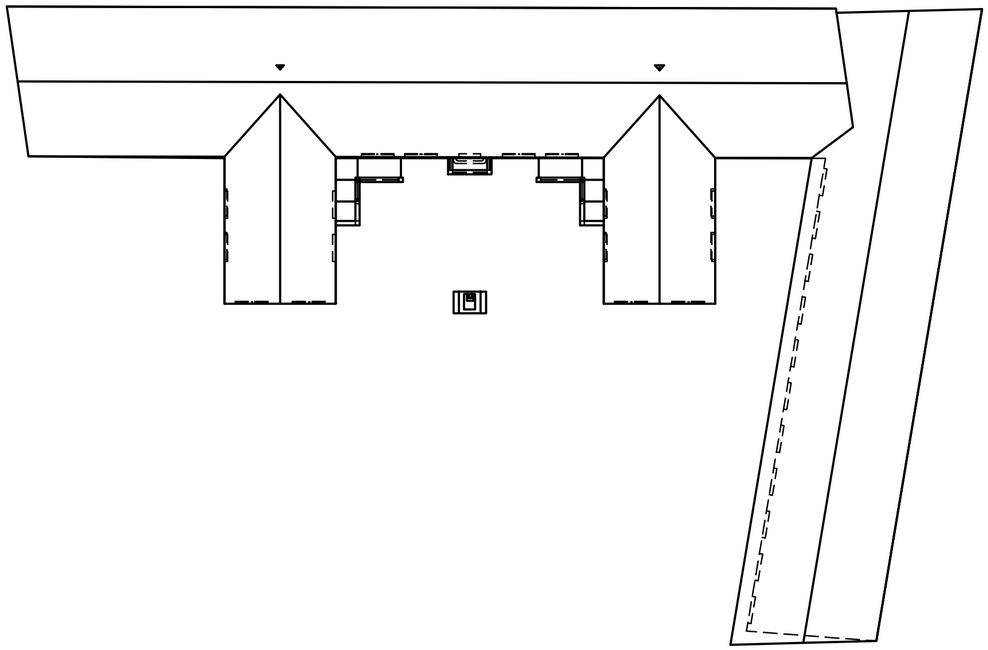


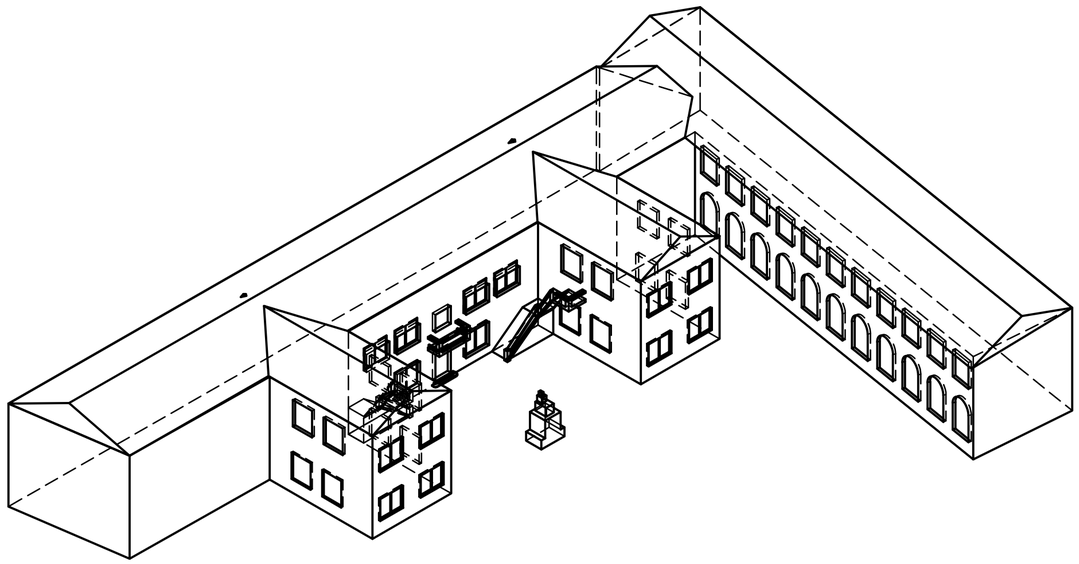
	FECHA:	NOMBRE:	FIRMA:	CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA ESCUELA NAVAL MILITAR MARÍN
DIBUJADO:	30.01.15	LUIS NEBOT PITARCH		
APROBADO:		XAVIER NUÑEZ NIETO		

ESCALA:	NOMBRE:	PLANO Nº:
1:200	EDIFICIO IRS	15









	FECHA:	NOMBRE:	FIRMA:	CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA ESCUELA NAVAL MILITAR MARÍN
DIBUJADO:	30.01.15	LUIS NEBOT PITARCH		
APROBADO:		XAVIER NUÑEZ NIETO		

ESCALA:	NOMBRE:	PLANO Nº:
1:400	PATIO DE AULAS	16

4.3 Renderizado 3D

4.3.1 DIALux

Como se puede observar en la Figura 4-1 y la Figura 4-2, las imágenes obtenidas mediante el renderizado que puede realizar el programa utilizando sus propios medios es bastante realista, aunque da algún fallo al mostrar imágenes curvas, como por ejemplo la cúpula de la Torre del Reloj. También muestra el cielo en color blanco, lo que implica que se pierde realismo en la imagen renderizada. Hay que reseñar que el programa extrae este renderizado en un archivo PDF, es decir, este renderizado está pensado para su uso en documentos y memorias. Hay que tener en cuenta que la misión principal del software no es la creación de imágenes realistas en tres dimensiones, por lo que no dispone de la potencia que tiene un software preparado específicamente para ello.



Figura 4-1. Renderizado de la imagen 3D generada por el programa.



Figura 4-2. Renderizado de imagen 3D del programa.

4.3.2 POV-Ray



Figura 4-3. Renderizado generado por la herramienta POV-Ray.

Como se puede observar en la Figura 4-3, las imágenes obtenidas con el software POV-Ray, diseñado con el fin de renderizar imágenes en 3D, son mucho más realistas que las generadas por DIALux. En estas imágenes se pueden apreciar mucho mejor las sombras y contrastes de luz existentes en la escena, lo que permite un análisis mejor de la iluminación propuesta.



Figura 4-4. Imagen generada con POV-Ray.

Sin embargo, a pesar de tratarse de imágenes mucho más realistas, al realizar un proceso mucho más complejo para obtenerla en algunas ocasiones la calidad aparente de la imagen disminuye. Esto significa que, aunque en realidad la imagen sea mejor, parece que en esté mal renderizada. Pese a esta característica, y tal y como se ha dicho anteriormente, en estas imágenes se pueden apreciar muchos más detalles que en las generadas por DIALux. Sirva de ejemplo la comparación entre la Figura 4-1 y la Figura 4-3, en la primera no se aprecian las sombras generadas por la vegetación en la zona de la Escalera Monumental, mientras que en la generada con POV-Ray se aprecian claramente no solo las sombras sino también las texturas.

4.4 Paseo virtual

Utilizando la función de generar vídeo que ofrece el programa se han generado varios vídeos que muestran el resultado de cambiar la instalación actual. En la Figura 4-5 se pueden observar varios fotogramas de uno de los vídeos generados.

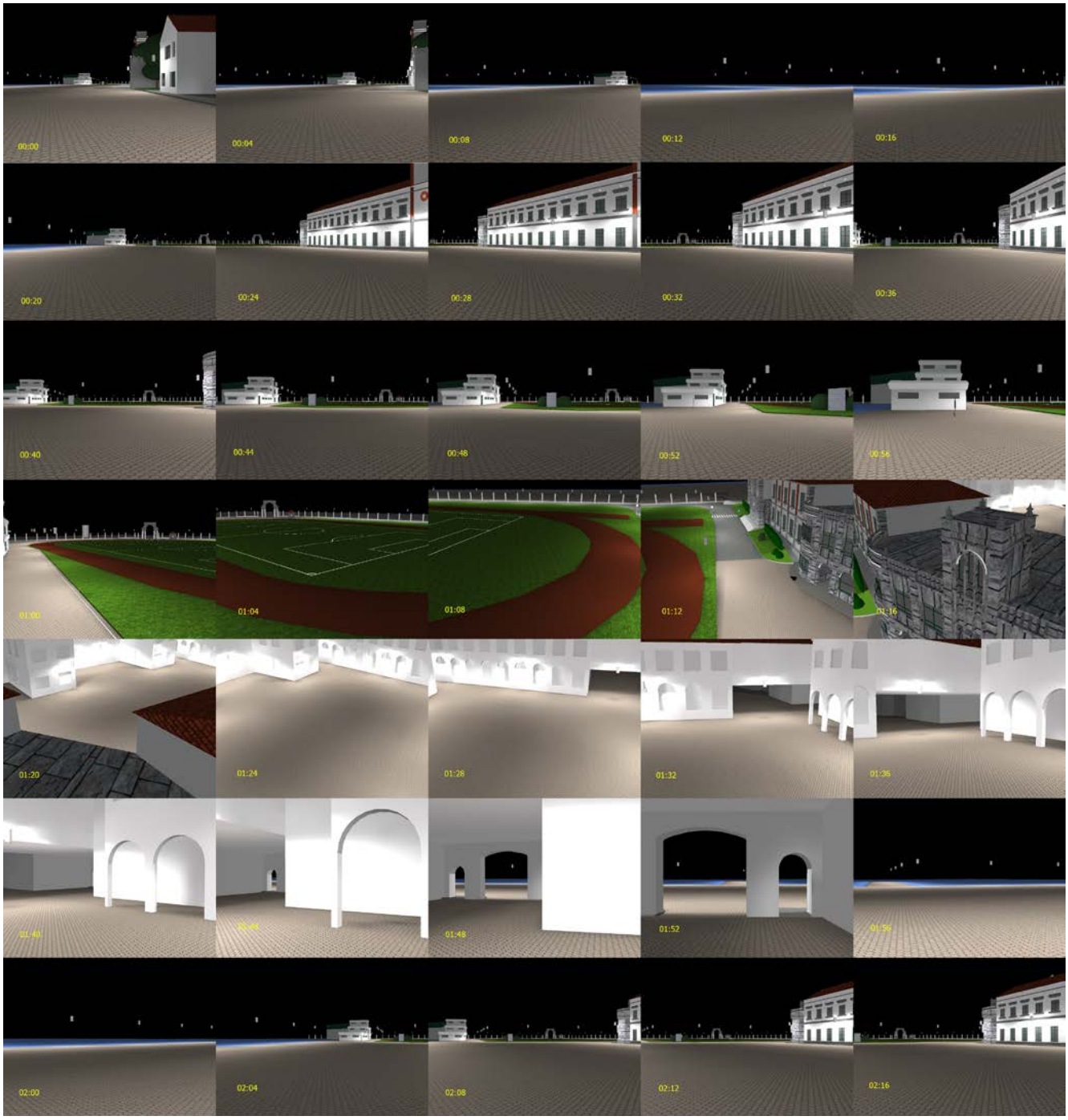


Figura 4-5. Fotogramas de vídeo obtenido mediante DIALux.

4.5 Instalación actual

En los siguientes apartados se exponen los resultados obtenidos para cada zona, incluyendo una tabla en la que se indican los requisitos de la normativa para dicha zona y si los cumple o no la instalación actual.

4.5.1 Zona 1. Muelle GM Chereguini.

E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9
12.8	22.5	17.6	19.6	20.3	16.5	16.4	16.2	14.4

Tabla 4-1. Resultados zona 1. Iluminancias en lux.

Alumbrado: S3	**E_m(lux)**	**U_m**	**E_{min}(lux)**
Medida	18.3	0.7	12.8
Requerida	7.5	-	1.5
Cumple	Sí	-	Sí

Tabla 4-2. Requisitos zona 1.

4.5.2 Zona 2. Parte norte de la explanada.

E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9
9.5	15.6	10.4	3.1	3.0	2.4	1.7	1.8	1.4

Tabla 4-3. Resultados zona 2. Iluminancias en lux.

Alumbrado: S3	**E_m(lux)**	**U_m**	**E_{min}(lux)**
Medida	5.1	0.3	1.4
Requerida	7.5	-	1.5
Cumple	No	-	No

Tabla 4-4. Requisitos zona 2.

4.5.3 Zona 3. Fachada del CUD.

E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9
14.3	17.5	8.8	7.8	7.4	5.2	2.6	1.8	1.4

Tabla 4-5. Resultados zona 3. Iluminancias en lux.

Tipo de zona: CE4	**E_m(lux)**	**U_m**	**E_{min}(lux)**
Medida	7.6	0.2	1.4
Requerida	10	0.4	-
Cumple	No	No	-

Tabla 4-6. Requisitos zona 3.

4.5.4 Zona 4. Plaza D. Juan de Austria.

E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9
18.5	16.2	7.3	11.2	8.8	4.8	3.9	3.6	1.3

Tabla 4-7. Resultados zona 4. Iluminancias en lux.

Tipo de zona: S3	E_m(lux)	U_m	E_{min}(lux)
Medida	8.6	0.2	1.3
Requerida	7.5	-	1.5
Cumple	Sí	-	No

Tabla 4-8. Requisitos zona 4.

4.5.5 Zona 5. Fachada Torre del Reloj.

E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9
13.1	12.2	10.9	13.8	12.4	11.1	11.4	8.7	8.5

Tabla 4-9. Resultados zona 5. Iluminancias en lux.

Tipo de zona: S3	E_m(lux)	U_m	E_{min}(lux)
Medida	11.6	0.7	8.5
Requerida	7.5	-	1.5
Cumple	Sí	-	Sí

Tabla 4-10. Requisitos zona 5.

4.5.6 Zona 6. Patio de aulas.

E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9
1.0	2.6	1.4	2.1	2.5	1.4	1.8	1.7	1.2

Tabla 4-11. Resultados zona 6. Iluminancias en lux.

Tipo de zona: S4	E_m(lux)	U_m	E_{min}(lux)
Medida	1.9	0.5	1.0
Requerida	5	-	1
Cumple	No	-	Sí

Tabla 4-12. Requisitos zona 6.

4.5.7 Zona 7. Barrio industrial.

E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9
41.1	26.8	12.2	5.6	4.2	3.5	1.4	1.3	1.6

Tabla 4-13. Resultados zona 7. Iluminancias en lux.

Tipo de zona: S3	E_m(lux)	U_m	E_{min}(lux)
Medida	9.2	0.1	1.3
Requerida	10	0.4	-
Cumple	No	No	-

Tabla 4-14. Requisitos zona 7.

4.5.8 Resumen

En la siguiente tabla se resumen los resultados obtenidos de las mediciones realizadas en cada zona. Se detalla también si cumple con los niveles de iluminación requeridos por la normativa para ese tipo de zona o no.

Zona	E_m(lux) medida	U_m(lux) medida	E_{min}(lux) medida	E_m(lux) requerida	U_m(lux) requerida	E_{min}(lux) requerida	Cumple
Zona 1	18.0	0.7	12.8	7.5	-	1.5	Sí
Zona 2	5.0	0.3	1.4	7.5	-	1.5	No
Zona 3	7.6	0.2	1.4	10	0.4	-	No
Zona 4	8.6	0.2	1.3	7.5	-	1.5	No
Zona 5	11.6	0.7	8.5	7.5	-	1.5	Sí
Zona 6	1.9	0.5	1	5	-	1	No
Zona 7	9.2	0.1	1.3	10	0.4	-	No

Tabla 4-15. Resultados de medidas.

4.6 Simulación

En el Anexo II se incluyen todos los datos que han resultado de la simulación. A continuación se detalla un resumen de dichos datos, así como el gráfico de líneas isoiluminancia y la imagen renderizada de la simulación en colores falsos.

4.6.1 Distribución actual.

4.6.1.1 Zona 1

Luminaria	E_m(lux) calculada	U_m(lux) calculada	E_{min}(lux) calculada	E_{max} (lux) calculada
A	48	0.376	38	54
B	41	0.770	32	32
C	58	0.497	29	73

Tabla 4-16. Resultados simulación Zona 1.

Luminaria	E_m(lux) requerida	U_m(lux) requerida	E_{min}(lux) requerida	Cumple
A	7.5	-	1.5	Sí
B	7.5	-	1.5	Sí
C	7.5	-	1.5	Sí

Tabla 4-17. Requisitos zona 1.

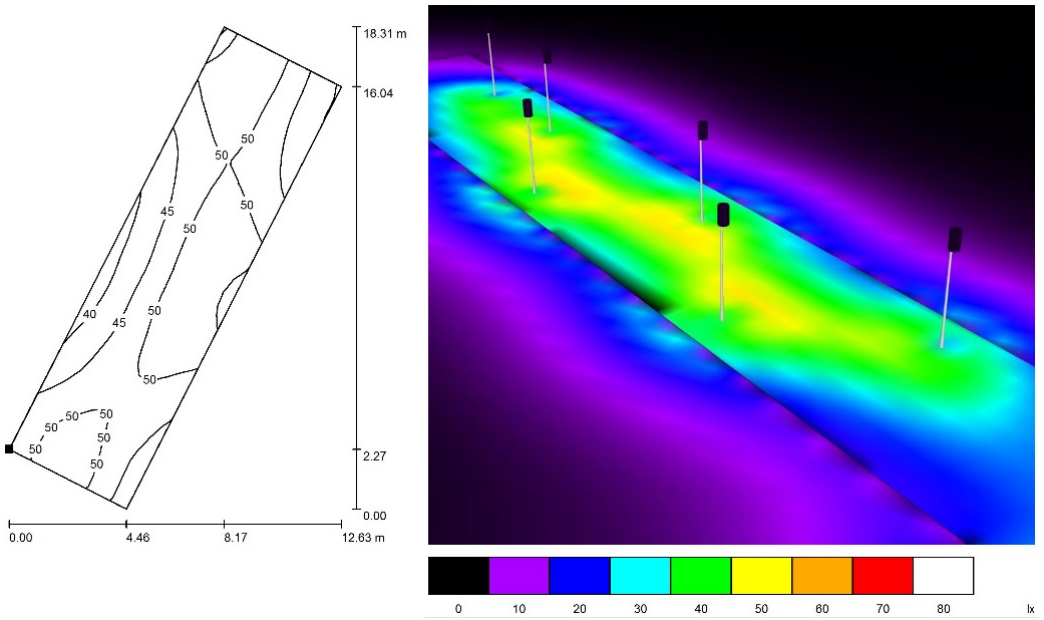


Figura 4-6. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 1 con luminaria A.

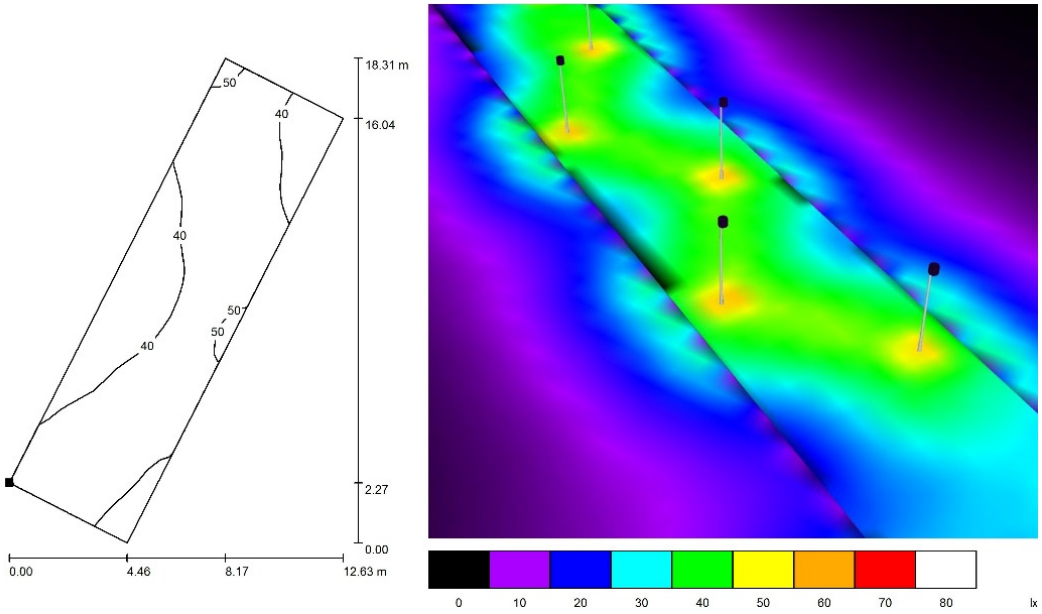


Figura 4-7. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 1 con luminaria B.

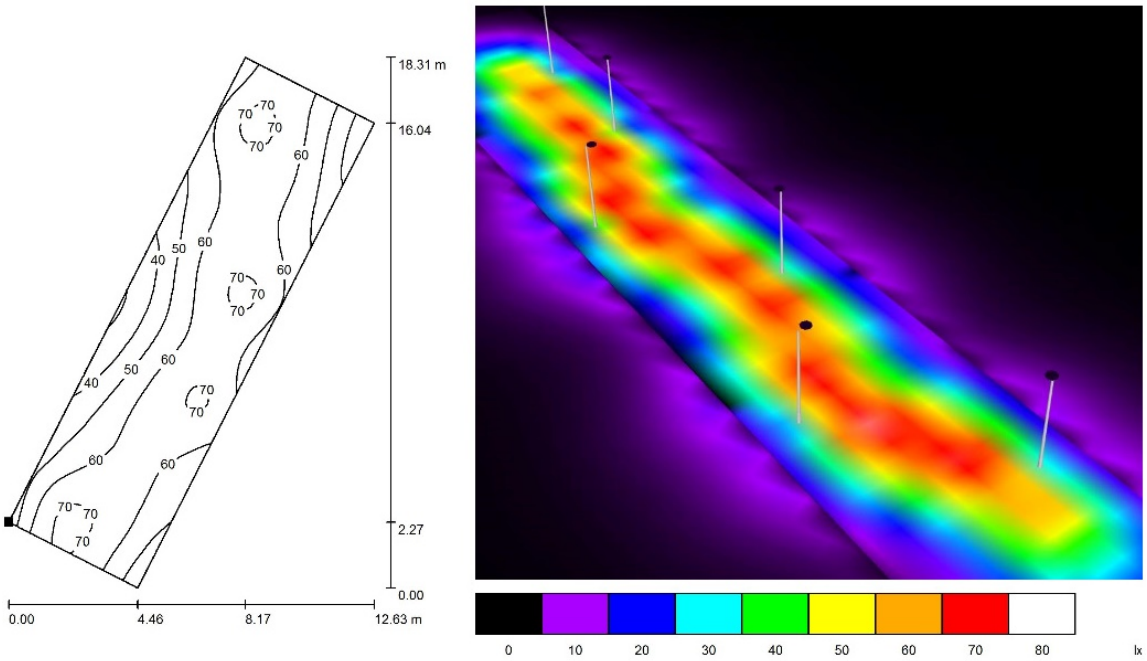


Figura 4-8. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 1 con luminaria C.

4.6.1.2 Zona 2

Luminaria	E_m(lux) calculada	U_m(lux) calculada	E_{min}(lux) calculada	E_{max} (lux) calculada
A	14	0.376	5.14	37
B	10	0.173	1.81	42
C	14	0.031	0.45	57

Tabla 4-18. Resultados simulación Zona 2.

Luminaria	E_m(lux) requerida	U_m(lux) requerida	E_{min}(lux) requerida	Cumple
A	7.5	-	1.5	Sí
B	7.5	-	1.5	Sí
C	7.5	-	1.5	No

Tabla 4-19. Requisitos zona 2.

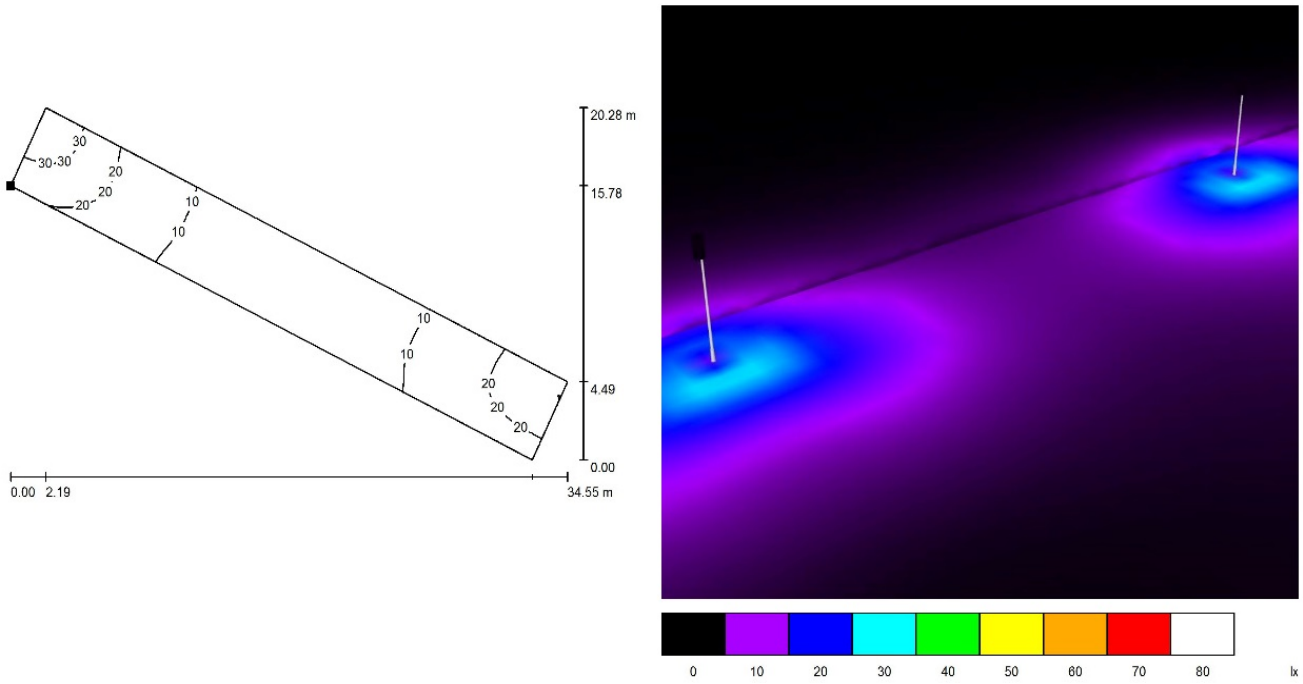


Figura 4-9. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 2 con luminaria A.

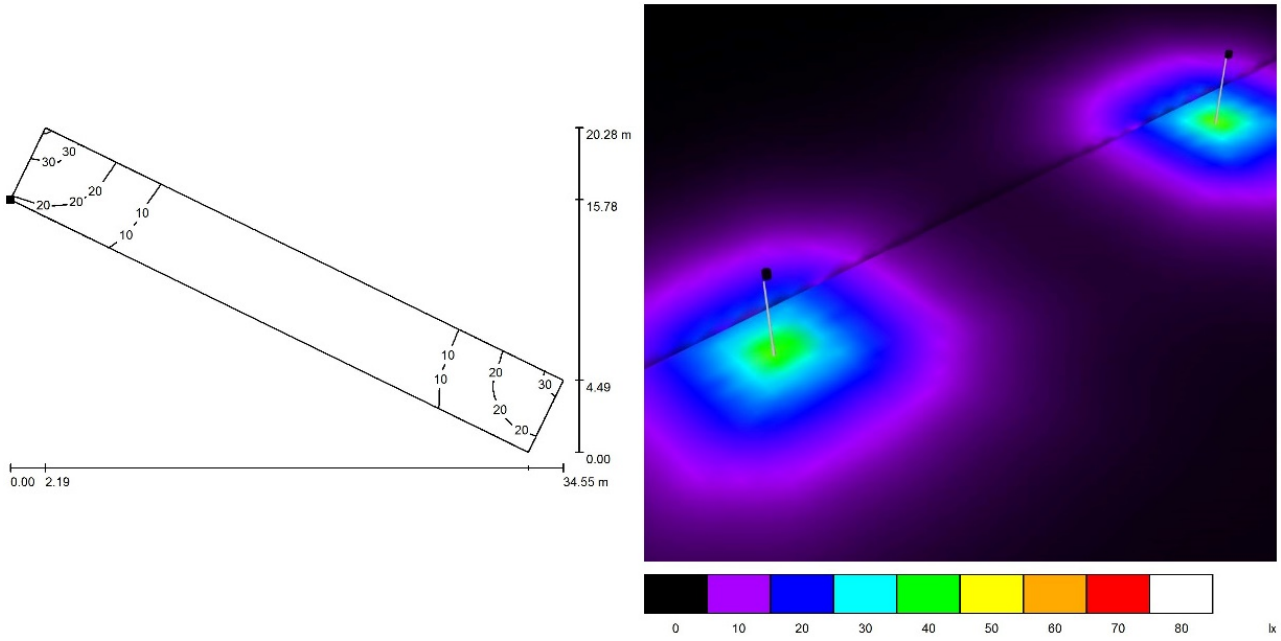


Figura 4-10. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 2 con luminaria B.

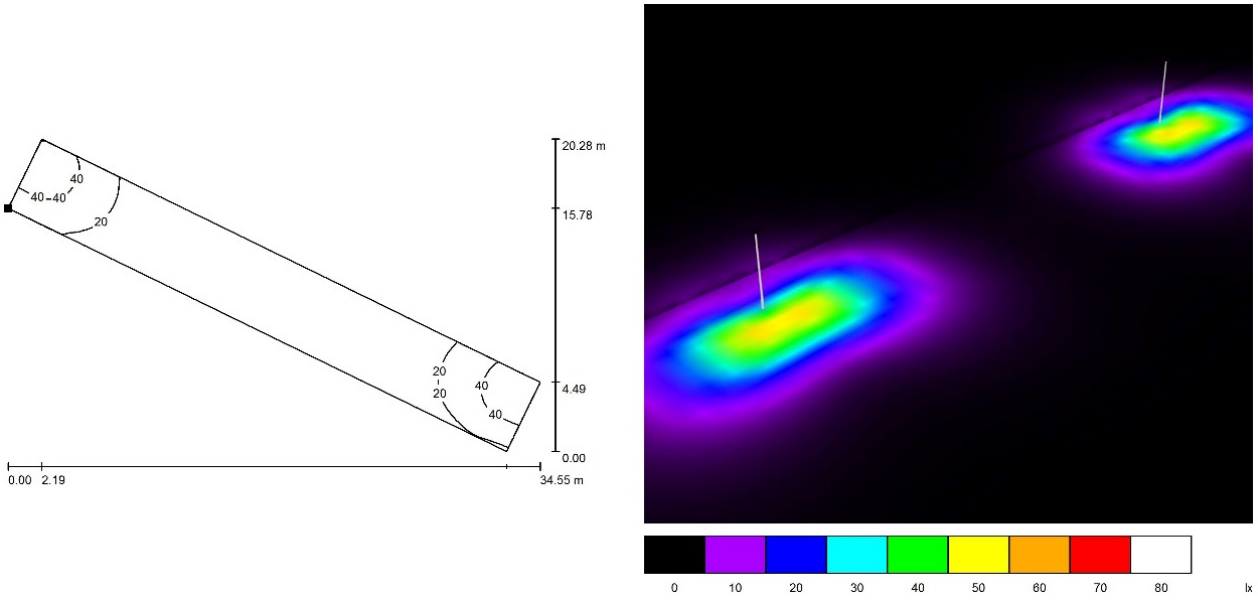


Figura 4-11. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 2 con luminaria C.

4.6.1.3 Zona 3

Luminaria	E_m(lux) calculada	U_m(lux) calculada	E_{min}(lux) calculada	E_{max} (lux) calculada
A	19	0.483	9.33	50
B	16	0.280	4.52	58
C	18	0.092	1.67	75

Tabla 4-20. Resultados simulación Zona 3.

Luminaria	E_m(lux) requerida	U_m(lux) requerida	E_{min}(lux) requerida	Cumple
A	10	0.4	-	Sí
B	10	0.4	-	No
C	10	0.4	-	No

Tabla 4-21. Requisitos zona 3.

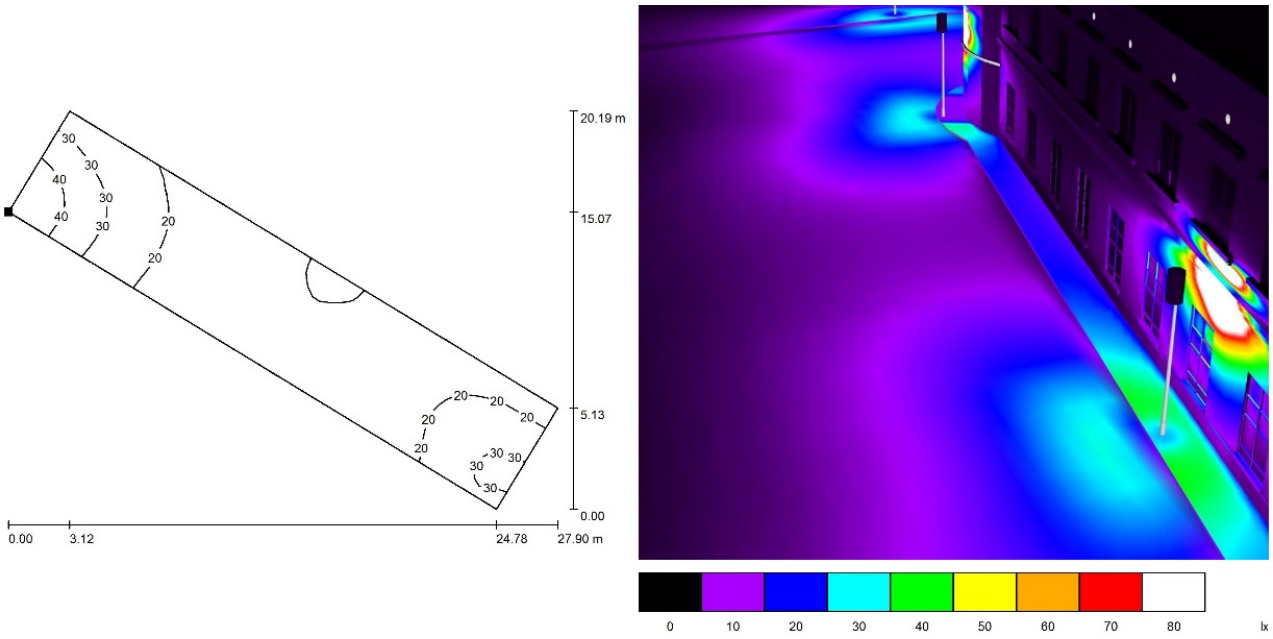


Figura 4-12. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 3 con luminaria A.

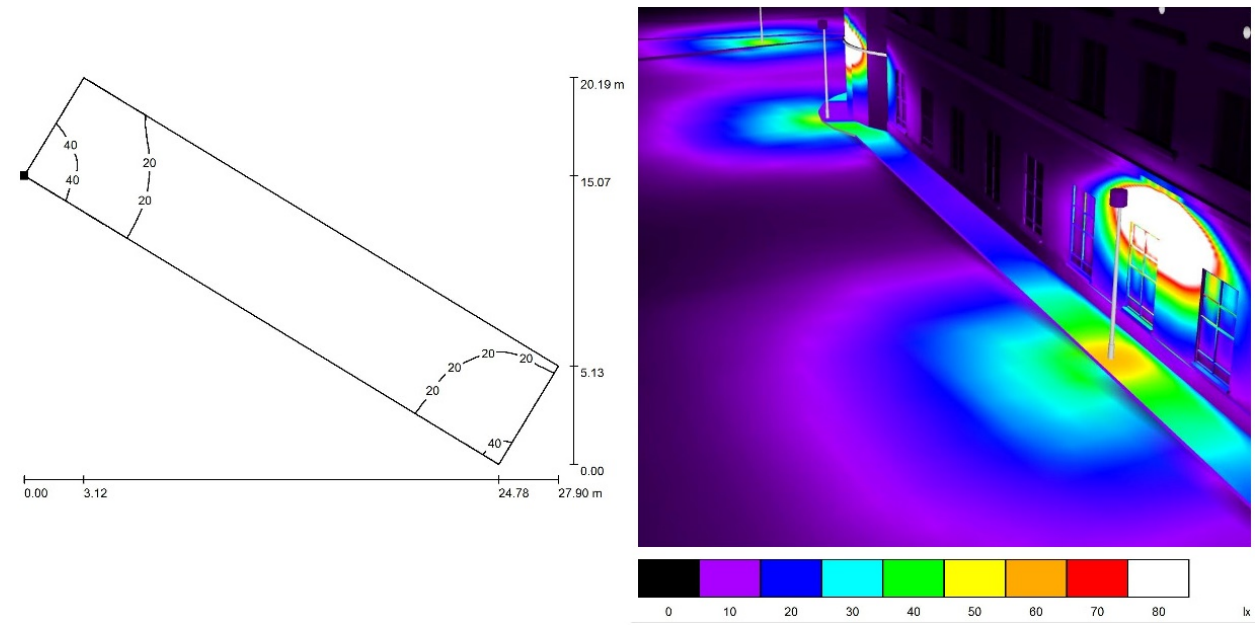


Figura 4-13. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 3 con luminaria B.

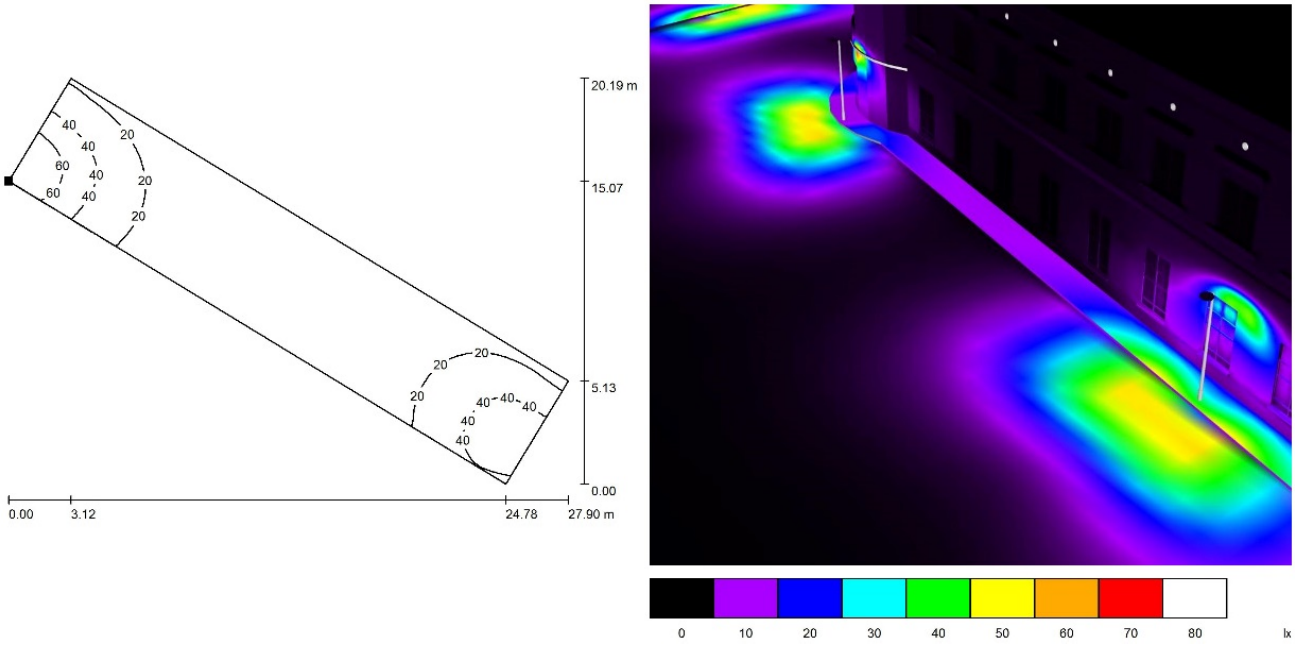


Figura 4-14. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 3 con luminaria C.

4.6.1.4 Zona 4

Luminaria	E_m(lux) calculada	U_m(lux) calculada	E_{min}(lux) calculada	E_{max} (lux) calculada
A	16	0.556	9.02	33
B	14	0.386	5.24	45
C	16	0.145	2.38	58

Tabla 4-22. Resultados simulación Zona 4.

Luminaria	E_m(lux) requerida	U_m(lux) requerida	E_{min}(lux) requerida	Cumple
A	7.5	-	1.5	Sí
B	7.5	-	1.5	Sí
C	7.5	-	1.5	Sí

Tabla 4-23. Requisitos Zona 4.

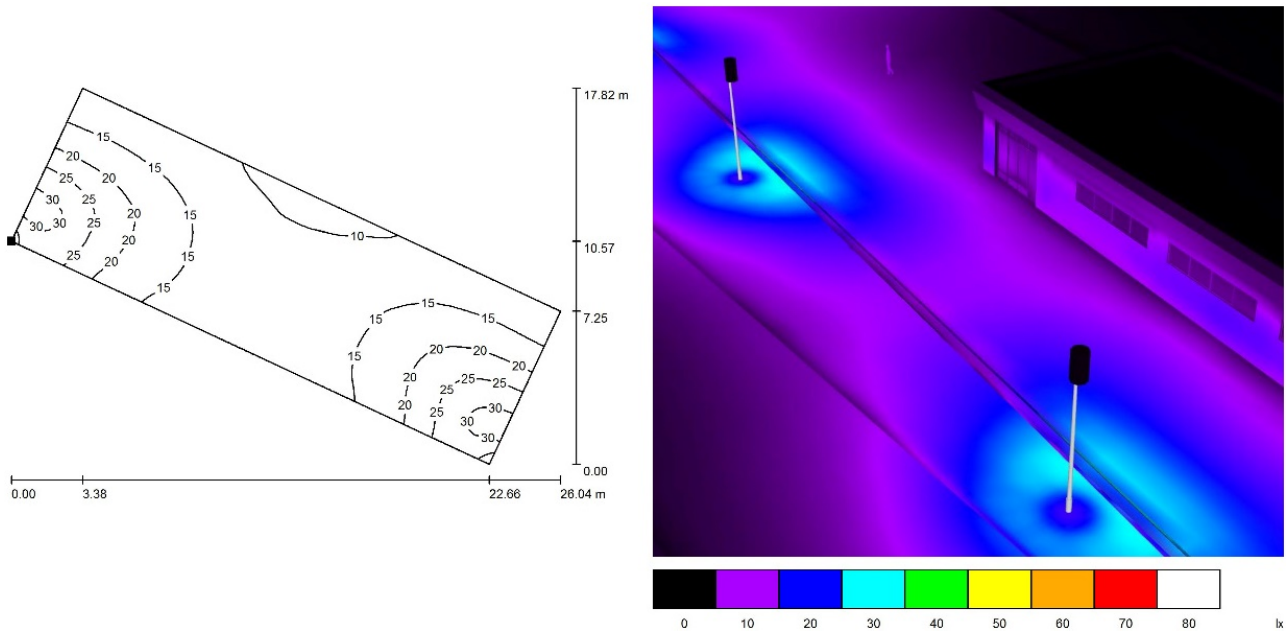


Figura 4-15. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 4 con luminaria A.

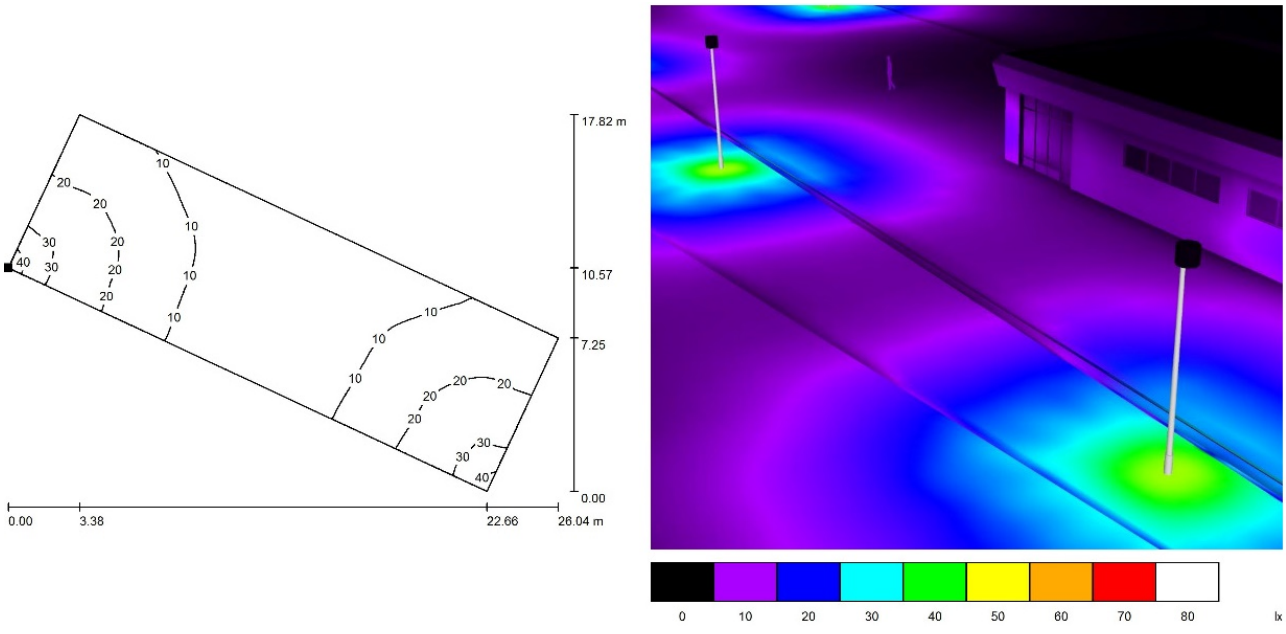


Figura 4-16. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 4 con luminaria B.

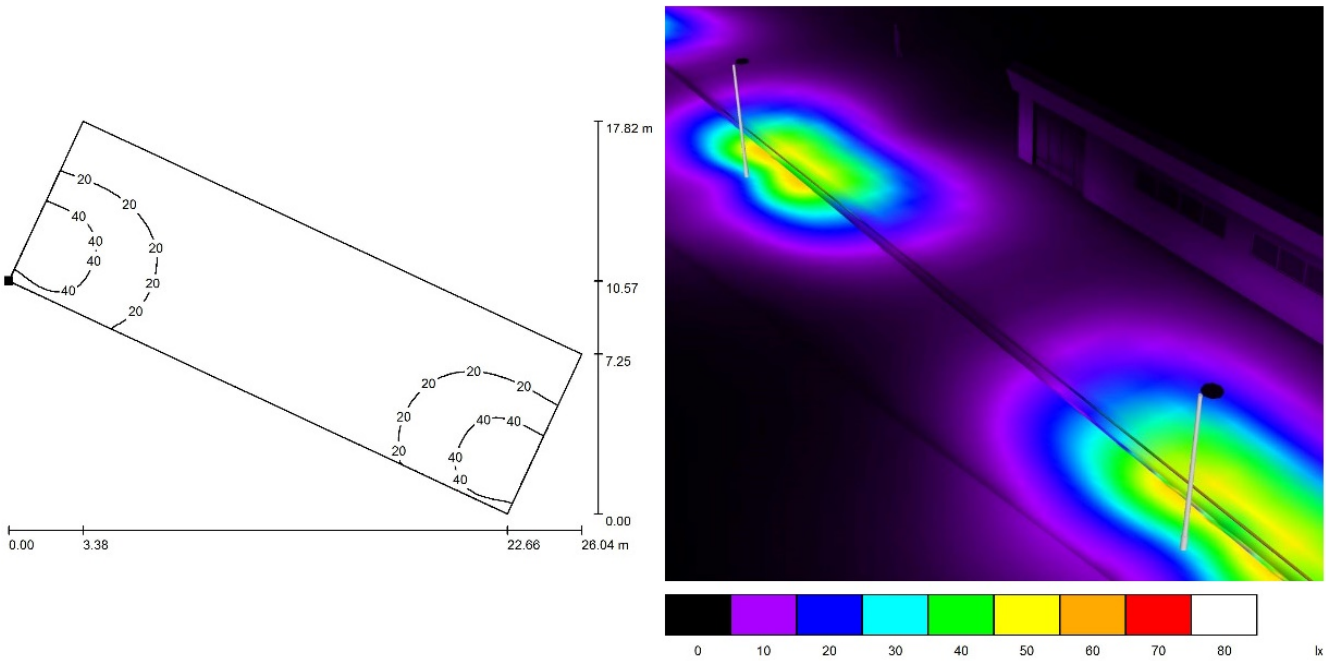


Figura 4-17. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 4 con luminaria C.

4.6.1.5 Zona 5

Luminaria	E_m(lux) calculada	U_m(lux) calculada	E_{min}(lux) calculada	E_{max} (lux) calculada
A	28	0.357	10	39
B	24	0.458	11	39
C	26	0.144	3.75	59

Tabla 4-24. Resultados simulación Zona 5.

Luminaria	E_m(lux) requerida	U_m(lux) requerida	E_{min}(lux) requerida	Cumple
A	7.5	-	1.5	Sí
B	7.5	-	1.5	Sí
C	7.5	-	1.5	Sí

Tabla 4-25. Requisitos Zona 5.

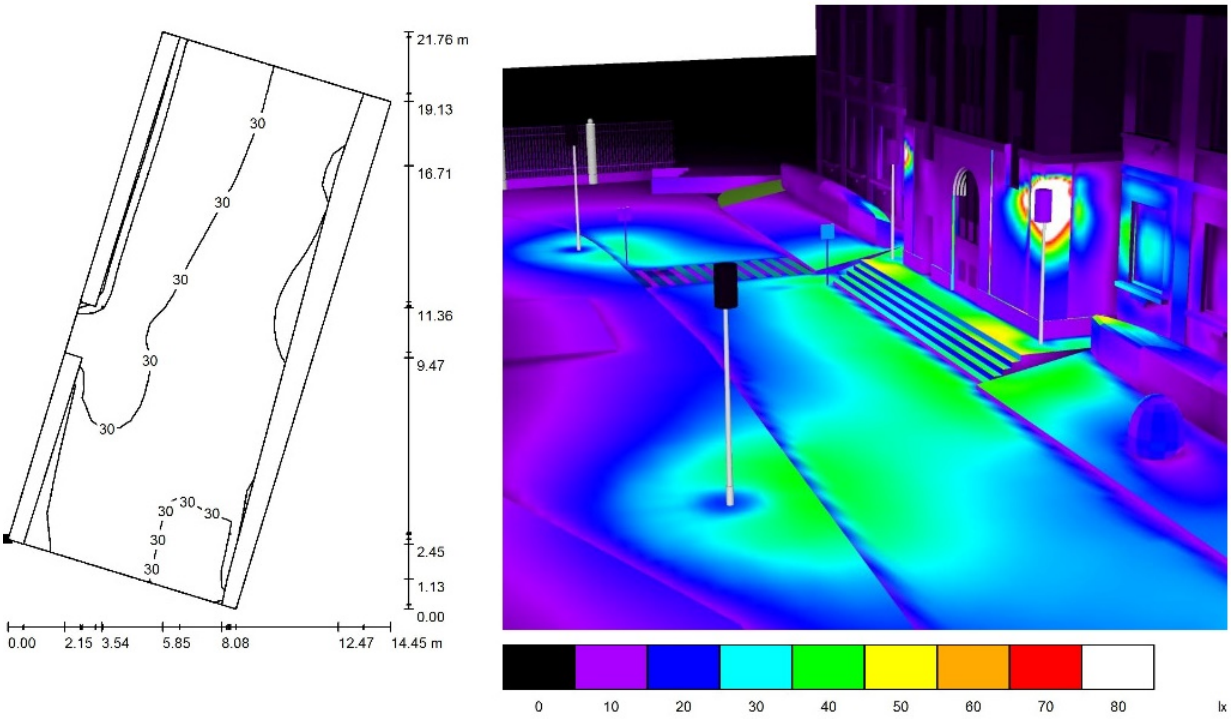


Figura 4-18. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 5 con luminaria A.

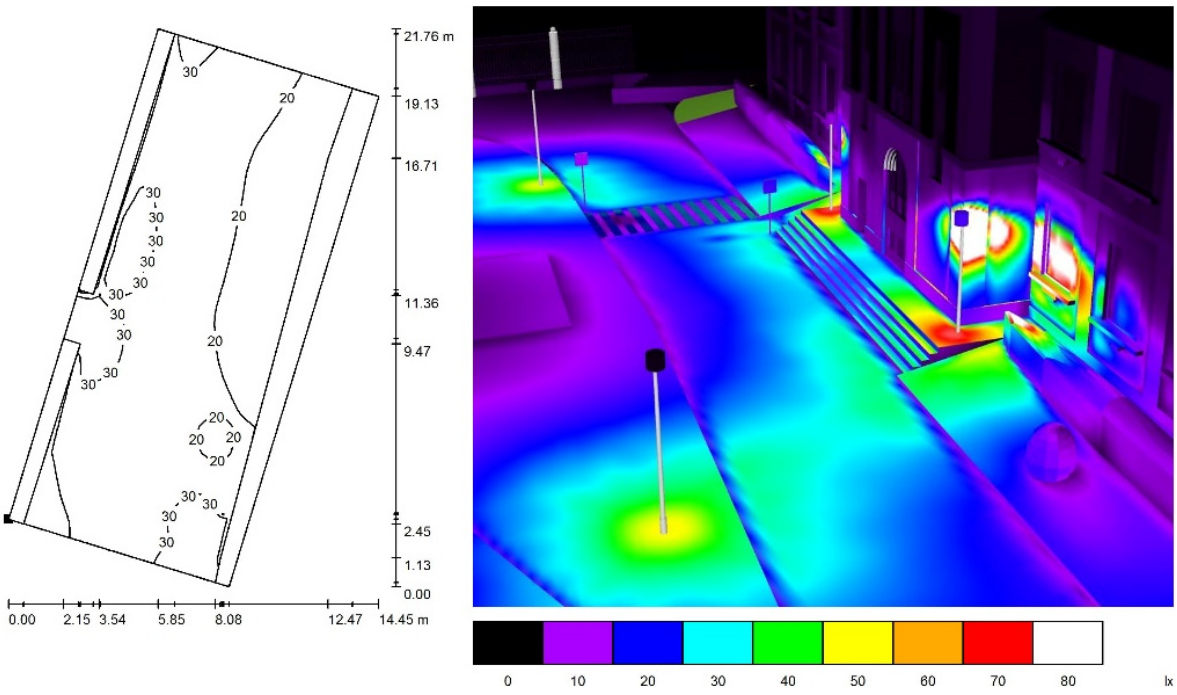


Figura 4-19. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 5 con luminaria B.

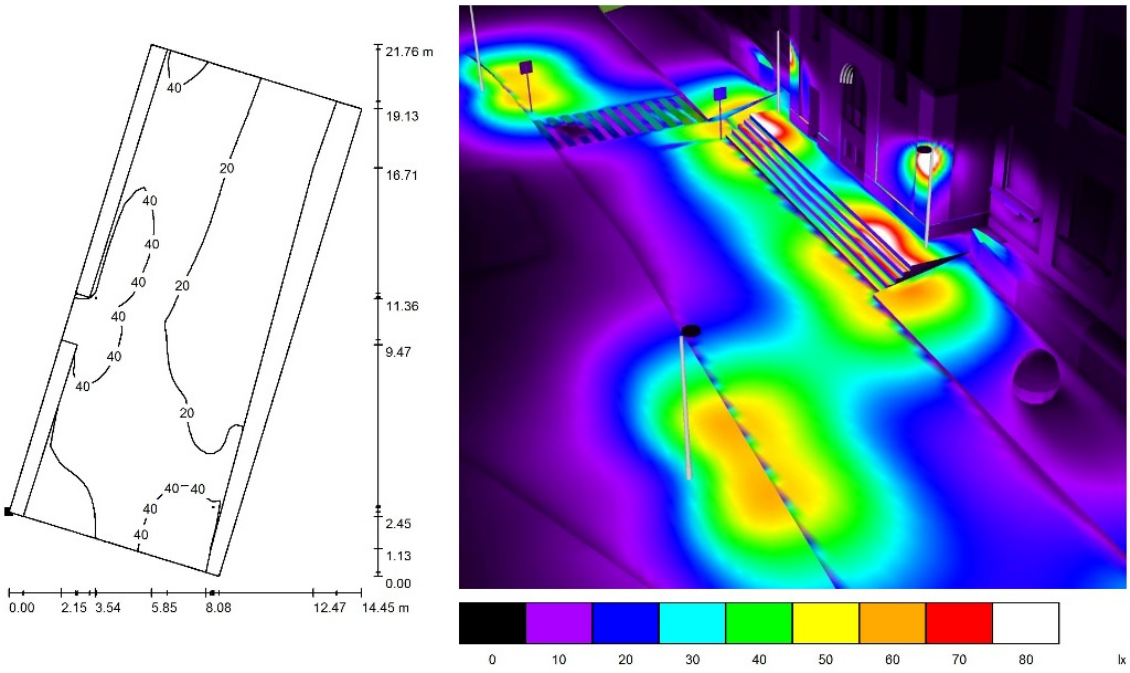


Figura 4-20. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 5 con luminaria C.

4.6.1.6 Zona 6

Luminaria	E_m(lux) calculada	U_m(lux) calculada	E_{min}(lux) calculada	E_{max} (lux) calculada
A	50	0.612	31	64
B	50	0.606	30	76
C	54	0.260	14	88

Tabla 4-26. Resultados simulación Zona 6.

Luminaria	E_m(lux) requerida	U_m(lux) requerida	E_{min}(lux) requerida	Cumple
A	5	-	1	Sí
B	5	-	1	Sí
C	5	-	1	Sí

Tabla 4-27. Requisitos Zona 6.

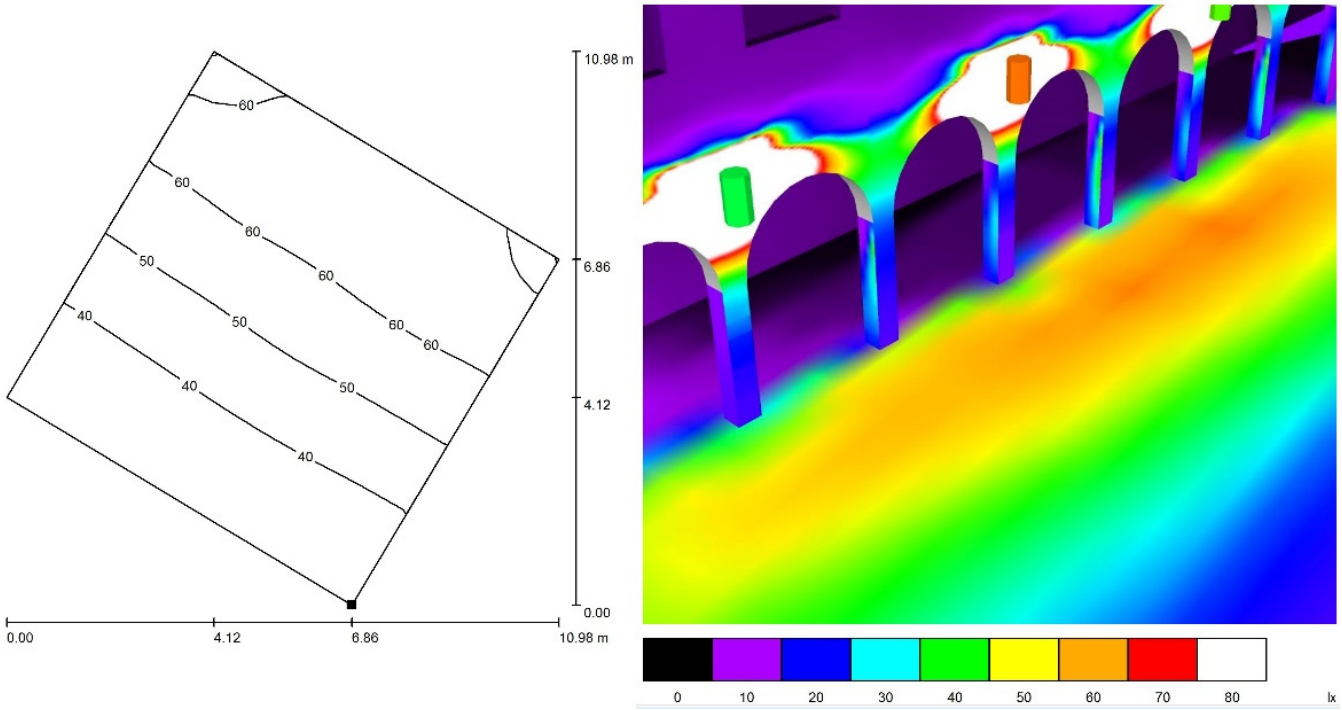


Figura 4-21. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 6 con luminaria A.

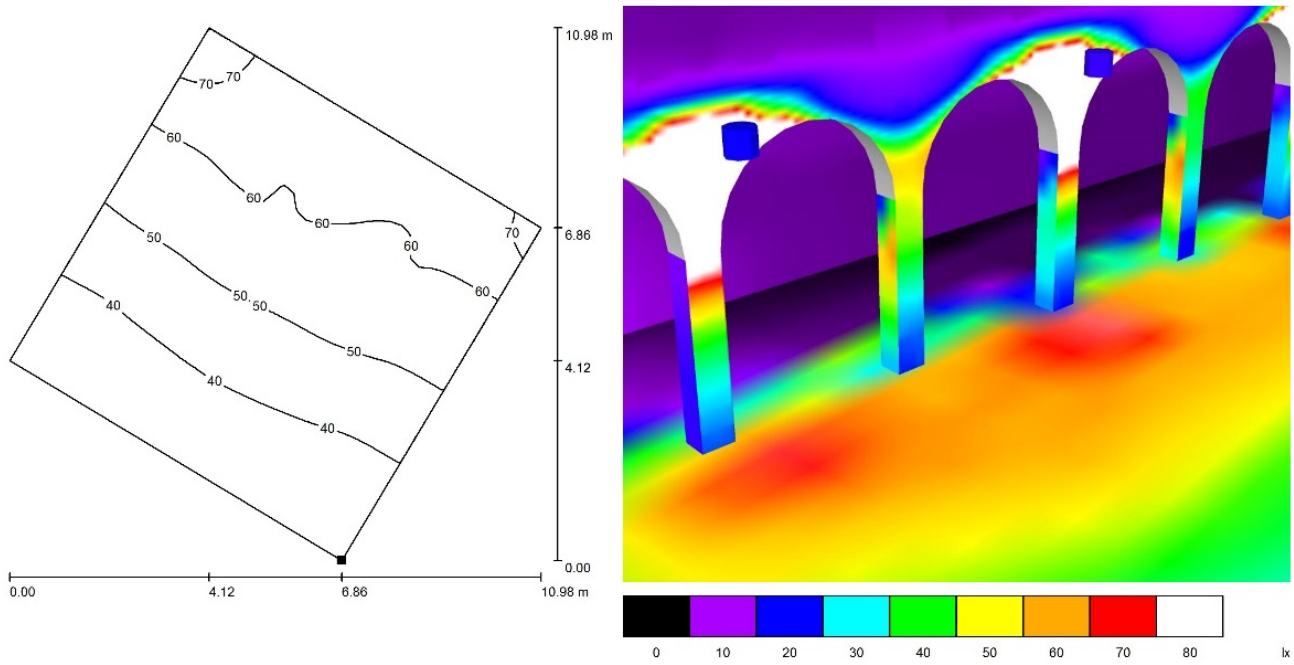


Figura 4-22. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 5 con luminaria B.

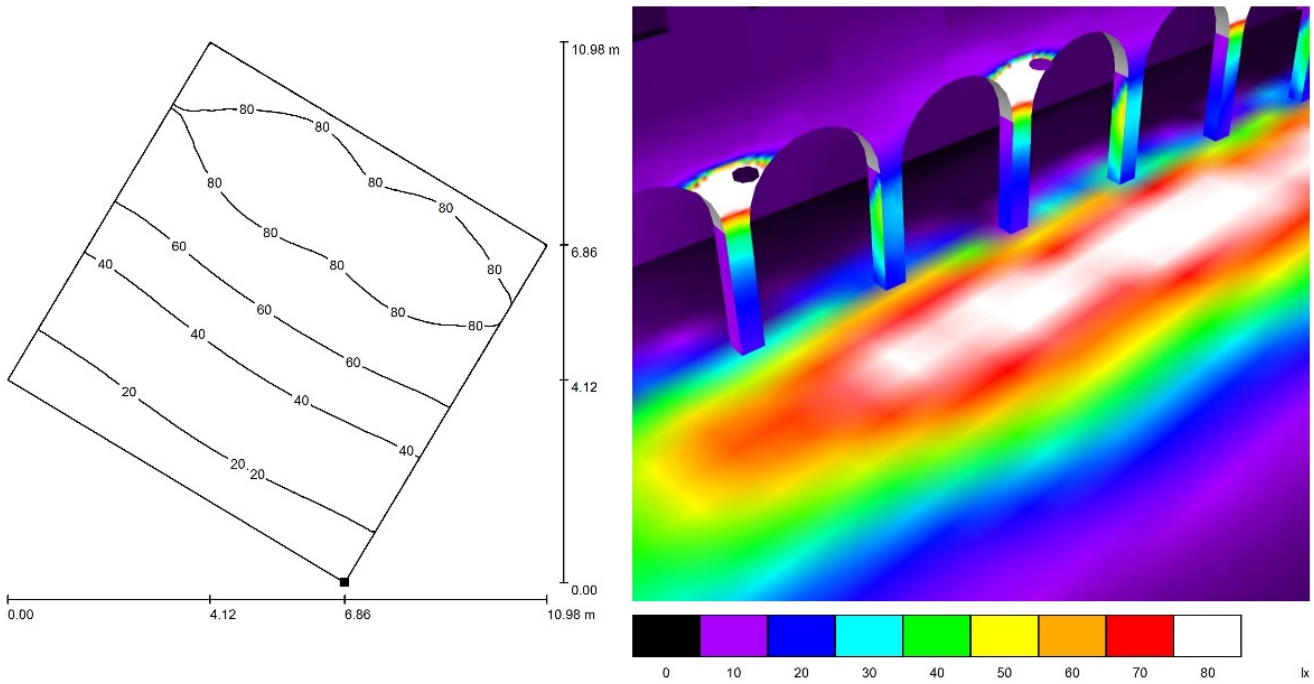


Figura 4-23. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 6 con luminaria C.

4.6.1.7 Zona 7

Luminaria	E_m(lux) calculada	U_m(lux) calculada	E_{min}(lux) calculada	E_{max} (lux) calculada
A	16	0.413	6.40	36
B	13	0.183	2.40	54
C	18	0.044	0.78	66

Tabla 4-28. Resultados simulación Zona 7.

Luminaria	E_m(lux) requerida	U_m(lux) requerida	E_{min}(lux) requerida	Cumple
A	10	0.4	-	Sí
B	10	0.4	-	No
C	10	0.4	-	No

Tabla 4-29. Requisitos Zona 7.

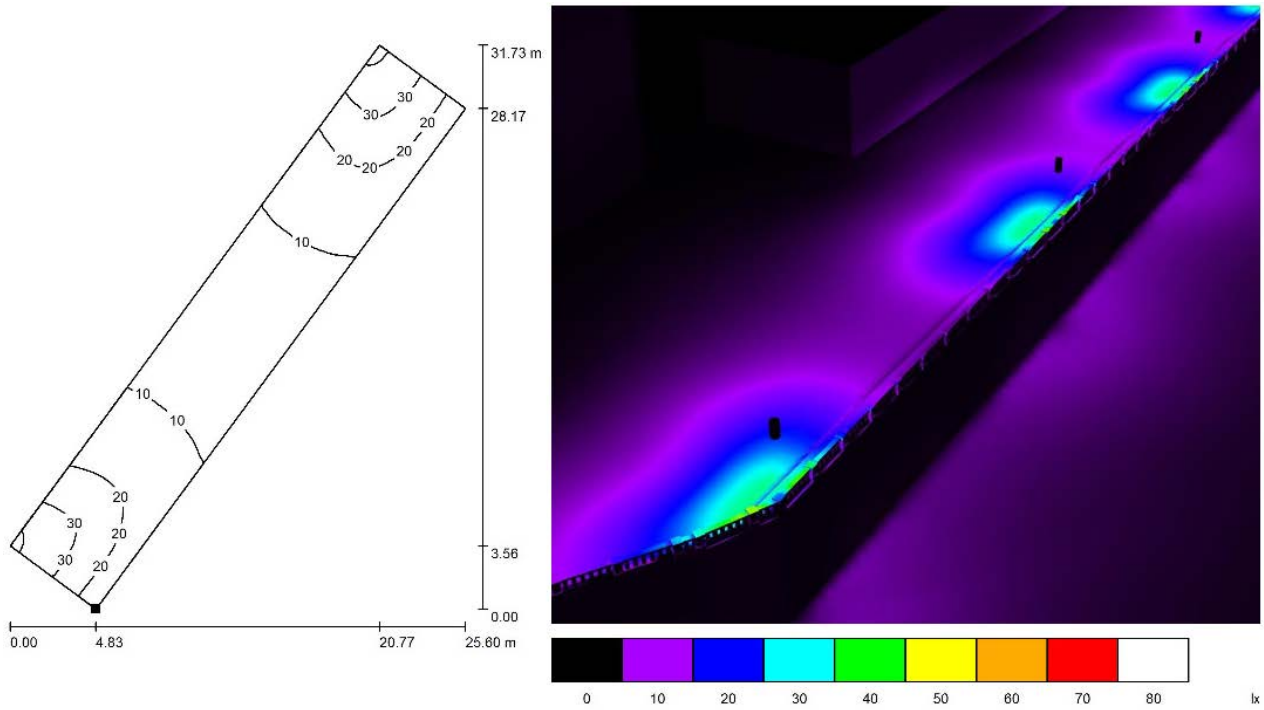


Figura 4-24. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 7 con luminaria A.

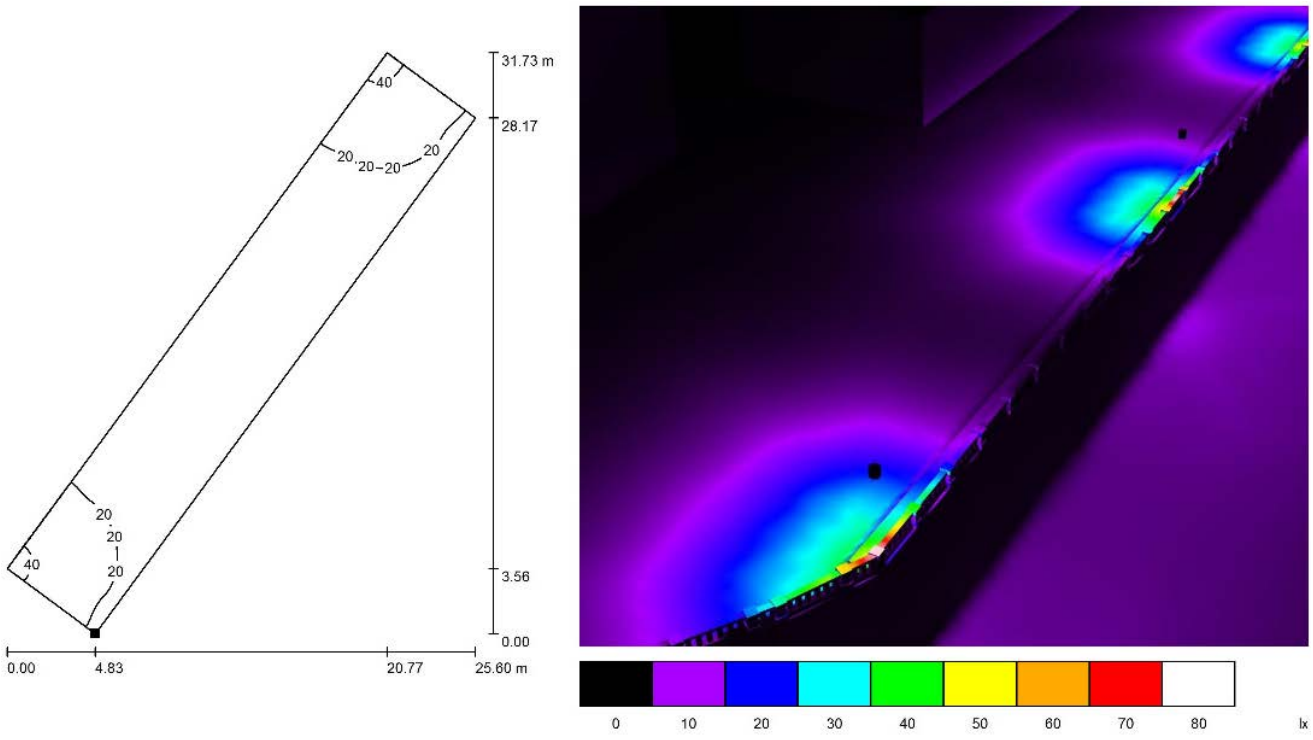


Figura 4-25. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 7 con luminaria B.

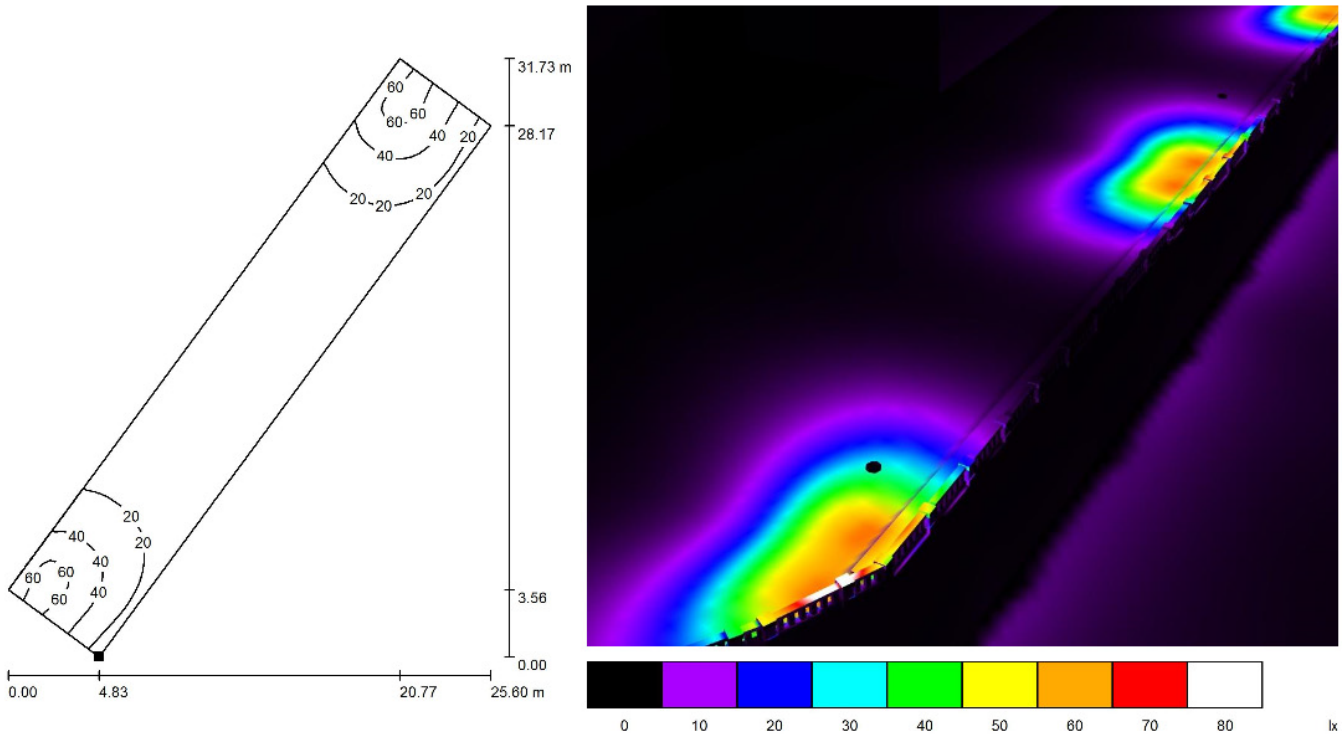


Figura 4-26. Diagrama isoiluminancia e imagen en colores falsos Zona 7 con luminaria C.

4.6.1.8 Análisis de resultados.

Como se puede observar en las tablas superiores, la única luminaria que cumple con los requisitos de iluminación establecidos por la normativa [10] es la luminaria A, mientras que la luminaria B falla al no alcanzar la uniformidad necesaria en dos casos y la luminaria C falla al no alcanzar un valor de iluminancia mínima en un caso y al no alcanzar la uniformidad necesaria en otros dos. El principal factor por el que ocurre esto es la separación de las luminarias entre sí.

La excesiva separación de las luminarias provoca que la potencia necesaria para conseguir iluminar toda la zona asignada a esa luminaria sea muy elevada. A su vez, esto provoca que haya un valor de iluminancia alto debajo de la propia luminaria y que aun así haya zonas prácticamente en penumbra, tal y como se puede apreciar en las imágenes en colores falsos de las zonas 2, 3 y 4. Por otro lado, en el caso de luminarias que están próximas entre sí, los valores alcanzados son muy elevados, aunque la uniformidad sigue siendo baja, tal y como se observa en los resultados de las zonas 6 y 7.

4.6.2 Distribución óptima

4.6.2.1 Introducción

En este subapartado se van a detallar los resultados obtenidos en la simulación de una instalación emplazando las luminarias de una manera óptima, que mejore la iluminación y la eficiencia de la zona. Se comenzará exponiendo los datos obtenidos mediante una tabla resumen de todas las zonas, para, a continuación detallar las curvas isoiluminancia así como las imágenes en colores falsos de la instalación. Finalmente, se realizará un análisis de los resultados obtenido.

4.6.2.2 Resultados

Zona	E_m(lux) calculada	U_m(lux) calculada	E_{min}(lux) calculada	E_{max} (lux) calculada
Zona 1	10	0.751	7.80	15
Zona 2	11	0.759	8.27	16
Zona 3	12	0.746	9.30	18
Zona 4	9.94	0.602	5.98	16
Zona 5	9.41	0.449	4.22	16
Zona 6	10	0.595	6.12	16
Zona 7	13	0.665	8.75	19

Tabla 4-30. Resultados con la distribución propuesta.

Zona	E_m(lux) requerida	U_m(lux) requerida	E_{min}(lux) requerida	Cumple
Zona 1	7.5	-	1.5	Sí
Zona 2	7.5	-	1.5	Sí
Zona 3	10	0.4	-	Sí
Zona 4	7.5	-	1.5	Sí
Zona 5	7.5	-	1.5	Sí
Zona 6	5	-	1	Sí
Zona 7	10	0.4	-	Sí

Tabla 4-31. Requisitos de la instalación.

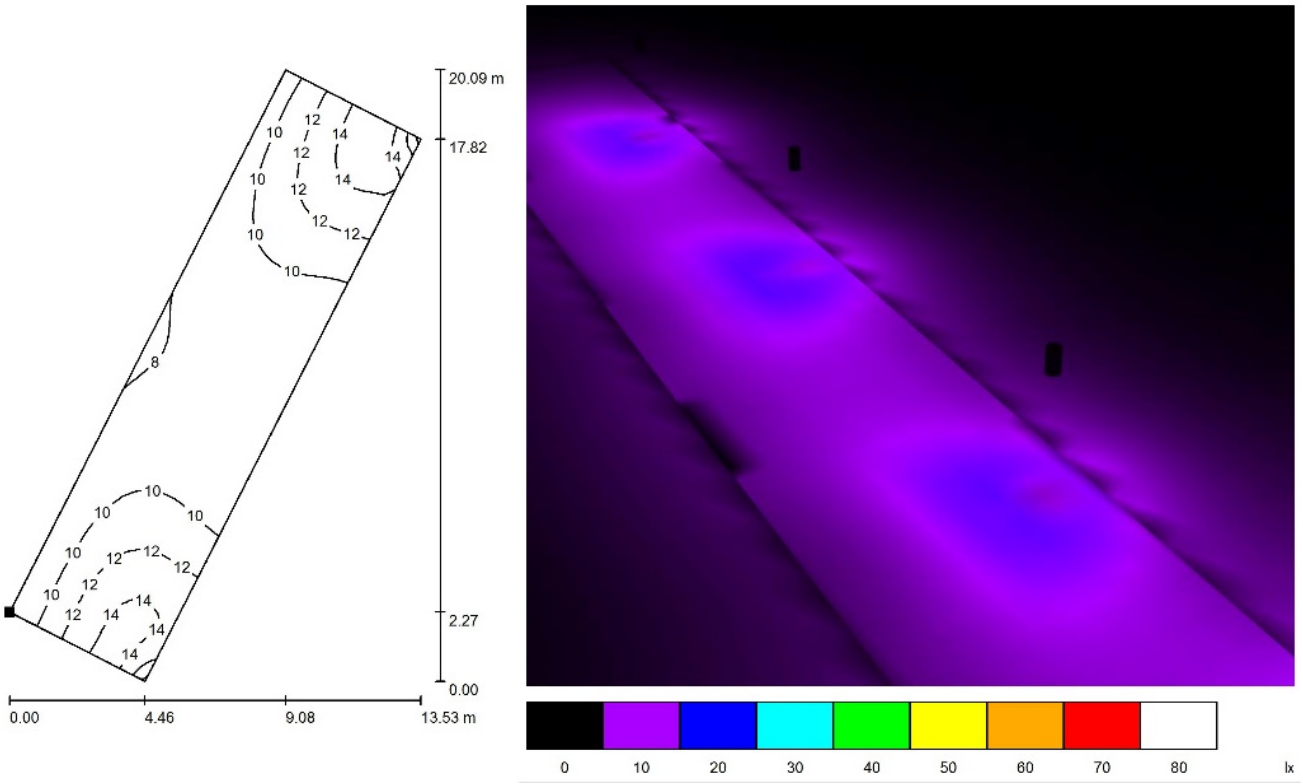


Figura 4-27. Curvas isoiluminancia e imagen en colores falsos zona 1.

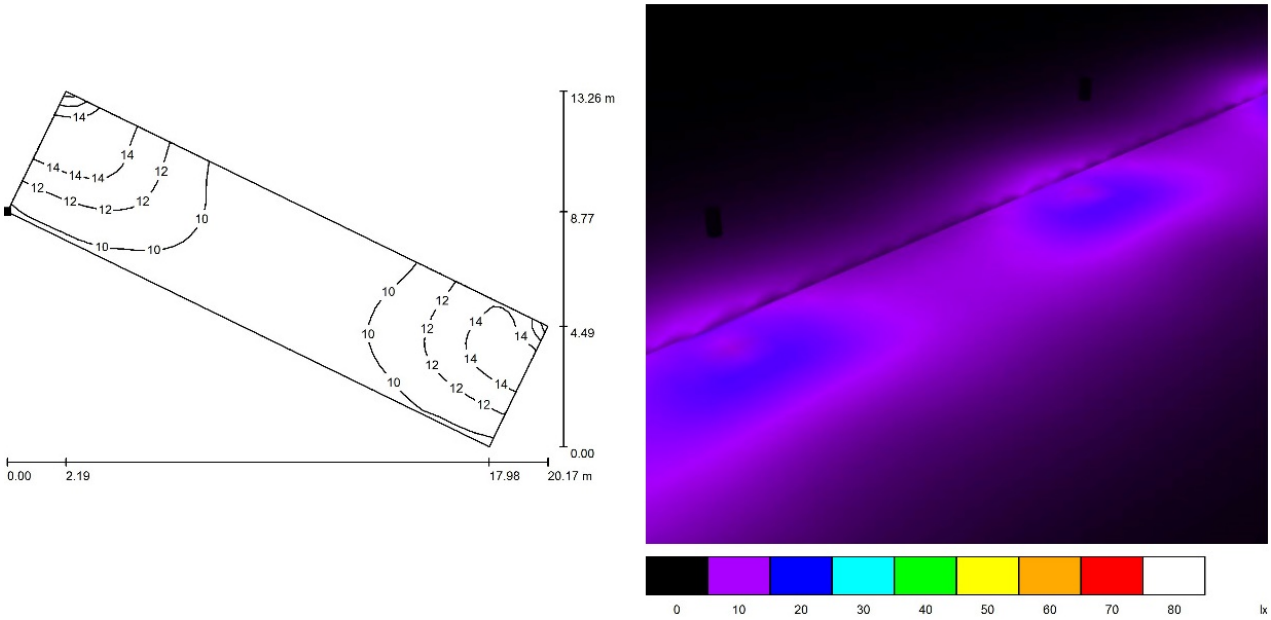


Figura 4-28. Curvas isoiluminancia e imagen en colores falsos zona 2.

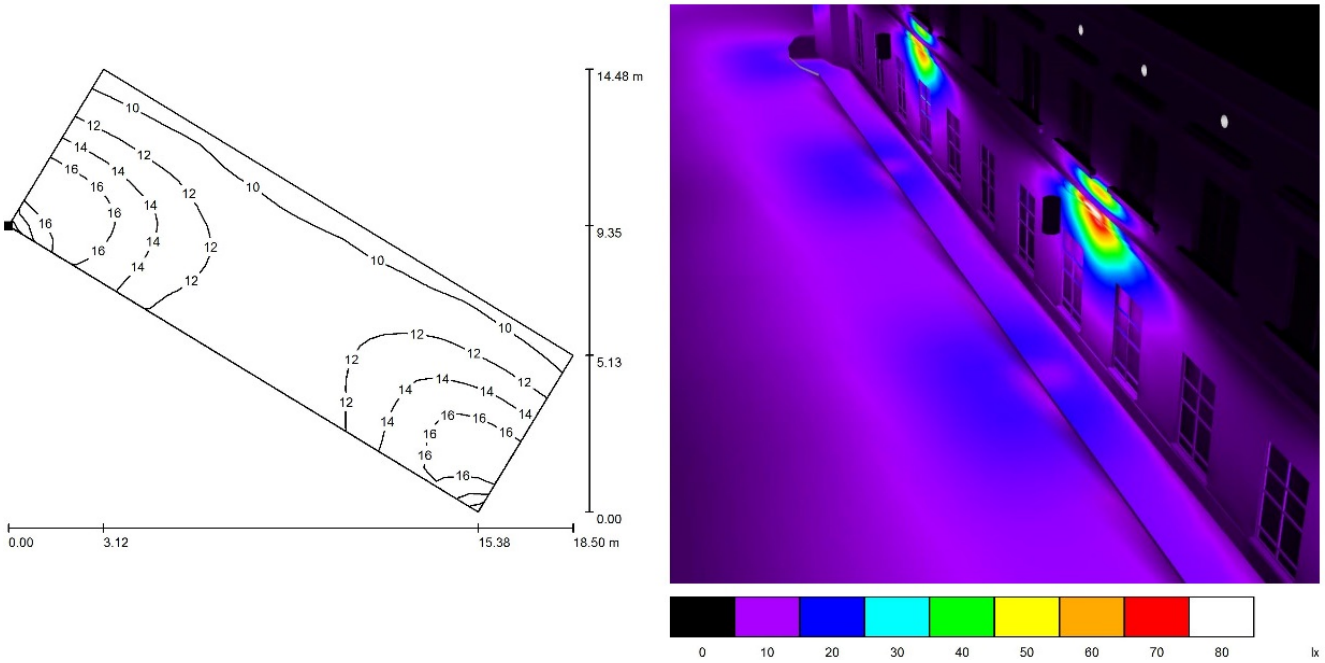


Figura 4-29. Curvas isoiluminancia e imagen en colores falsos zona 3.

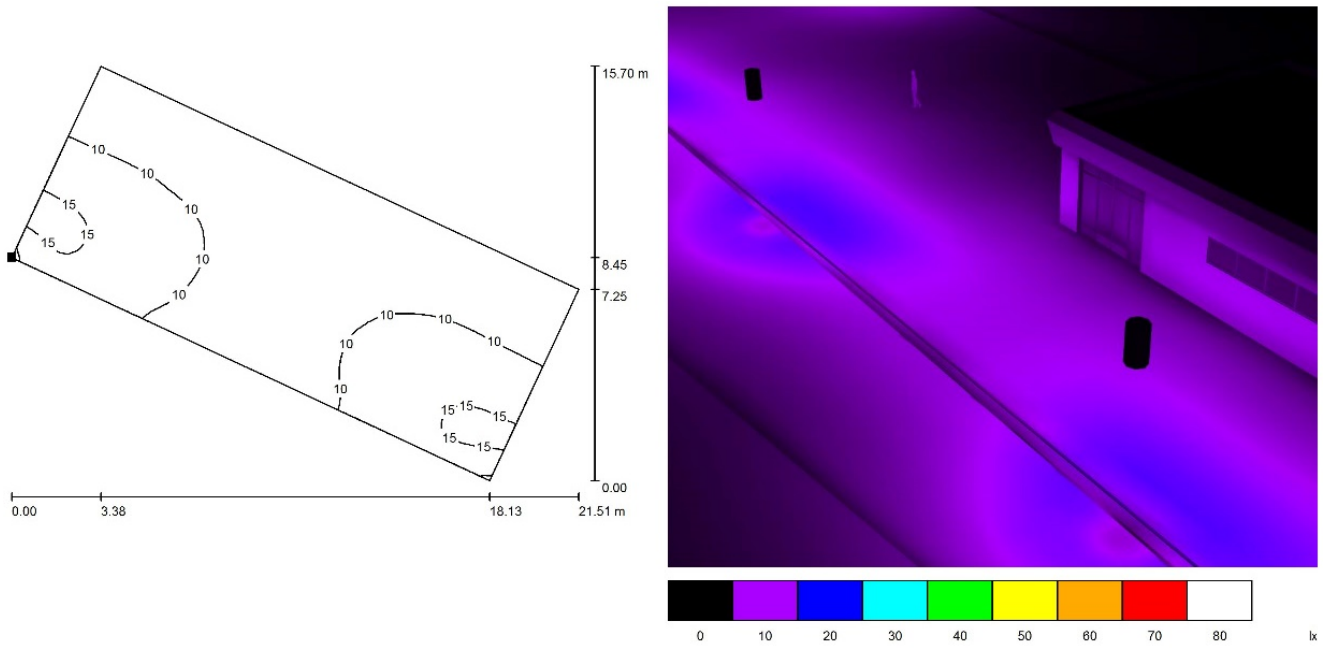


Figura 4-30. Curvas isoiluminancia e imagen en colores falsos zona 4.

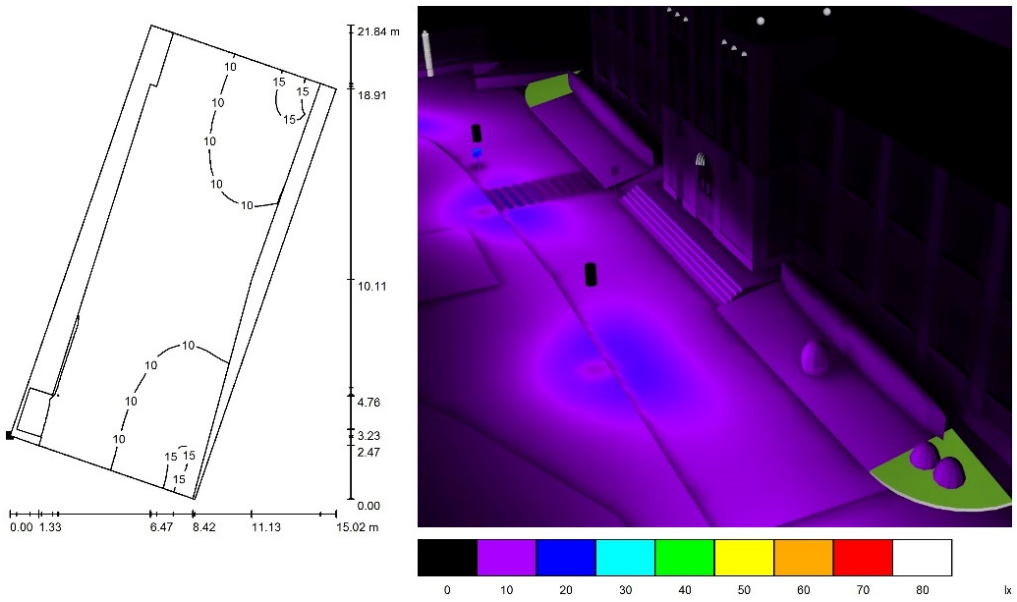


Figura 4-31. Curvas isoiluminancia e imagen en colores falsos zona 5.

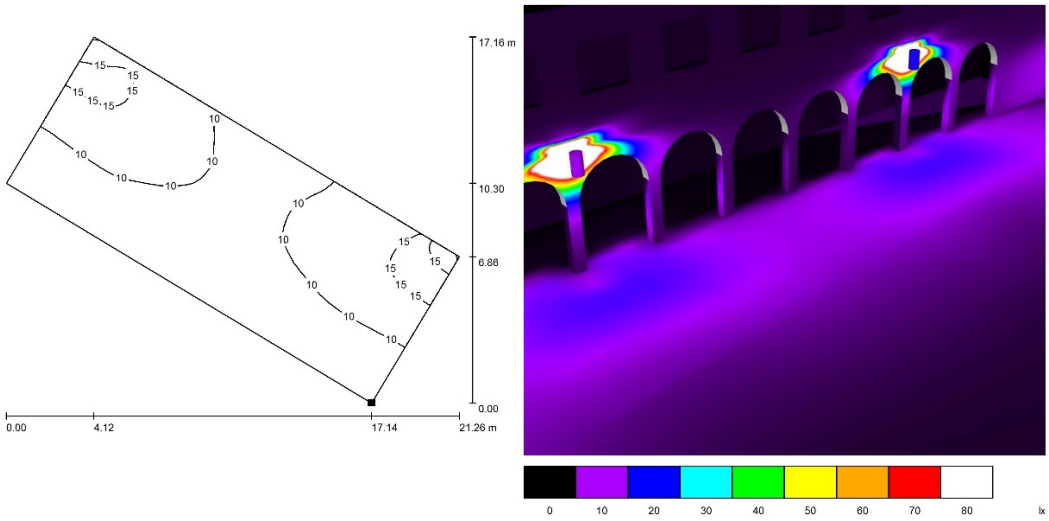


Figura 4-32. Curvas isoiluminancia e imagen en colores falsos zona 6.

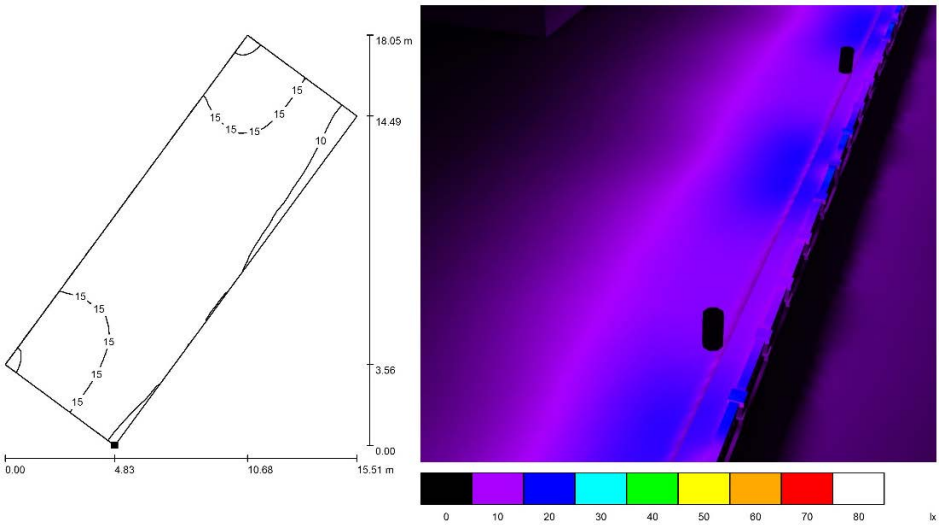


Figura 4-33. Curvas isoiluminancia e imagen en colores falsos zona 7.

4.6.2.3 Análisis de resultados

Tal y como se aprecia en la tabla de resultados, en las curvas isoiluminancia y en las imágenes en colores falsos, el hecho de distribuir las luminarias de forma homogénea consiguen evitar las zonas de penumbra, así como mejorar notablemente la uniformidad en la iluminación. Los valores son mucho más constantes en todas las zonas calculadas, y no hay discrepancias relevantes entre unas zonas y otras.

4.7 Estudio de eficiencia energética

4.7.1 Introducción

En este subapartado se van a detallar y resumir los resultados obtenidos relativos a la eficiencia y calificación energética de la instalación actual así como de las propuestas simuladas. Primero se resumirán los datos de eficiencia para a continuación realizar un análisis de los resultados.

4.7.2 Eficiencia energética de la instalación actual

Siguiendo el procedimiento descrito en el Subapartado 3.5.3, se ha calculado la eficiencia energética de cada zona evaluada y se ha comparado con lo que dicta la normativa para dicha zona. Para ello se ha utilizado la hoja de cálculo Excel descrita en 3.5.3, cuyos resultados que se resumen en la Tabla 4-32.

Zona	E_m	$\mathcal{E}_{instalación}$	$\mathcal{E}_{requerida}$	Cumple
Zona 1	18.3	1.37	8.49	No
Zona 2	5.0	1.13	3.50	No
Zona 3	7.6	1.65	5.04	No
Zona 4	8.6	3.44	5.4	No
Zona 5	11.6	2.80	6.5	No
Zona 6	1.9	3.50	0.2	No
Zona 7	9.2	3.86	5.68	No

Tabla 4-32. Resultados eficiencia energética instalación actual.

De forma análoga, y tal y como se detalla en 3.5.4, se ha calificado energéticamente la instalación actual, siguiendo lo establecido en [13]. Para facilitar la tarea se ha utilizado la hoja de cálculo Excel implementada y descrita en 3.5.3, obteniendo los resultados que se detallan en la Tabla 4-33.

Zona	IЄ	ICE	Calificación
Zona 1	0.11	8.98	G
Zona 2	0.23	4.44	F
Zona 3	0.23	4.28	F
Zona 4	0.44	2.29	E
Zona 5	0.29	3.47	F
Zona 6	0.05	20.46	G
Zona 7	0.46	2.16	E

Tabla 4-33. Calificación energética actual.

4.7.3 Eficiencia energética de la primera iteración

4.7.3.1 Simulación con luminaria A.

Zona	E_m	$Ɛ_{instalación}$	$Ɛ_{requerida}$	Cumple
Zona 1	42	25.02	9	Si
Zona 2	13	11.01	6.9	Si
Zona 3	15	12.28	7.5	Si
Zona 4	16	15.05	7.8	Si
Zona 5	32	18.06	9	Si
Zona 6	32	9.63	9	Si
Zona 7	19	18.77	8.7	Si

Tabla 4-34. Eficiencia luminaria Philips.

Zona	IƐ	ICE	Calificación
Zona 1	1.92	0.52	A
Zona 2	1.08	0.93	B
Zona 3	1.12	0.90	A
Zona 4	1.32	0.76	A
Zona 5	1.39	0.72	A
Zona 6	0.74	1.35	C
Zona 7	1.49	0.67	A

Tabla 4-35. Calificación energética luminaria Philips.

4.7.3.2 Simulación con luminaria B.

Zona	E_m	$Ɛ_{instalación}$	$Ɛ_{requerida}$	Cumple
Zona 1	41	12.18	9	Si
Zona 2	10	8.91	6	Si
Zona 3	16	13.78	7.5	Si
Zona 4	14	13.86	7.2	Si
Zona 5	24	21.39	9	Si
Zona 6	50	15.84	9	Si
Zona 7	21	21.83	9	Si

Tabla 4-36. Eficiencia luminaria Disano.

Zona	IƐ	ICE	Calificación
Zona 1	1.07	0.94	B
Zona 2	1.01	0.99	B
Zona 3	1.21	0.83	A
Zona 4	1.31	0.76	A
Zona 5	1.65	0.61	A
Zona 6	1.22	0.82	A
Zona 7	1.68	0.60	A

Tabla 4-37. Calificación energética luminaria Disano.

4.7.3.3 Simulación con luminaria C.

Zona	E_m	$Ɛ_{instalación}$	$Ɛ_{requerida}$	Cumple
Zona 1	58	16.73	9	Si
Zona 2	14	12.12	7.2	Si
Zona 3	18	15.06	8.4	Si
Zona 4	16	15.38	7.8	Si
Zona 5	26	22.50	9	Si
Zona 6	54	16.61	9	Si
Zona 7	21	21.20	9	Si

Tabla 4-38. Eficiencia de la luminaria Lamp.

Zona	IƐ	ICE	Calificación
Zona 1	1.29	0.78	A
Zona 2	1.1	0.87	A
Zona 3	1.23	0.81	A
Zona 4	1.35	0.74	A
Zona 5	1.73	0.58	A
Zona 6	1.28	0.78	A
Zona 7	1.63	0.61	A

Tabla 4-39. Calificación energética de la luminaria Lamp.

4.7.4 Eficiencia energética de la distribución óptima

Zona	E_m	$Ɛ_{instalación}$	$Ɛ_{requerida}$	Cumple
Zona 1	9.93	10.98	5.97	Si
Zona 2	9.93	10.98	5.97	Si
Zona 3	10	11.95	6	Si
Zona 4	8.62	14.35	5.24	Si
Zona 5	8.11	16.15	5.24	Si
Zona 6	8.62	11.95	6	Si
Zona 7	10	10.98	5.97	Si

Tabla 4-40. Eficiencia con la distribución óptima de luminarias.

Zona	IƐ	ICE	Calificación
Zona 1	1.23	0.81	A
Zona 2	1.23	0.81	A
Zona 3	1.33	0.75	A
Zona 4	1.92	0.52	A
Zona 5	2.16	0.46	A
Zona 6	1.33	0.75	A
Zona 7	1.23	0.81	A

Tabla 4-41. Calificación energética de la instalación distribuida óptimamente.

4.7.5 Etiquetado energético

Cumpliendo con la normativa, se ha elaborado un formato de etiquetado energético, y se ha realizado la etiqueta energética para cada zona evaluada de la instalación de alumbrado público actual. Para cumplimentar los datos de dicha etiqueta se han realizado los cálculos que se detallan a continuación:

Consumo de energía anual (kWh/año): $C_{anual} = P_{lum} \times T_{func} \times n_{lum}$

Donde:

P_{lum} es la potencia eléctrica de cada luminaria en kW.

T_{func} es el tiempo de funcionamiento de cada luminaria al año en horas/año.

n_{lum} es el número de luminarias en funcionamiento en esa zona.

Emisiones de CO_2 anuales ($kgCO_2$/año): $M_{CO_2 anual} = C_{anual} \times m_{kwh-CO2}$

Donde:

C_{anual} es el consumo de energía anual calculado previamente en kWh/año

m_{kWh-CO_2} son los kg de CO_2 emitidos a la atmósfera por kWh consumido

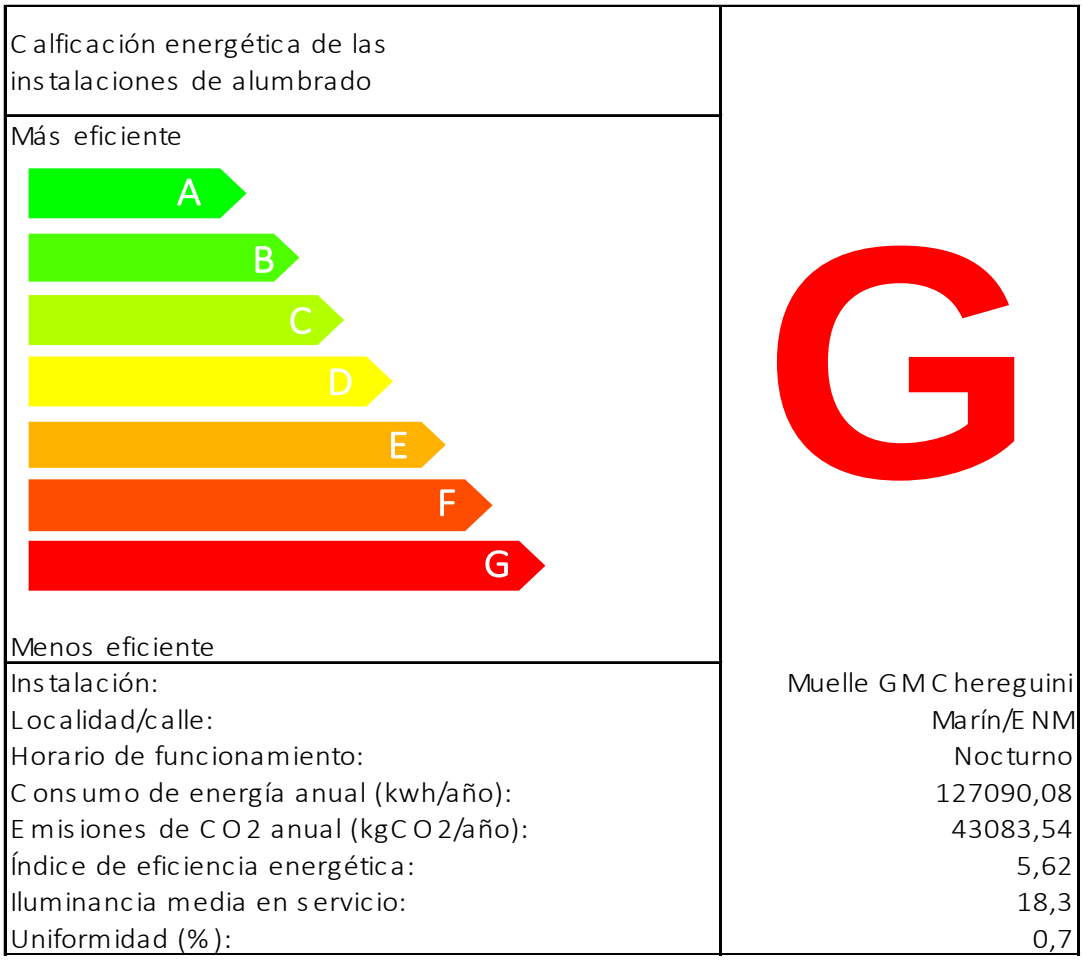


Figura 4-34. Ejemplo de etiqueta de calificación energética.

El anexo I recoge las etiquetas energéticas de todas las zonas estudiadas en el presente trabajo.

4.7.6 Análisis de resultados de eficiencia

En primer lugar se observa que la calificación energética en la instalación actual es deficiente, incumpliendo en todos los casos los valores impuestos por la normativa vigente, y obteniendo una calificación energética que, en el mejor de los casos, no sube de “E”. Esto es debido a lo expuesto anteriormente acerca de la instalación actual, principalmente a dos factores:

- Luminarias ineficientes: Uno de los factores más determinantes a la hora de marcar la eficiencia energética de una instalación son las luminarias. En este caso, las luminarias filtran y bloquean gran parte del flujo luminoso emitido por la lámpara, cuando el efecto debería ser al contrario. Además, gran parte del flujo luminoso emitido sale hacia arriba, no solo desperdiciándose sino además poniendo en peligro el cumplimiento de la legislación sobre contaminación lumínica, tal y como se ha visto anteriormente.
- Lámparas ineficientes: aunque las lámparas de descarga de gas no son las más ineficientes que existen, si es cierto que hay opciones en el mercado cuya eficiencia supera con creces la de este tipo, como por ejemplo las lámparas tipo LED.

En segundo lugar, la eficiencia de las instalaciones propuestas en la primera simulación, es decir con las tres diferentes luminarias, es mucho mejor que la instalación actual, cumpliendo en todo caso con la normativa. Sin embargo, al analizar la calificación energética de la instalación, se observa que no

es la mejor, obteniendo calificaciones “B” e incluso “C” en algunas ocasiones. El principal factor al que se debe esto es la distribución ineficiente de las luminarias.

La distribución ineficiente provoca que para conseguir los valores que dicta la normativa para cada zona se tenga que recurrir a luminarias con una potencia muy elevada, para conseguir que a las zonas más alejadas de la luminaria llegue el flujo luminoso suficiente. Al tener luminarias con una potencia elevada, la uniformidad empeora, y la eficiencia baja.

Por último, se observa que la eficiencia en la instalación propuesta con una distribución óptima de luminarias es muy buena, obteniendo en todos los casos una calificación de “A”. Esto se debe a que la instalación está dimensionada exactamente para el tipo de luminaria, que a su vez está dimensionada para funcionar en instalaciones con distribución homogénea y óptima. Esto provoca que los niveles de iluminación sean óptimos, así como la eficiencia.

4.8 Estudio de amortización

Aplicando los supuestos detallados en el apartado 3.9.1, se ha llevado a cabo un estudio de amortización, que calcula y determina si es rentable el llevar a cabo el cambio de la instalación actual por la instalación propuesta con una distribución óptima de luminarias.

DATOS COMUNES	
Horas al año	4380
Coste kWh (€)	0,1498 €

Tiempo de ciclo (años)	22,83105023
Tiempo de ciclo (horas)	100000

VARIABLES LUMINARIA ACTUAL	
Número de luminarias	125
Número de luminarias 250W	98
Número de luminarias 400W	27

VARIABLES LUMINARIA PROPUESTA	
Numero de luminarias	98

Coste luminaria (€)	0,00 €
Potencia luminaria tipo 1 (kW)	0,291
Potencia luminaria tipo 2 (KW)	0,44
Duración lámpara 1 (horas)	10000
Duración lámpara 1 (horas)	16000

Coste luminaria (instalada)(€)	1.330,34 €
Cotencia consumida (kW)	0,0452
Duración lámpara (horas)	100000

Número de reposiciones tipo 1	980
Número de reposiciones tipo 2	168,75
Coste lámpara 1 (€)	25,09 €
Coste lámpara 2 (€)	25,79 €
Coste reposición (€)	9,22 €
Coste reposición total (€)	39.531,74 €
Coste reposición anual (€)	1.731,49 €

Número de reposiciones	0
Coste lámpara (€)	55,00 €
Coste reposición (€)	9,22 €
Coste reposición total (€)	0,00 €
Coste reposición anual (€)	0,00 €

Coste instalación actual (€)	0,00 €
Consumo anual (kwh)	176943,24

Coste instalación propuesto (€)	130.373,32 €
Consumo anual (kwh)	19401,65

Coste vida completa	**1.559.963,57 €**

Coste en vida completa	**297.087,14 €**

AHORRO VIDA COMPLETA	**1.262.876,43 €**

MEDIA AHORRO ANUAL	**55.313,99 €**
MEDIA AHORRO MENSUAL	**4.609,50 €**

Punto de amortización:	**3,5888 años**

Figura 4-35. Resultados estudio de amortización

Tal y como se puede ver en la Figura 4-35, el ahorro obtenido cambiando la instalación de alumbrado actual por una instalación más eficiente es considerable. Más si se tiene en cuenta que la luminaria elegida para dicha instalación es una de las más caras del mercado, lo que supone que eligiendo una luminaria con un precio inferior pero que se ajustar a las características requeridas el tiempo de amortización se podría reducir.

En la Figura 4-36 se puede observar como el coste de la instalación actual supera con creces el de la instalación propuesta, y como a partir de los 3 años y medio aproximadamente, la instalación optimizada es mucho más rentable que la actual.

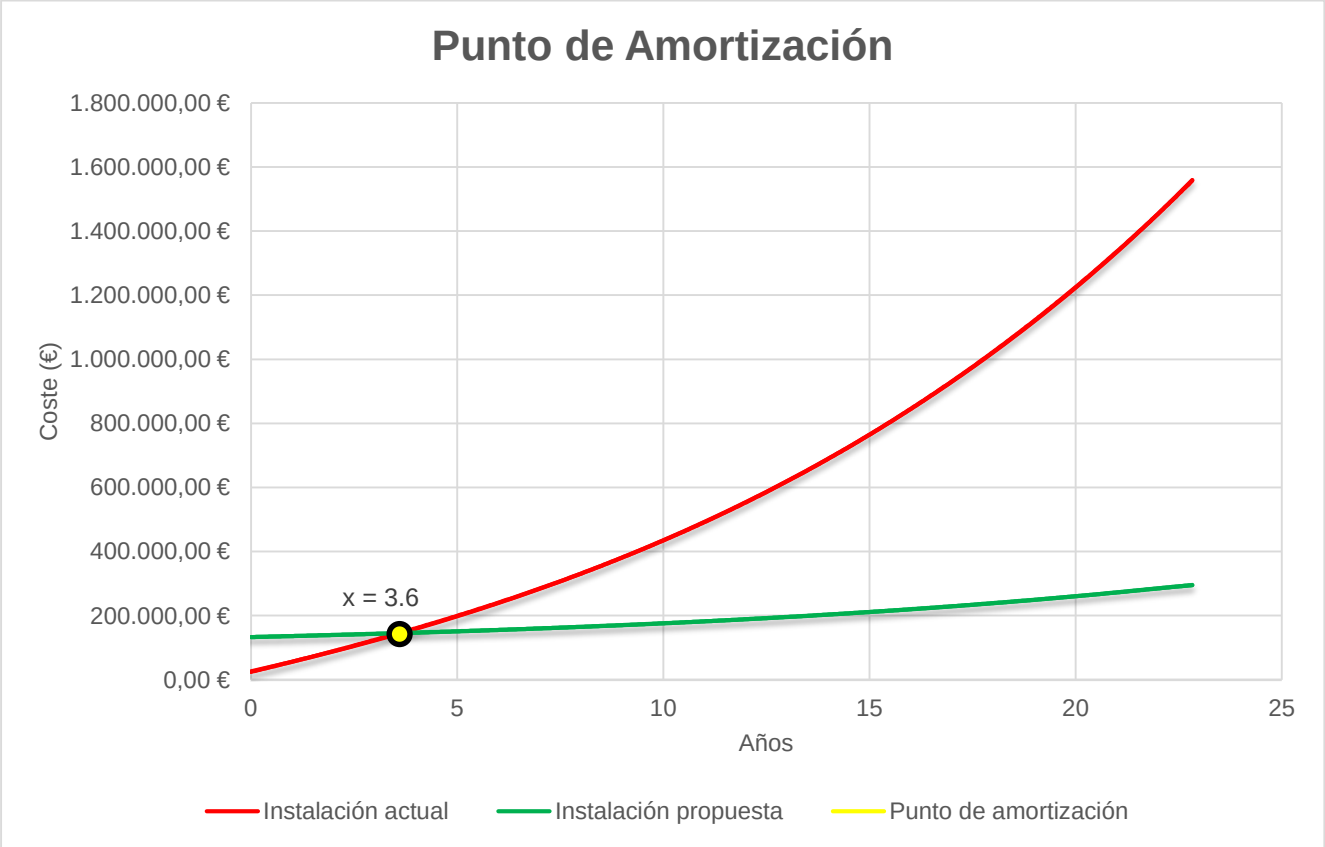


Figura 4-36. Punto de amortización.

El ahorro total calculado en la vida completa de las luminarias propuestas se cifra en más de un millón doscientos mil Euros, lo que supone un ahorro anual medio de más de cincuenta y cinco mil Euros, y un ahorro mensual de cuatro mil seiscientos Euros. El ahorro se empezaría a hacer efectivo a partir de los tres años y seis meses desde la fecha de puesta en marcha de la instalación.

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

5.1 Conclusiones

5.1.1 Conclusiones previas

Como punto final al presente trabajo se va a resumir, analizar y comentar el desarrollo y resultados obtenidos. En primer lugar se va a hablar de la fase de diseño en CAD, para a continuación comentar el proceso de simulación con DIALux. Tras ello se analizarán las medidas realizadas en el terreno y los resultados de iluminación obtenidos de la instalación actual, así como los resultados que se concluyen de las simulaciones de las dos propuestas. Finalmente se analizará brevemente el estudio de amortización realizado, del que también se extraerán conclusiones.

La etapa de diseño de las escenas y zonas de trabajo ha tenido varias fases, comenzando con la medición en el terreno y elaboración de croquis de edificios, así como la búsqueda de información existente en los archivos de la ENM. Posteriormente se ha dado la fase de diseño en AutoCAD, para acabar exportando los objetos a un archivo formato ACIS.

Durante la fase de búsqueda de información, medición y elaboración de croquis se ha comprendido la relevancia del trabajo bien preparado y estructurado. El analizar fotografías previamente a las mediciones para concretar qué medidas son realmente importantes y de qué manera se van a medir ha facilitado en gran medida la toma de datos. Cabe reseñar que el uso de tecnología avanzada simplifica mucho el trabajo. Por poner un ejemplo, la utilización del telémetro láser para la medición de algunas alturas que de otra forma hubiera resultado muy difícil, ha reducido considerablemente la carga de trabajo.

De la fase de dibujo se puede concluir que todo trabajo previo con software de diseño asistido por ordenador es bienvenido. Aún sin haber trabajado nunca con las herramientas de diseño en tres dimensiones de AutoCAD, la experiencia previa con software como SolidWorks o Siemens NX ha permitido la asimilación de las herramientas de AutoCAD rápidamente. Pese a esto, cabe destacar que en ocasiones el trabajo con el software se ha visto retrasado en muchas ocasiones al no poder escalar, mover o transformar objetos complejos o de gran tamaño. Como ejemplo se puede poner el diseño de la valla metálica de la escuela, que pese a no ser de gran complejidad ha lastrado el proceso de diseño varias veces por culpa de su tamaño.

En cuanto a la fase de exportación de objetos se ha echado de menos mayor familiarización con los tipos de archivos que se utilizan en el ámbito del diseño en 3D. Abordar las tareas de exportación sin saber exactamente las características del archivo de destino, qué propiedades se exportan y cuáles no y si el programa que va a utilizar ese archivo es capaz de representar y utilizar correctamente ha retrasado

el diseño en alguna ocasión. Este es el caso de diseño, por ejemplo, de la Escalera Monumental, ya que el software de iluminación presenta problemas al importar dibujos en los que se hayan utilizado superficies de tipo helicoidal.

La fase de simulación en DIALux ha comprendido varias etapas, comenzando con la importación de objetos y la asignación de texturas, la introducción de luminarias y superficies de cálculo y el proceso de cálculo.

La importación de objetos se ha realizado en la mayor parte de ocasiones sin ninguna dificultad, el software es muy potente en el aspecto de tratar con objetos e imágenes en tres dimensiones. Hay que destacar que se trata de un software de iluminación, y no de diseño asistido por ordenador, por lo que el hecho de que permita utilizar, modificar y simular con objetos creados en otros programas habla por sí mismo de la potencia del programa. Sin embargo, hay que mencionar los problemas antes descritos en la importación de objetos con superficies helicoidales, lo que ha forzado un rediseño del objeto con el fin de evitar ese tipo de superficies.

Durante la asignación de texturas a los objetos también se han encontrado algunos problemas, sobre todo con las superficies curvas, en las que el programa no es capaz de mostrar la textura asignada. Con el fin de evitar que superficies curvas grandes aparezcan sin textura en la simulación se han tenido que sustituir por varias superficies planas, que es la solución que adopta también el programa cuando genera los objetos que tiene incorporados en su biblioteca.

Al pasar a las funciones más relacionadas con la iluminación es cuando se aprecia que el programa está diseñado específicamente para ello. La inserción de luminarias es sencilla y rápida, así como la definición de las superficies de cálculo. El tiempo de cálculo, sin embargo, se ve penalizado si hay muchos objetos en la escena, aunque esto es lógico si se tiene en cuenta que el programa calcula todas las características y reflexiones de miles de superficies, iluminadas por varias luminarias al mismo tiempo. Esto ha resultado en tiempos de cálculo de más de tres horas para las simulaciones definitivas, lo que tampoco es, por otro lado, un tiempo de simulación demasiado elevado si se compara con el tiempo ocupado por otros programas.

En la fase de medición de la iluminación existente se ha vuelto a poner en evidencia que la preparación es clave para conseguir efectuar el trabajo propuesto de forma rápida, eficiente y rigurosa. El hecho de llevar un croquis preparado con las medidas de las retículas de medición y de haber pensado y preparado con antelación lo materiales a utilizar agilizó en gran medida todo el proceso. Un problema que surgió durante las medidas fue que la batería del luxómetro se agotó. El tener una de repuesto supuso no tener que suspender el trabajo en ese momento y poder continuar. Esto cobra gran importancia, debido a que las condiciones meteorológicas influyen mucho, tanto en las mediciones como en el equipo utilizado.

Por otro lado, el método de cálculo simplificado de la iluminancia media es claro y conciso, dejando poco lugar a dudas en su interpretación. En este aspecto, es de gran utilidad el tener una normativa muy específica al respecto, ya que evita los problemas que surgen en ocasiones al consultar varias fuentes.

Si se analizan los resultados obtenidos, queda poco lugar a dudas acerca de las condiciones de la instalación actual y las medidas a adoptar para mejorarlas.

En primer lugar, los valores calculados tras las mediciones en el terreno arrojan valores que en ningún caso cumplen con los establecidos en la normativa para el tipo de zona tratado. Esto se comprueba tanto en niveles mínimos de iluminancia media, mínima y uniformidad como en niveles mínimos de eficiencia. Esto se remarca más si cabe cuando se realiza la calificación energética de la instalación, donde el valor más alto obtenido es una “E”. Queda claro pues que la instalación actual es ineficiente y anticuada y debe ser renovada por una que cumpla en todos los ámbitos con su función, tanto a nivel de iluminación como de eficiencia.

En segundo lugar, de las simulaciones realizadas respetando el actual emplazamiento de luminarias se extrae que este emplazamiento es también ineficiente. El problema de sustituir las luminarias actuales por unas más eficientes reside en el hecho de que la luminaria elegida debe cumplir con unas características de potencia y radiación de la luz que pocas luminarias del mercado tienen. En el caso de este trabajo se han elegido tres luminarias de tres fabricantes contrastados y dos de ellas no cumplen con los niveles mínimos. También cabe destacar que de todas las opciones existentes en el mercado hay pocos fabricantes que ofrezcan luminarias con potencia superior a 80 vatios, por no decir superior a 100 vatios. Además, la luminaria que cumple con los valores mínimos de iluminación obtiene eficiencias pobres en algunos casos aunque cumplan con la normativa, con una calificación de "C".

Por todo lo explicado, se hace obvio que la elección correcta es la sustitución de la instalación actual por una instalación completamente nueva, con un emplazamiento calculado buscando la eficiencia. Al realizar la instalación con esa premisa se ha demostrado que la potencia requerida baja, aumentando en gran medida la eficiencia de la instalación. Además, al necesitar potencias más bajas el número de fabricantes que se puede considerar aumenta, por lo que es más fácil conseguir una luminaria que se adapte a los requisitos tanto de potencia e iluminación como estéticos.

El estudio de amortización demuestra que el sustituir la instalación por una más eficiente no sólo consigue cumplir la normativa sino que además consigue ahorrar una gran cantidad de dinero en la factura eléctrica de la Escuela Naval Militar, concretamente de más de un millón doscientos mil Euros. La instalación propuesta se consigue amortizar en poco más de tres años de uso, pero utilizando una luminaria más barata o con mejor calidad precio (se ha realizado la simulación con una de las más caras en la actualidad) se podría rebajar esa fecha hasta dos años.

5.1.2 Conclusión final

Como resumen de las conclusiones anteriores se pueden determinar varios hechos. En primer lugar, el software AutoCAD es perfectamente útil y capaz para realizar un diseño 3D de una zona, permitiendo perfectamente la definición de objetos y edificios. Por otro lado, el software DIALux se ha mostrado como una herramienta muy potente, no solo capaz de calcular escenas de iluminación sino capaz también de utilizar gráficos en tres dimensiones de gran complejidad. Por último se extrae que la eficiencia energética de la instalación actual es inadecuada y, por lo tanto, su sustitución por la propuesta de mejora planteada supondría un gran beneficio, desde el punto de vista energético y económico.

5.2 Líneas futuras

A continuación se propondrán las líneas de acción sobre las que se considera conveniente trabajar en un futuro. Se considera necesario realizar un estudio sobre el estado actual de la instalación eléctrica que alimenta a las luminarias, para luego, y como resumen y puesta en acción de los resultados del presente trabajo y de la propuesta anterior, se recomienda elaborar un proyecto que permita la sustitución de la instalación actual por otra más eficiente.

5.2.1 Corto plazo

En la actualidad no hay ningún documento que analice el estado actual de la instalación eléctrica que alimenta a las luminarias, ni del funcionamiento y eficiencia del sistema. Es por ello que se propone realizar un trabajo que estudie la instalación eléctrica, los cuadros de control y de potencia instalados, y que proponga mejoras en caso de ser necesarias. En caso de que la instalación actual resulte ineficiente, debería proponerse una mejora de la misma, que se podría combinar con el presente trabajo para llevar a cabo la siguiente propuesta.

5.2.2 Largo plazo

Como complemento al estudio desarrollado en el presente trabajo, se propone realizar un estudio completo de la instalación de alumbrado exterior de la Escuela Naval Militar, analizando puntos singulares de alumbrado y alumbrado proyectivo. Además, también se propone realizar un estudio del alumbrado interior, comprobando si cumple con los requisitos de iluminación y eficiencia establecidos por la normativa vigente. Ambas propuestas se basan en los resultados obtenidos en el presente trabajo, que ponen de manifiesto la gran mejora que supondría realizar un cambio en la instalación, suponiendo grandes beneficios económicos, ambientales y energéticos.

6 BIBLIOGRAFÍA

A continuación se recogen todas las publicaciones que se han utilizado o a las que se han accedido para la elaboración del presente trabajo.

[1] Escuela Naval Militar, *Archivo Fotográfico,* Marín, 1943.

[2] CIE COMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE, ILV: Vocabulario Internacional de Iluminación, Viena: CIE, 2011.

[3] Indalux Iluminación Técnica S.L., Manual de Iluminación Indalux, 2002.

[4] Philips, «Catálogo online lámparas de descarga de alta intensidad,» [En línea]. Available: http://www.ecat.lighting.philips.es/l/lamparas-profesionales/lamp.-de-descarga-alta-intensidad/24061/cat/. [Último acceso: 09 02 2015].

[5] Fondo Español de Garantía Agraria, «Visor SigPac,» FEGA, [En línea]. Available: http://sigpac.mapa.es/fega/visor/. [Último acceso: 07 01 2015].

[6] Google Inc., «Google Maps,» [En línea]. Available: https://www.google.es/maps/@42.3963911,-8.7054492,623m/data=!3m1!1e3. [Último acceso: 08 01 2015].

[7] BOSCH, «Bosch GLM 100C Professional.,» [En línea]. Available: http://www.bosch-professional.com/static/specials/glm100c/es/es/glm-100-c-professional.html#technical-data-section. [Último acceso: 09 02 2015].

[8] ROLATAPE, «RT412D - Rolatape RT Series,» [En línea]. Available: http://www.rolatape.com/us/en/products/rolatape%C2%AE-rt-series/rt412d/rt412d.html. [Último acceso: 09 02 2015].

[9] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Instrucción Técnica Complementaria EA-03 Resplandor luminoso nocturno y luz intrusa o molesta, BOE num 279, 2008.

[10] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Instrucción Técnica Complementaria EA-02 Niveles de Iluminación, BOE num 279, 2008.

[11] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Instrucción Técnica Complementaria EA-07 Mediciones Luminotécnicas en Instalaciones de Alumbrado, BOE num 279, 2008.

[12] PCE Instrumentación Ibérica, «Luxómetro PCE-174 con datalogger,» PCE Instrumentación Ibérica, [En línea]. Available: http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-radiacion/luxometro-memoria-1336.htm. [Último acceso: 09 02 2015].

[13] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Instrucción Técnica Complementaria EA-01 Eficiencia energética., BOE num. 279, 2008.

[14] Philips, «Metronomis LED Fluid | Philips,» Philips, [En línea]. Available: http://www.lighting.philips.com/main/prof/outdoor-luminaires/road-and-urban-lighting/road-and-urban-luminaires/metronomis-led/metronomis-led-fluid/downloads. [Último acceso: 7 02 2015].

[15] Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, «Boletín de Indicadores eléctricos de enero de 2015,» 2015. [En línea]. Available: http://www.cnmc.es/Portals/0/Ficheros/Energia/Informes/Boletin_mensual_indicadores_electricos/150129_Boletin%20Indicadores%20El%C3%A9ctricos%20-%20Enero%202015.pdf. [Último acceso: 23 02 2015].

[16] Comisión Europea, «EU ENERGY, TRANSPORT AND GHG EMISSIONS TRENDS TO 2050 REFERENCE SCENARIO 2013,» 2014. [En línea]. Available: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/trends_to_2050_update_2013.pdf. [Último acceso: 23 02 2015].

ANEXO I: ETIQUETAS DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

El presente anexo recoge las etiquetas energéticas de cada zona, mostrando en primer lugar la etiqueta de la instalación actual, en segundo lugar la etiqueta de la instalación óptima propuesta y por último las etiquetas correspondientes a las simulaciones con distintas luminarias y la distribución actual.

ZONA 1. MUELLE GM CHEREGUINI

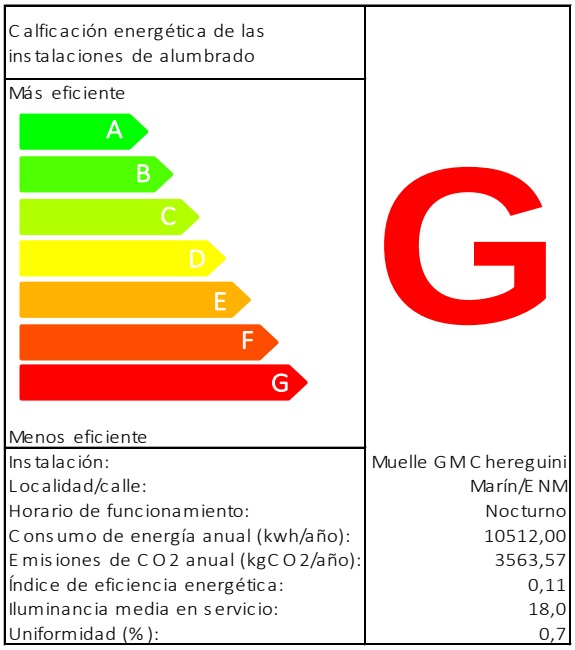


Figura 1. Etiqueta energética Instalación actual

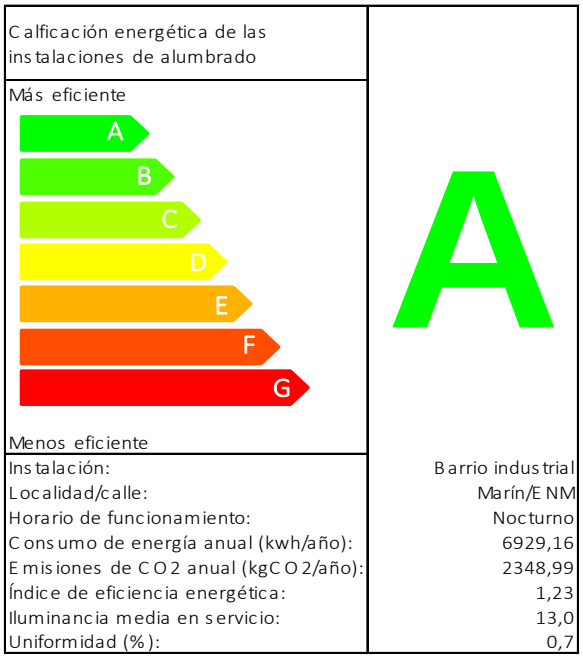


Figura 2. Etiqueta energética instalación óptima

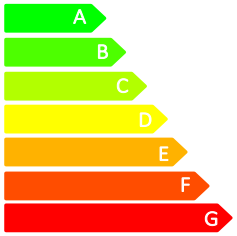
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	A
Instalación:	Muelle GM Chereguini
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	2793,56
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	947,02
Índice de eficiencia energética:	1,92
Iluminancia media en servicio:	48,0
Uniformidad (%):	0,4

Figura 3. Etiqueta energética luminaria A

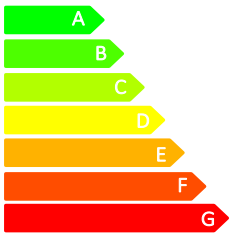
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	B
Instalación:	Muelle GM Chereguini
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	2654,28
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	899,80
Índice de eficiencia energética:	1,07
Iluminancia media en servicio:	41,0
Uniformidad (%):	0,8

Figura 4. Etiqueta energética luminaria B

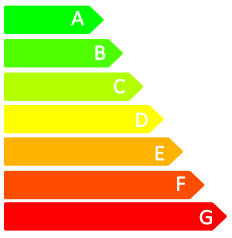
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	A
Instalación:	Muelle GM Chereguini
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	2733,12
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	926,53
Índice de eficiencia energética:	1,29
Iluminancia media en servicio:	58,0
Uniformidad (%):	0,5

Figura 5. Etiqueta energética luminaria C.

ZONA 2. ZONA NORTE EXPLANADA

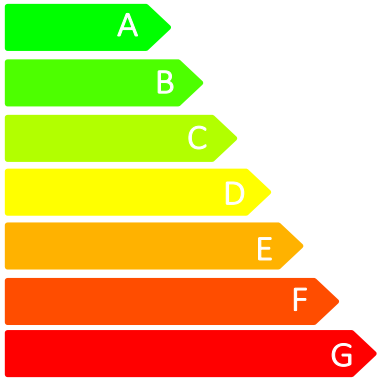
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	
Instalación:	Muelle Explanada
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	12264,00
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	4157,50
Índice de eficiencia energética:	0,23
Iluminancia media en servicio:	5,0
Uniformidad (%):	0,3

Figura 6. Etiqueta energética Instalación actual.

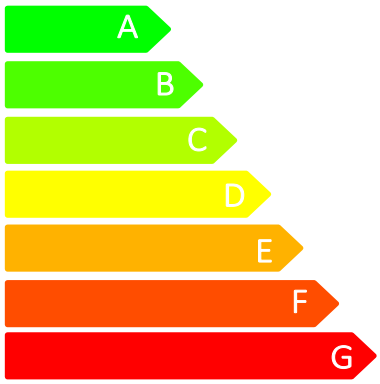
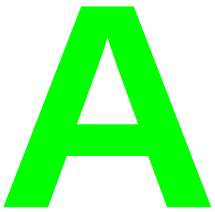
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	
Instalación:	Muelle Explanada
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	2177,73
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	738,25
Índice de eficiencia energética:	1,23
Iluminancia media en servicio:	11,0
Uniformidad (%):	0,7

Figura 7. Etiqueta energética instalación óptima

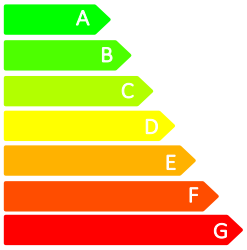
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	B
Instalación:	Muelle Explanada
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	3259,15
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	1104,85
Índice de eficiencia energética:	1,08
Iluminancia media en servicio:	14,0
Uniformidad (%):	0,4

Figura 8. Etiqueta energética luminaria A

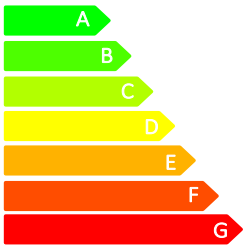
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	B
Instalación:	Muelle Explanada
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	3096,66
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	1049,77
Índice de eficiencia energética:	1,01
Iluminancia media en servicio:	10,0
Uniformidad (%):	0,2

Figura 9. Etiqueta energética luminaria B

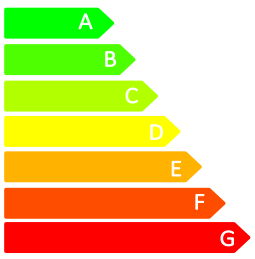
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	A
Instalación:	Muelle Explanada
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	3188,64
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	1080,95
Índice de eficiencia energética:	1,1
Iluminancia media en servicio:	14,0
Uniformidad (%):	0,1

Figura 10. Etiqueta energética luminaria C.

ZONA 3. FACHADA EDIFICIO DEL CUD.

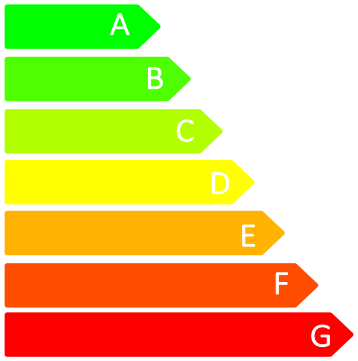
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	
Instalación:	Fachada CUD
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	10512,00
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	3563,57
Índice de eficiencia energética:	0,23
Iluminancia media en servicio:	7,6
Uniformidad (%):	0,2

Figura 11. Etiqueta energética Instalación actual

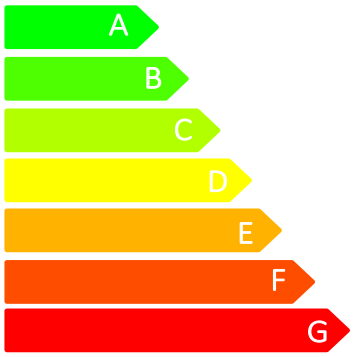
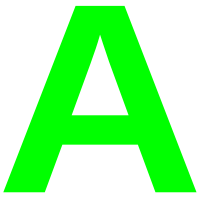
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	
Instalación:	Fachada CUD
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	1781,78
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	604,02
Índice de eficiencia energética:	1,33
Iluminancia media en servicio:	12,0
Uniformidad (%):	0,7

Figura 12. Etiqueta energética instalación óptima

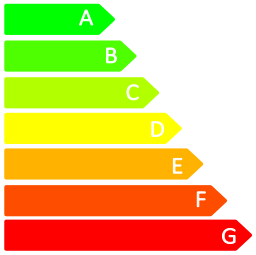
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	
Instalación:	Fachada CUD
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	3724,75
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	1262,69
Índice de eficiencia energética:	1,12
Iluminancia media en servicio:	19,0
Uniformidad (%):	0,5

Figura 13. Etiqueta energética luminaria A

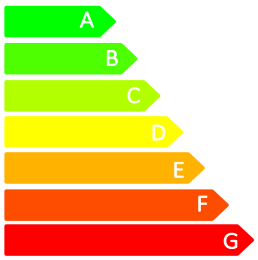
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	
Instalación:	Fachada CUD
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	3539,04
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	1199,73
Índice de eficiencia energética:	1,21
Iluminancia media en servicio:	16,0
Uniformidad (%):	0,3

Figura 14. Etiqueta energética luminaria B

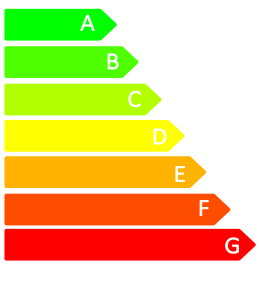
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	
Instalación:	Fachada CUD
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	3644,16
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	1235,37
Índice de eficiencia energética:	1,23
Iluminancia media en servicio:	18,0
Uniformidad (%):	0,1

Figura 15. Etiqueta energética luminaria C.

ZONA 4. PISTA DE ATLETISMO.

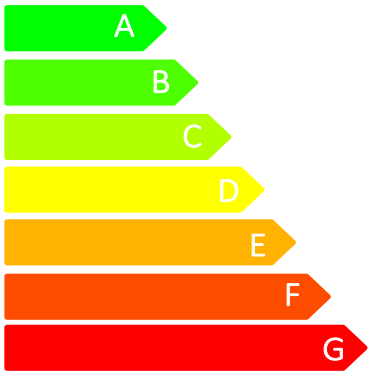
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	E
Instalación:	Pz. D. Juan de Austria
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	17520,00
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	5939,28
Índice de eficiencia energética:	0,43
Iluminancia media en servicio:	8,5
Uniformidad (%):	0,2

Figura 16. Etiqueta energética Instalación actual

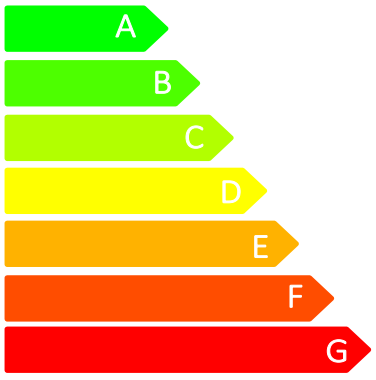
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	A
Instalación:	Pz. D. Juan de Austria
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	4355,47
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	1476,50
Índice de eficiencia energética:	1,92
Iluminancia media en servicio:	9,9
Uniformidad (%):	0,6

Figura 17. Etiqueta energética instalación óptima

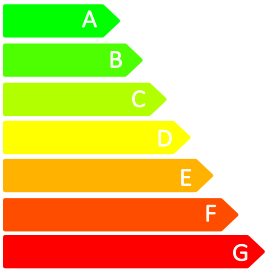
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	A
Instalación:	Pz. D. Juan de Austria
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	6052,72
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	2051,87
Índice de eficiencia energética:	1,32
Iluminancia media en servicio:	16,0
Uniformidad (%):	0,5

Figura 18. Etiqueta energética luminaria A

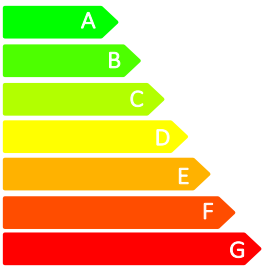
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	A
Instalación:	Pz. D. Juan de Austria
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	5750,94
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	1949,57
Índice de eficiencia energética:	1,31
Iluminancia media en servicio:	14,0
Uniformidad (%):	0,4

Figura 19. Etiqueta energética luminaria B.

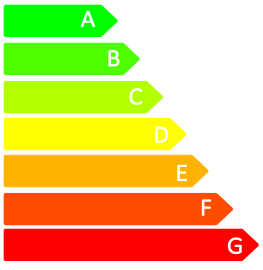
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	A
Instalación:	Pz. D. Juan de Austria
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	5921,76
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	2007,48
Índice de eficiencia energética:	1,35
Iluminancia media en servicio:	16,0
Uniformidad (%):	0,1

Figura 20. Etiqueta energética luminaria C.

ZONA 5. FACHADA TORRE DEL RELOJ

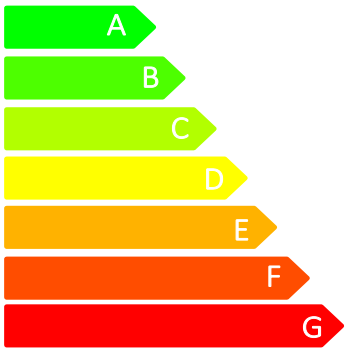
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	
Instalación:	Fachada Torre reloj
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	3285,00
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	1113,62
Índice de eficiencia energética:	0,29
Iluminancia media en servicio:	11,6
Uniformidad (%):	0,7

Figura 21. Etiqueta energética Instalación actual

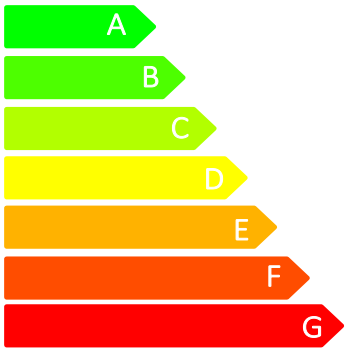
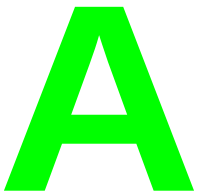
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	
Instalación:	Fachada Torre reloj
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	4355,47
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	1476,50
Índice de eficiencia energética:	2,16
Iluminancia media en servicio:	9,4
Uniformidad (%):	0,4

Figura 22. Etiqueta energética instalación óptima

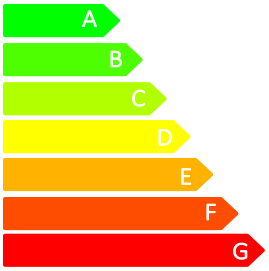
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	A
Instalación:	Fachada Torre reloj
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	2793,56
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	947,02
Índice de eficiencia energética:	1,39
Iluminancia media en servicio:	28,0
Uniformidad (%):	0,3

Figura 23. Etiqueta energética luminaria A

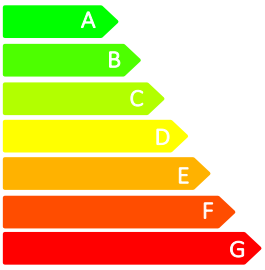
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	A
Instalación:	Fachada Torre reloj
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	2654,28
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	899,80
Índice de eficiencia energética:	1,65
Iluminancia media en servicio:	24,0
Uniformidad (%):	0,4

Figura 24. Etiqueta energética luminaria B

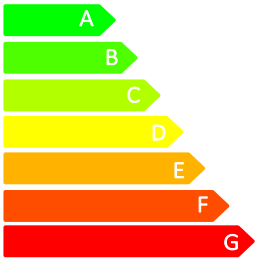
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	A
Instalación:	Fachada Torre reloj
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	2733,12
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	926,53
Índice de eficiencia energética:	1,73
Iluminancia media en servicio:	26,0
Uniformidad (%):	0,1

Figura 25. Etiqueta energética luminaria C.

ZONA 6. PATIO DE AULAS

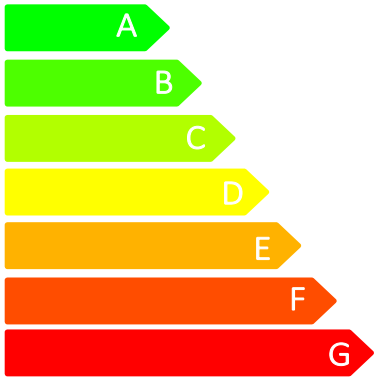
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	G
Instalación:	Pl. D. Alvaro de Bazán
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	13140,00
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	4454,46
Índice de eficiencia energética:	0,05
Iluminancia media en servicio:	1,9
Uniformidad (%):	0,5

Figura 26. Etiqueta energética Instalación actual

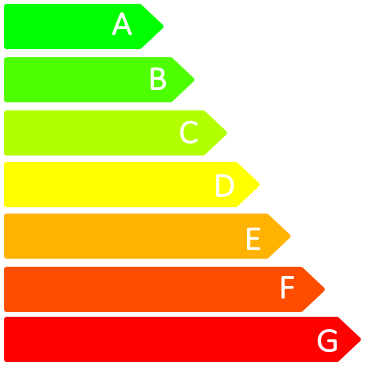
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	A
Instalación:	Pl. D. Alvaro de Bazán
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	2177,73
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	738,25
Índice de eficiencia energética:	1,33
Iluminancia media en servicio:	10,0
Uniformidad (%):	0,6

Figura 27. Etiqueta energética instalación óptima

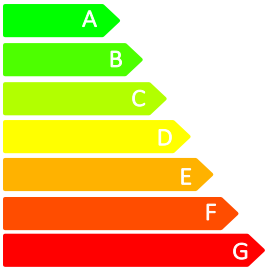
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	C
Instalación:	Pl. D. Alvaro de Bazán
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	5587,12
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	1894,03
Índice de eficiencia energética:	0,74
Iluminancia media en servicio:	50,0
Uniformidad (%):	0,6

Figura 28. Etiqueta energética luminaria A

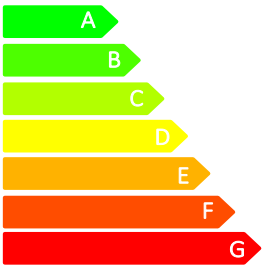
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	A
Instalación:	Pl. D. Alvaro de Bazán
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	5308,56
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	1799,60
Índice de eficiencia energética:	1,22
Iluminancia media en servicio:	50,0
Uniformidad (%):	0,6

Figura 29. Etiqueta energética luminaria B.

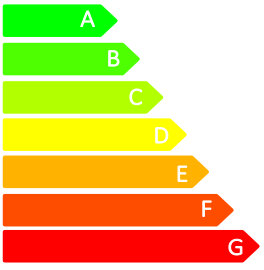
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	A
Instalación:	Pl. D. Alvaro de Bazán
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	5466,24
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	1853,06
Índice de eficiencia energética:	1,28
Iluminancia media en servicio:	54,0
Uniformidad (%):	0,3

Figura 30. Etiqueta energética luminaria C.

ZONA 7. BARRIO INDUSTRIAL

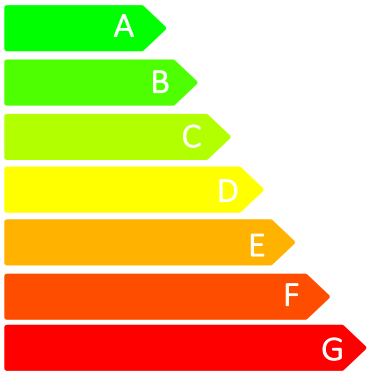
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	E
Instalación:	Barrio industrial
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	36135,00
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	12249,77
Índice de eficiencia energética:	0,46
Iluminancia media en servicio:	9,2
Uniformidad (%):	0,1

Figura 31. Etiqueta energética Instalación actual

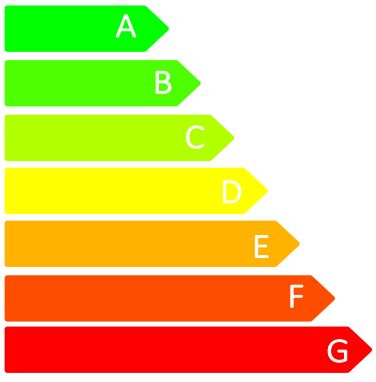
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	A
Instalación:	Barrio industrial
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	6929,16
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	2348,99
Índice de eficiencia energética:	1,23
Iluminancia media en servicio:	13,0
Uniformidad (%):	0,7

Figura 32. Etiqueta energética instalación óptima

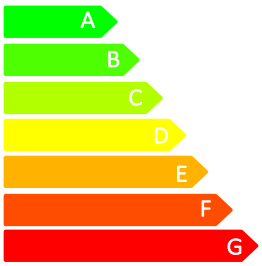
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	
Instalación:	Barrio industrial
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	11639,85
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	3945,91
Índice de eficiencia energética:	1,49
Iluminancia media en servicio:	16,0
Uniformidad (%):	0,4

Figura 33. Etiqueta energética luminaria A

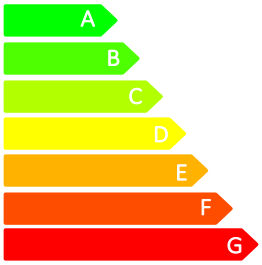
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	
Instalación:	Barrio industrial
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	11059,50
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	3749,17
Índice de eficiencia energética:	1,68
Iluminancia media en servicio:	13,0
Uniformidad (%):	0,2

Figura 34. Etiqueta energética luminaria B

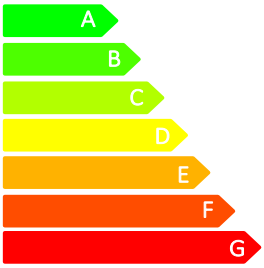
Calficación energética de las instalaciones de alumbrado	
Más eficiente  Menos eficiente	
Instalación:	Barrio industrial
Localidad/calle:	Marín/ENM
Horario de funcionamiento:	Nocturno
Consumo de energía anual (kwh/año):	11388,00
Emisiones de CO2 anual (kgCO2/año):	3860,53
Índice de eficiencia energética:	1,63
Iluminancia media en servicio:	18,0
Uniformidad (%):	0,1

Figura 35. Etiqueta energética luminaria C.

ANEXO II: DOCUMENTACIÓN GENERADA POR DIALUX PARA LA SIMULACIÓN CON DISTRIBUCIÓN ACTUAL

El presente anexo recoge todos los documentos generados por el software de iluminación, referentes a la simulación siguiendo la distribución actual, que muestran detalladamente los datos de cada zona de cálculo y los resultados obtenidos. En primer lugar aparece la descripción de la luminaria que proporciona el programa, seguido de la distribución de zonas en la escena con un resumen de datos. Finalmente se incluyen los datos pormenorizados de cada zona de cálculo. La distribución de la escena y los datos pormenorizados aparecen para las dos escenas incluidas en el proyecto.

Proyecto 1

Autor: Luis Nebot Pitarch:
Tutor: Xavier Núñez Nieto:

Fecha: 04.03.2015
Proyecto elaborado por: Luis Nebot Pitarch

01.03.2015

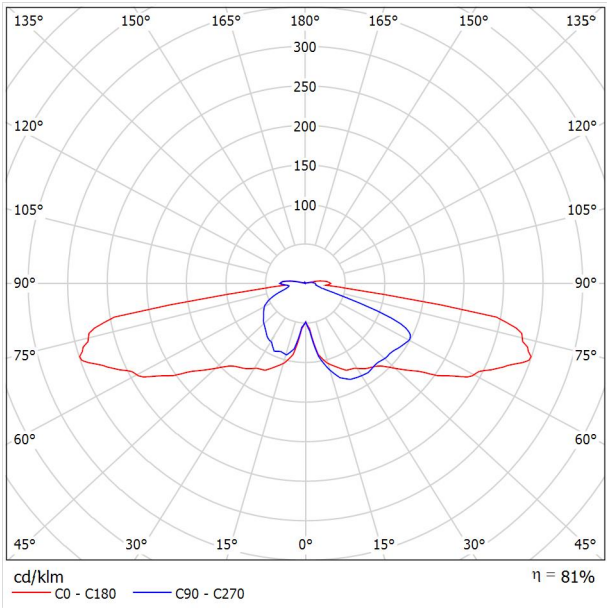
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

PHILIPS BDS670 1xECO110-2S/740 MDV / Hoja de datos de luminarias



Clasificación luminarias según CIE: 95
Código CIE Flux: 24 53 88 95 80

Emisión de luz 1:

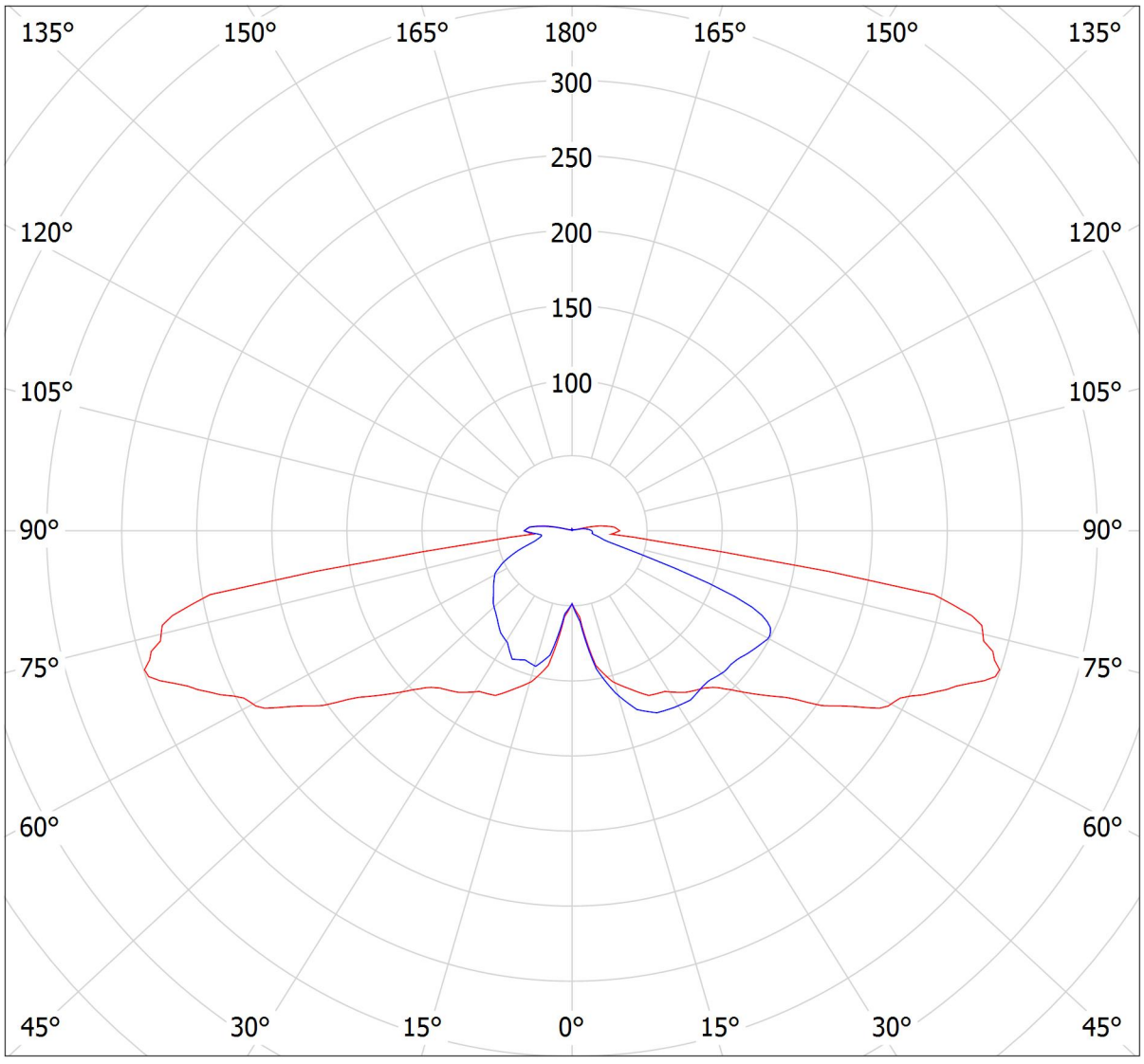


Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

PHILIPS BDS670 1xECO110-2S/740 MDV / CDL (Polar)

Luminaria: PHILIPS BDS670 1xECO110-2S/740 MDV
Lámparas: 1 x ECO110-2S/740



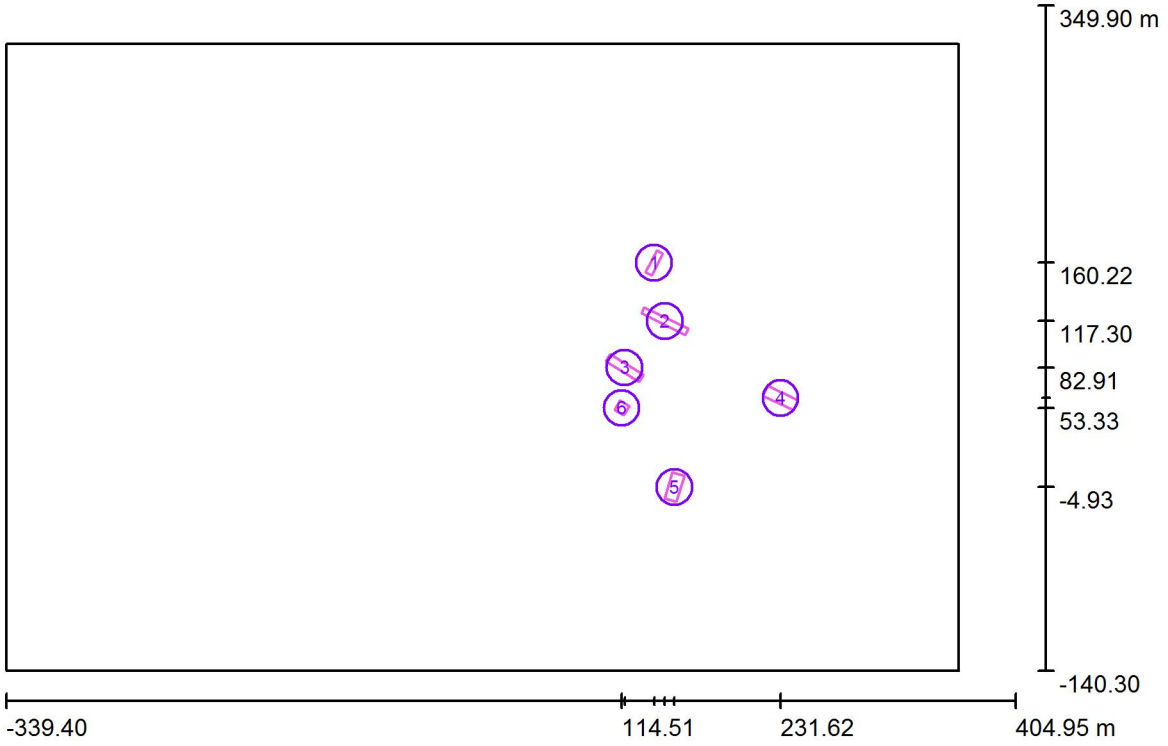
cd/klm

η = 81%

C0 - C180 C90 - C270

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria A. / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 5578

Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	Zona 1	perpendicular	32 x 16	48	38	54	0.786	0.695
2	Zona 2	perpendicular	64 x 16	14	5.14	37	0.376	0.140
3	Zona 3	perpendicular	64 x 16	19	9.33	50	0.483	0.188
4	Zona 4	perpendicular	64 x 32	16	9.02	33	0.556	0.277
5	Zona 5	perpendicular	32 x 16	28	10	39	0.357	0.260
6	Zona 6	perpendicular	16 x 16	50	31	64	0.612	0.475

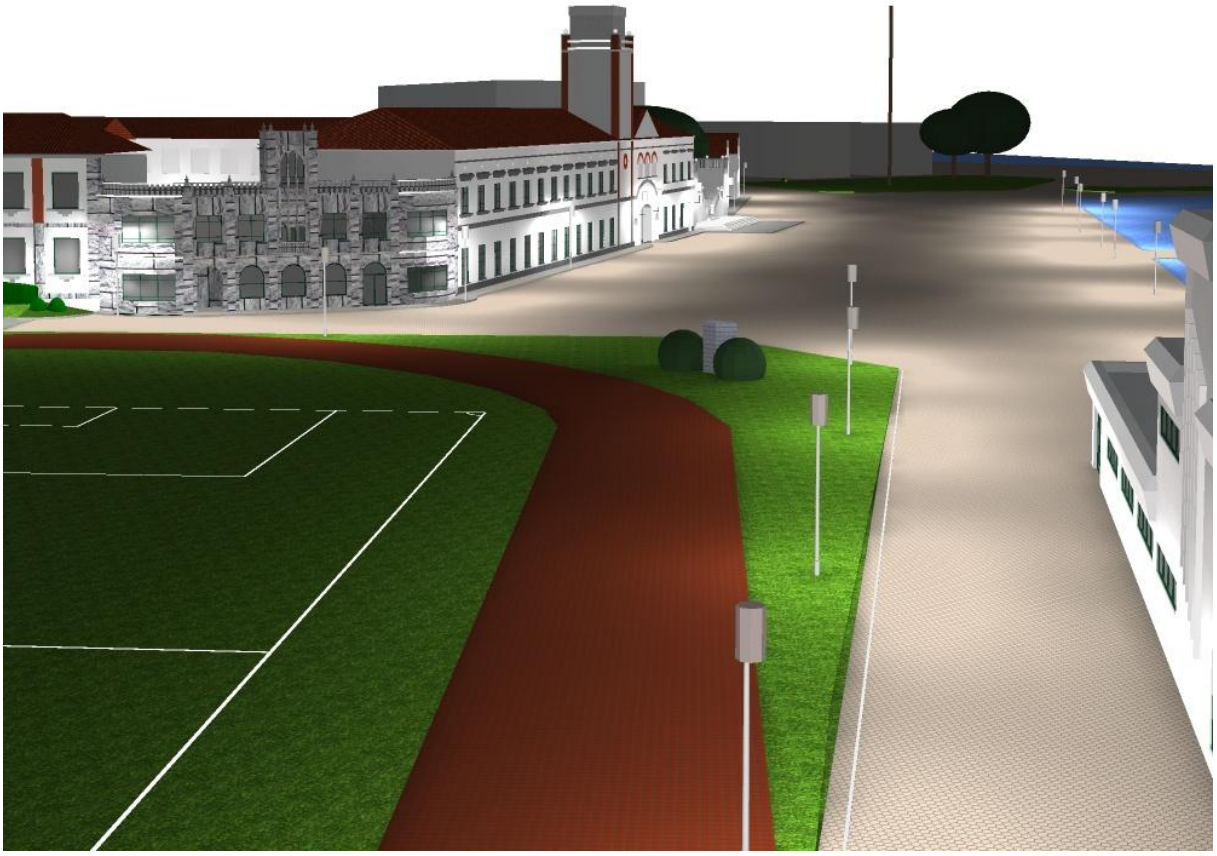
Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
perpendicular	6	24	5.14	64	0.21	0.08

01.03.2015

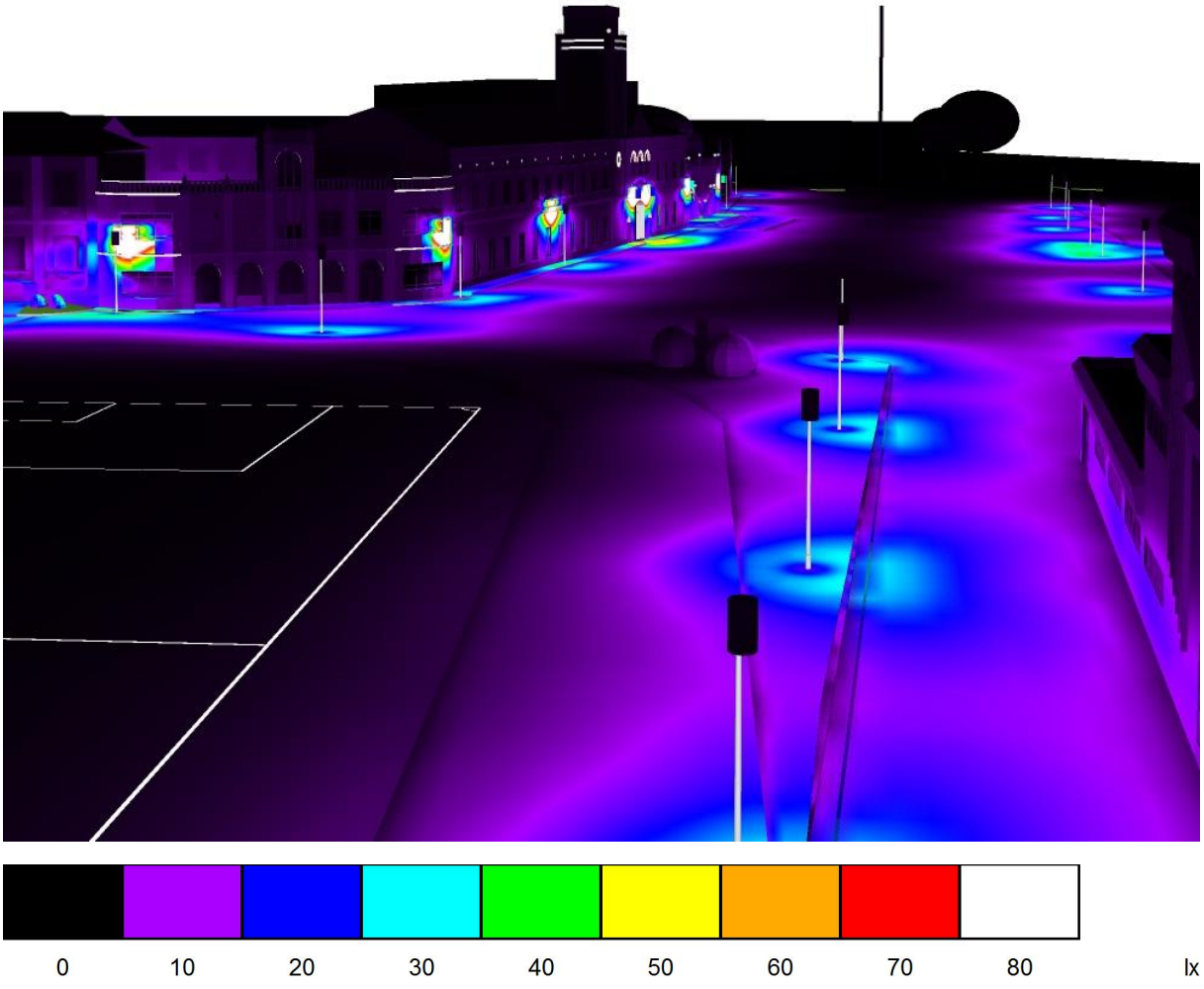
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria A. / Rendering (procesado) en 3D



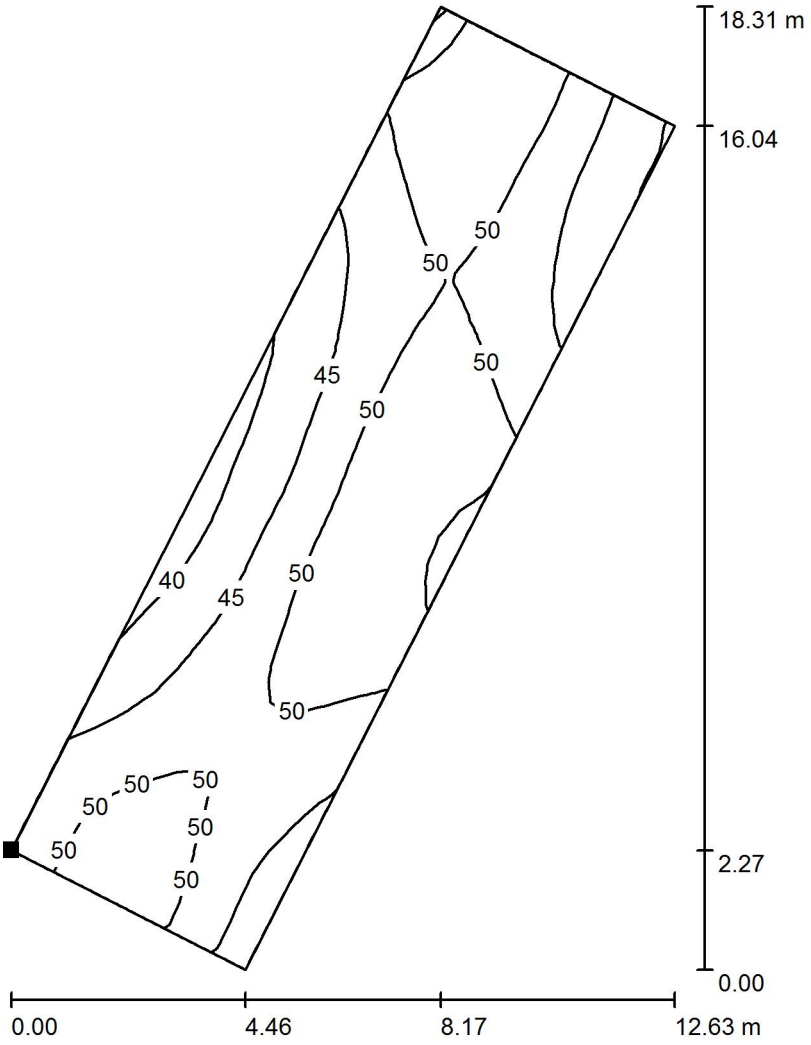
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria A. / Rendering (procesado) de colores falsos



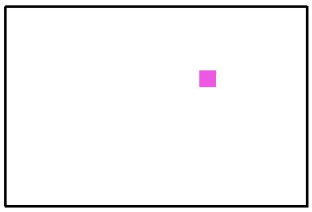
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria A. / Zona 1 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 144

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(132.163 m, 153.335 m, 0.100 m)

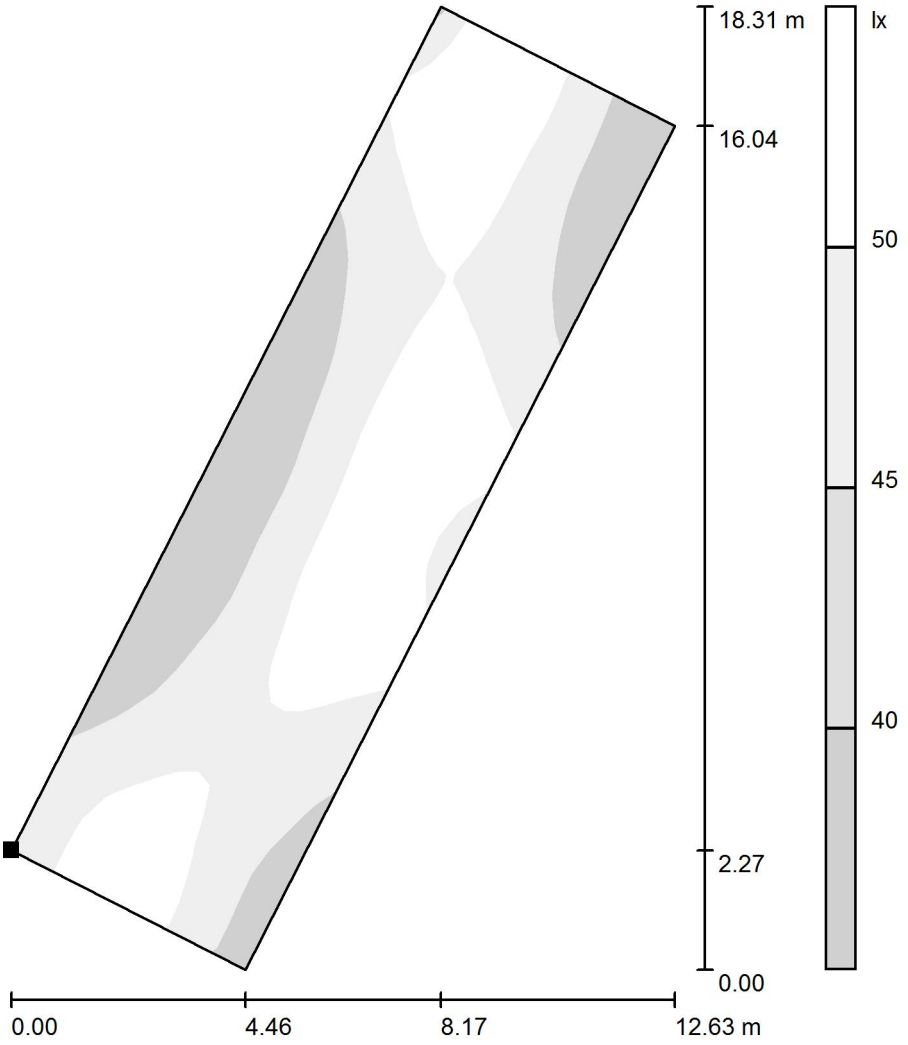


Trama: 32 x 16 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
48	38	54	0.786	0.695

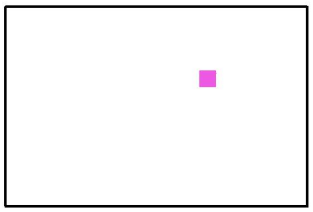
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria A. / Zona 1 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 144

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(132.163 m, 153.335 m, 0.100 m)

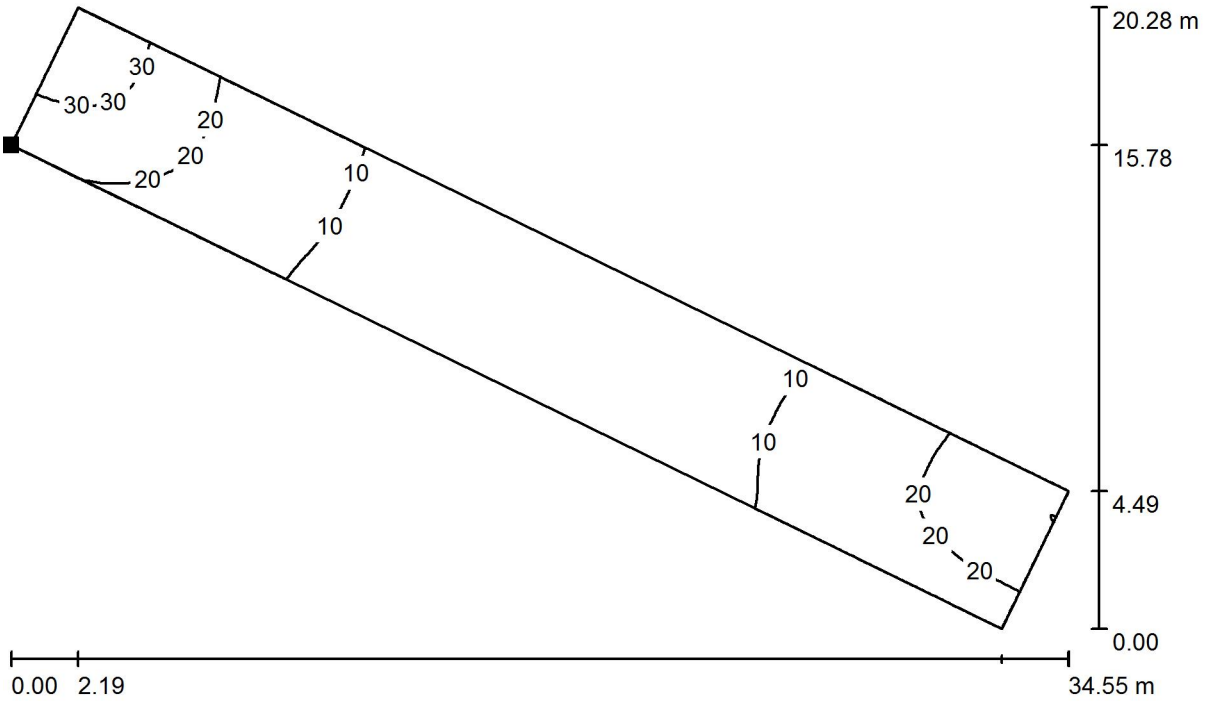


Trama: 32 x 16 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
48	38	54	0.786	0.695

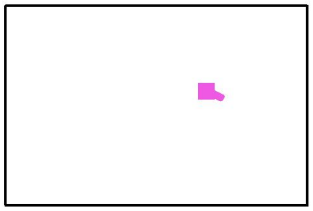
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria A. / Zona 2 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 247

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(128.912 m, 122.939 m, 0.100 m)

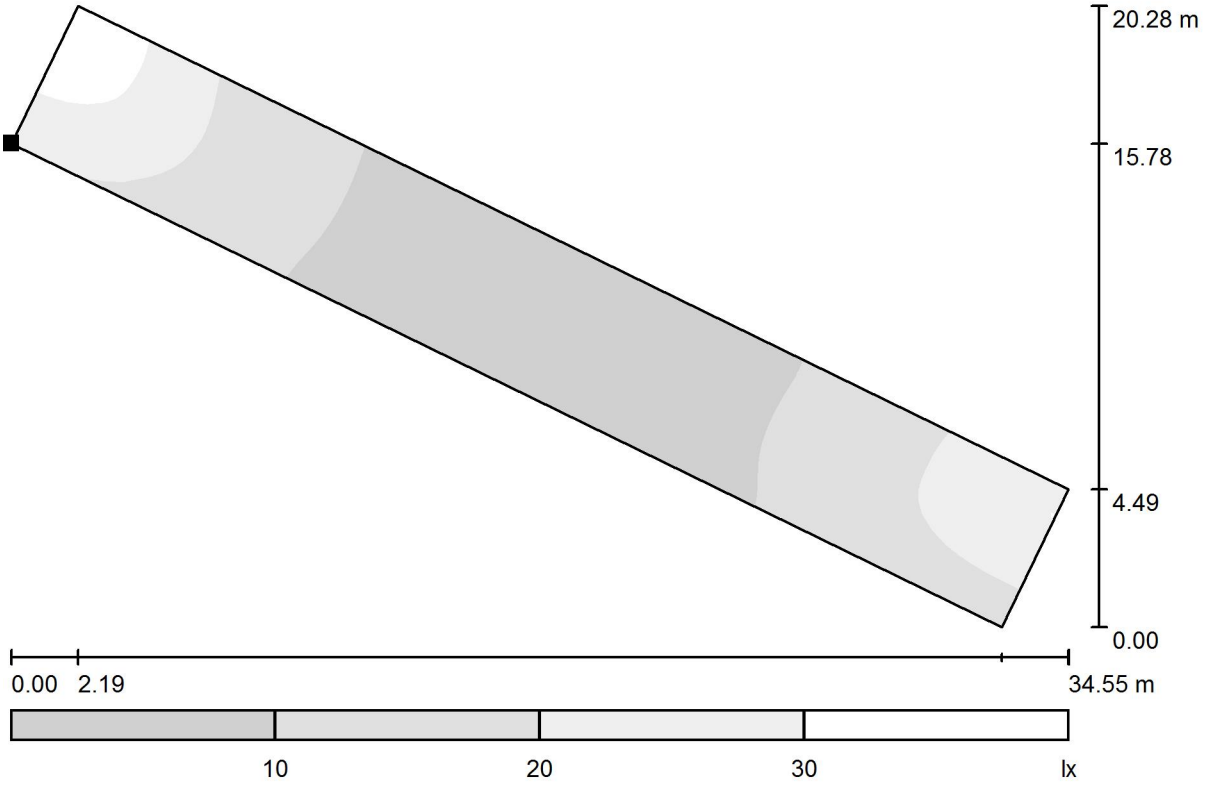


Trama: 64 x 16 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
14	5.14	37	0.376	0.140

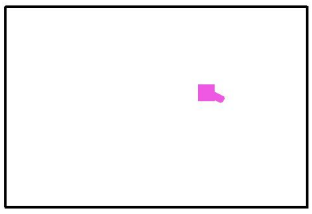
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria A. / Zona 2 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 247

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(128.912 m, 122.939 m, 0.100 m)

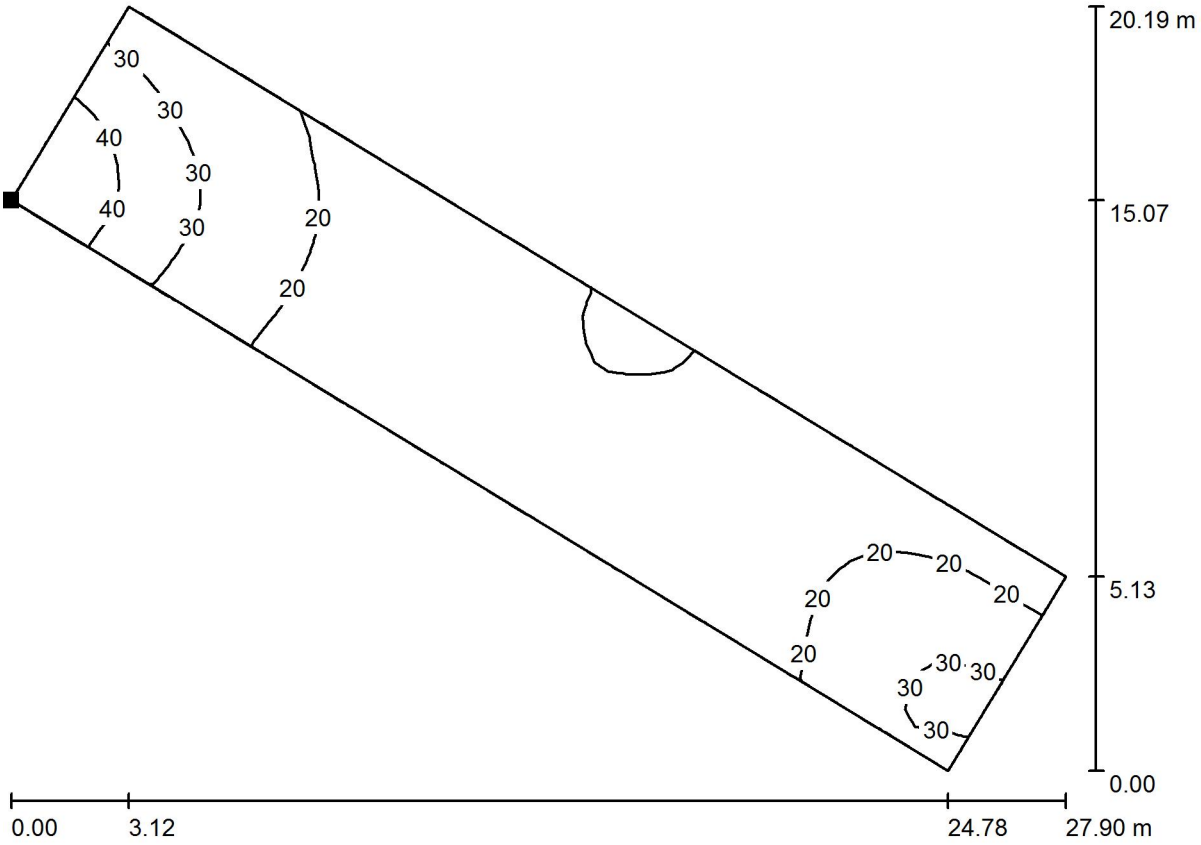


Trama: 64 x 16 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
14	5.14	37	0.376	0.140

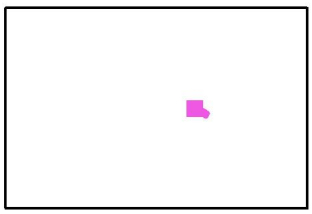
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria A. / Zona 3 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 200

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(102.650 m, 87.884 m, 0.160 m)

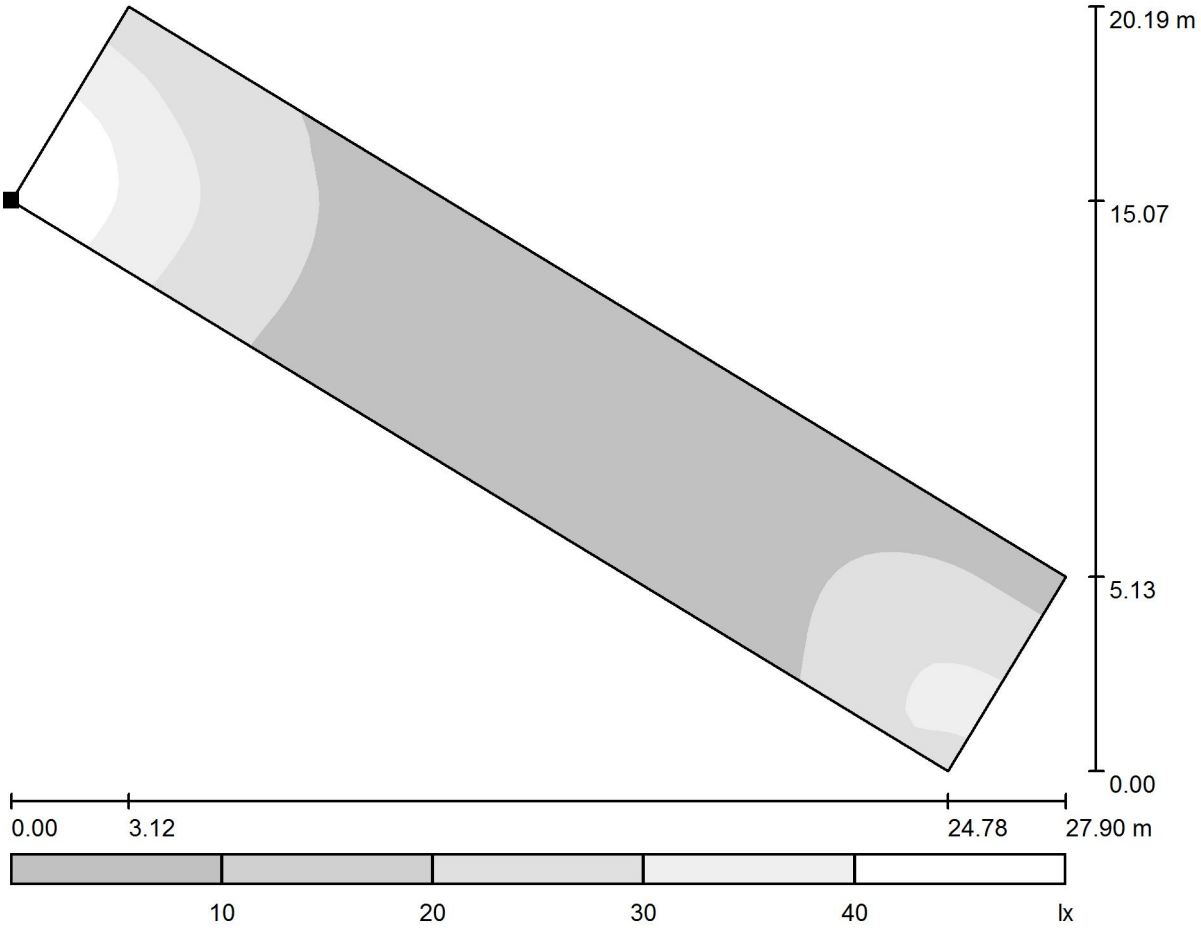


Trama: 64 x 16 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
19	9.33	50	0.483	0.188

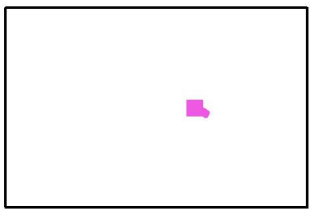
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria A. / Zona 3 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 200

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(102.650 m, 87.884 m, 0.160 m)

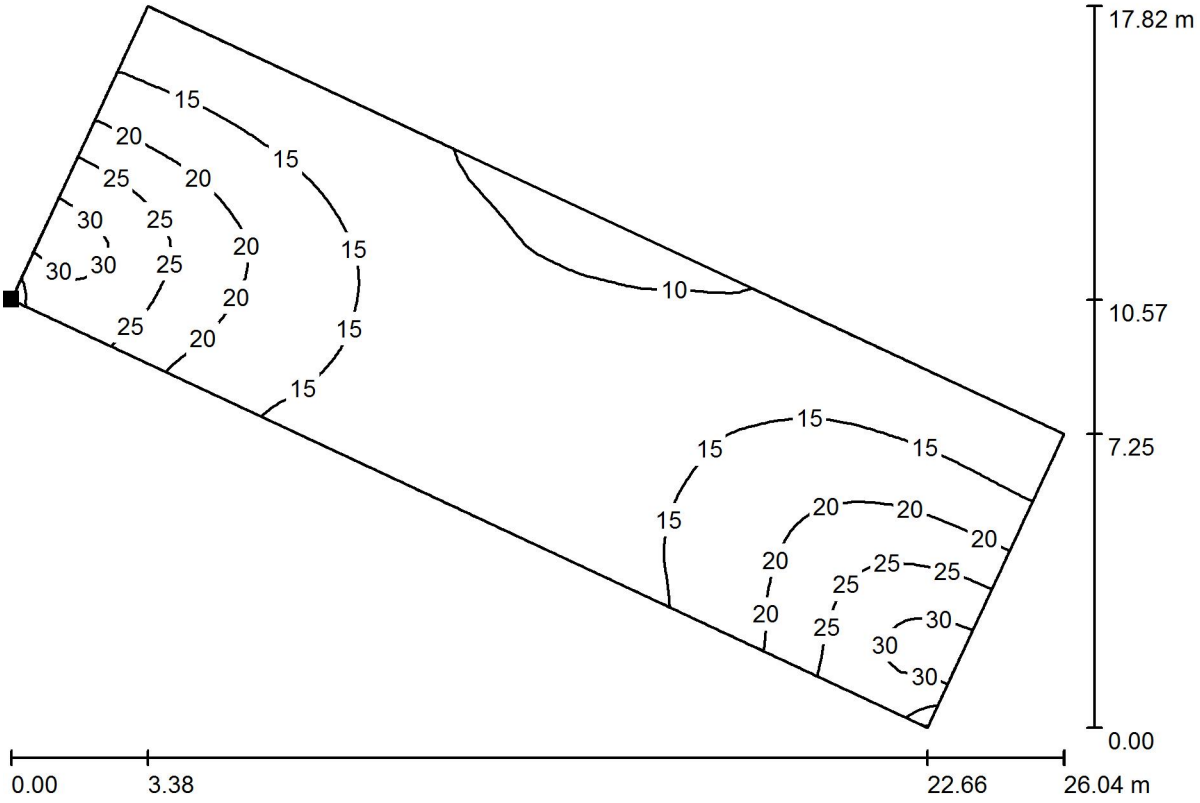


Trama: 64 x 16 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
19	9.33	50	0.483	0.188

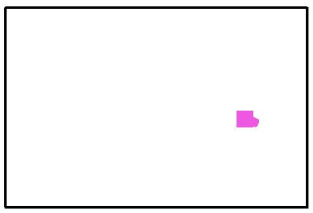
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria A. / Zona 4 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 187

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(218.598 m, 62.276 m, 0.160 m)

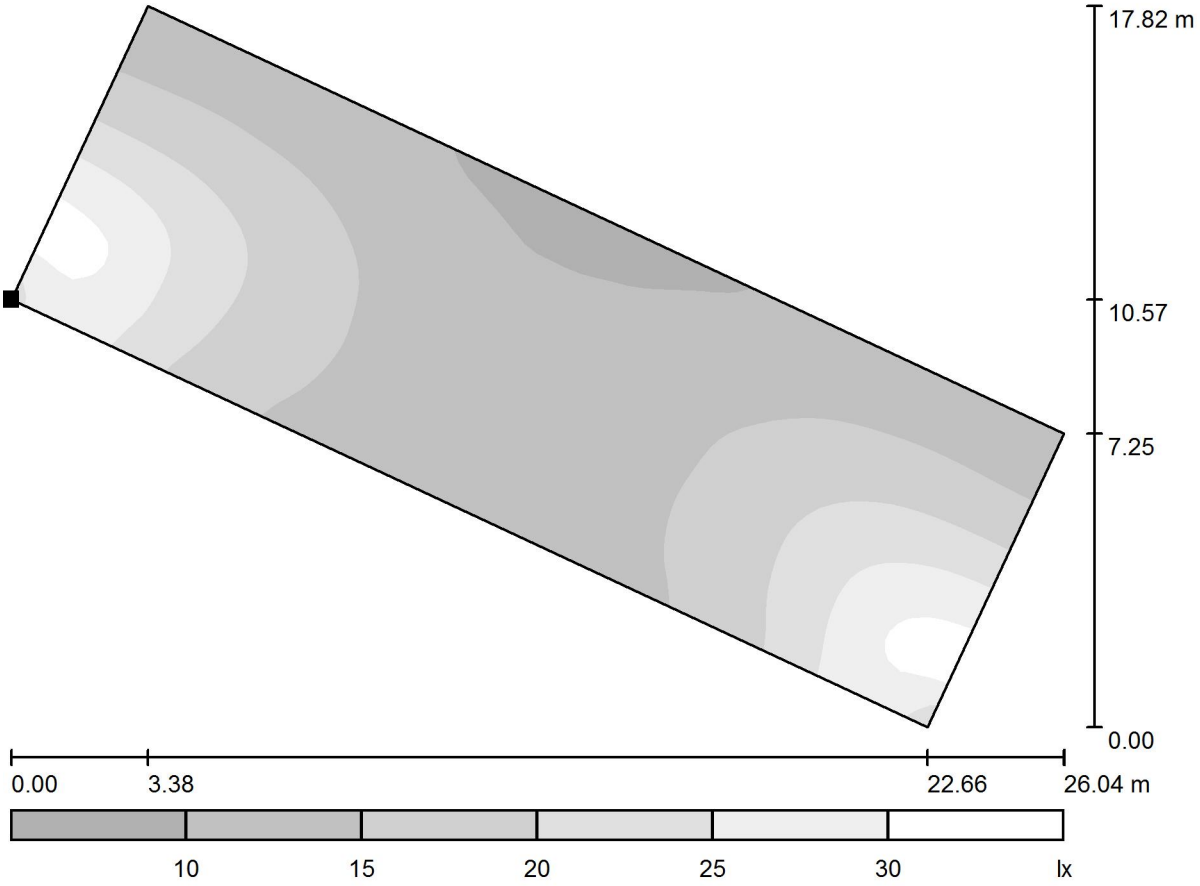


Trama: 64 x 32 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
16	9.02	33	0.556	0.277

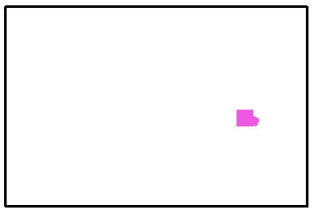
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria A. / Zona 4 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 187

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(218.598 m, 62.276 m, 0.160 m)

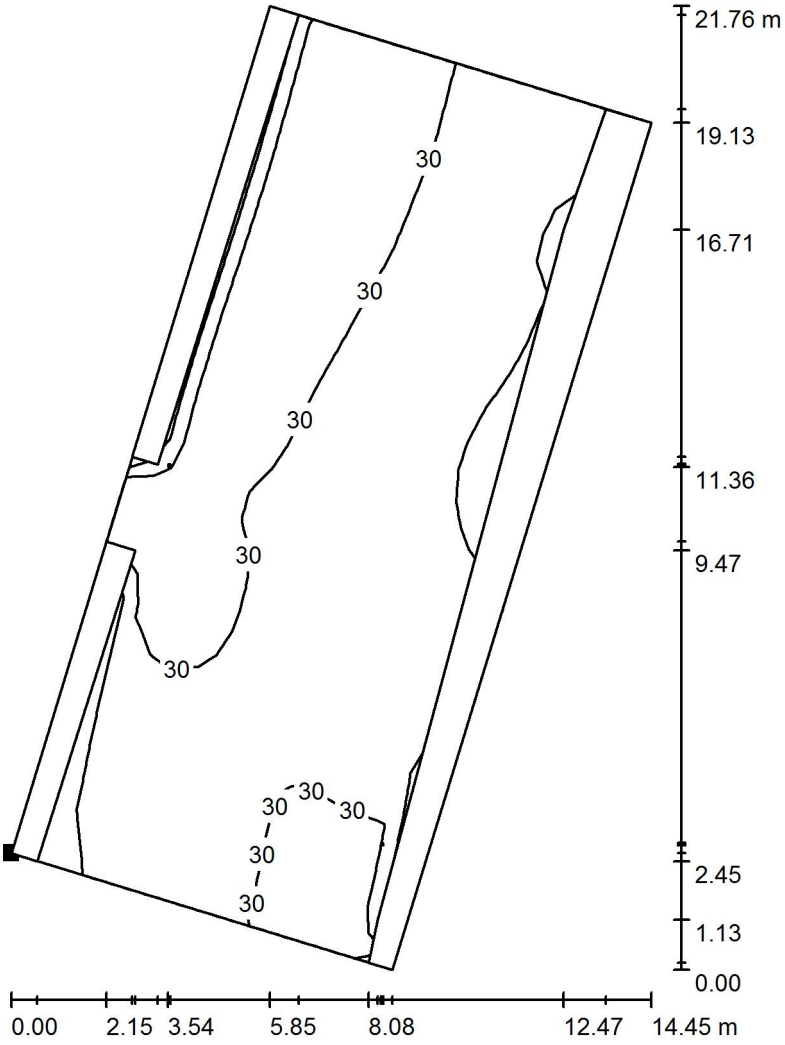


Trama: 64 x 32 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
16	9.02	33	0.556	0.277

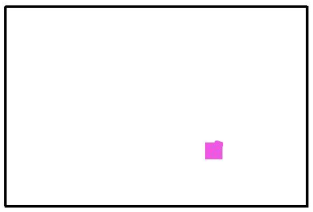
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria A. / Zona 5 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 171

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(146.126 m, -13.179 m, 0.150 m)

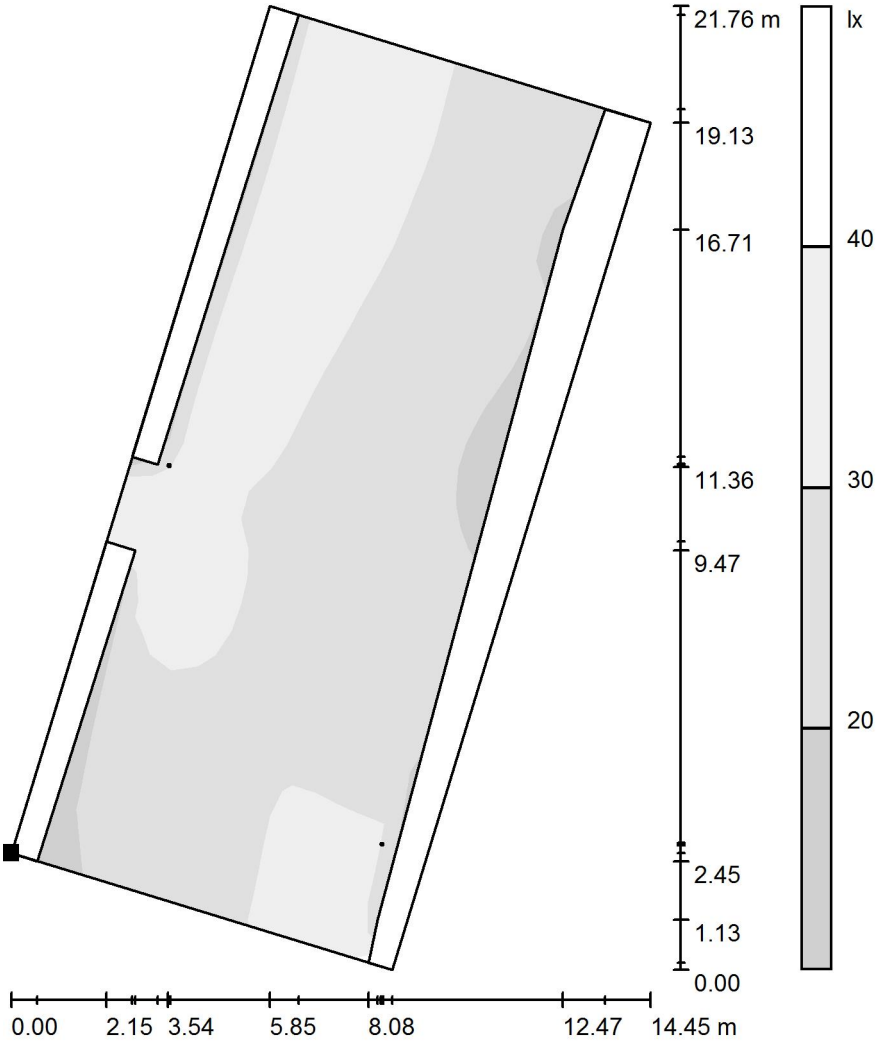


Trama: 32 x 16 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
28	10	39	0.357	0.260

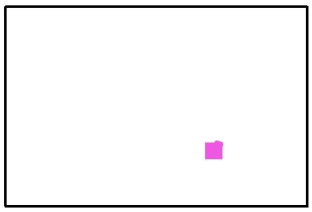
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria A. / Zona 5 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 171

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(146.126 m, -13.179 m, 0.150 m)

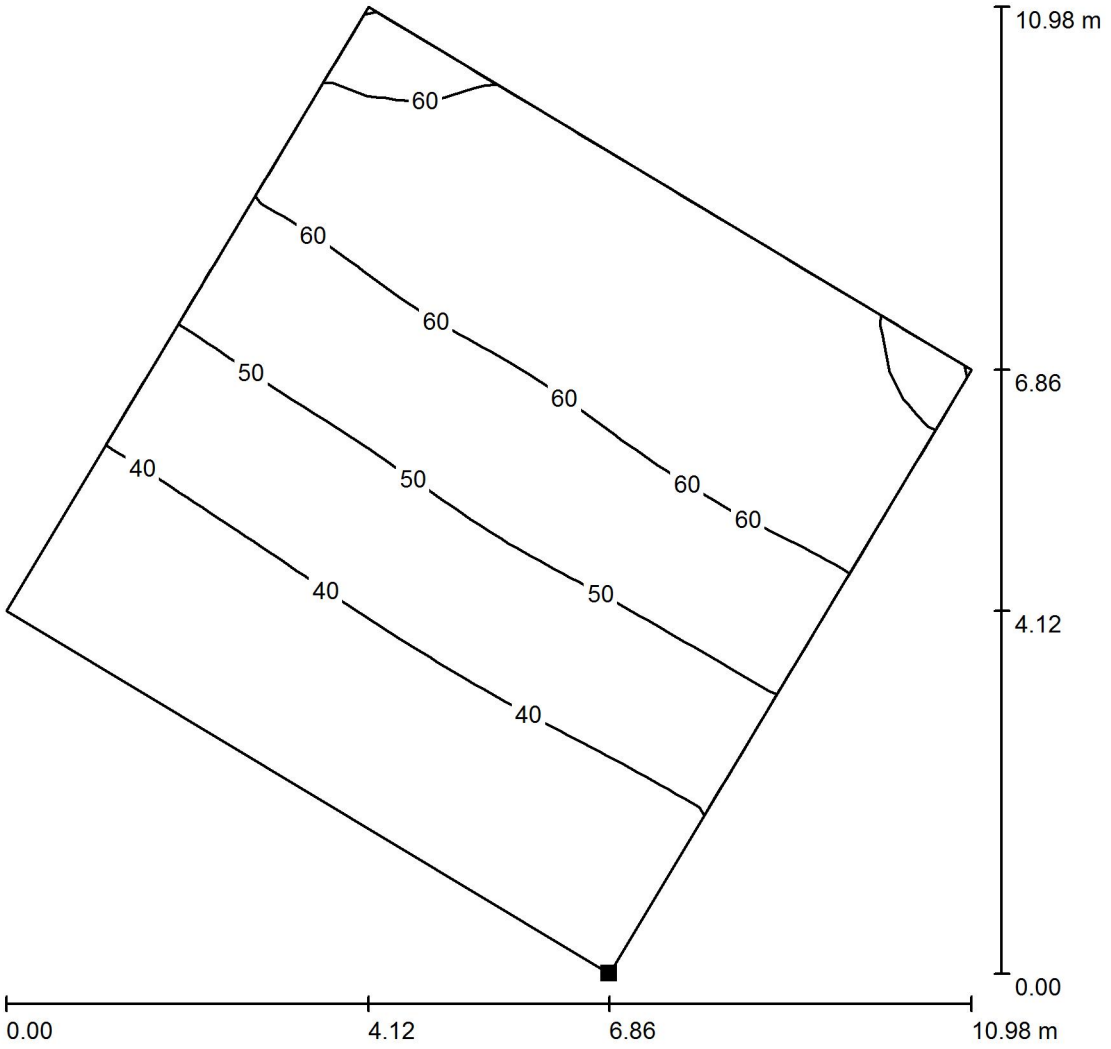


Trama: 32 x 16 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
28	10	39	0.357	0.260

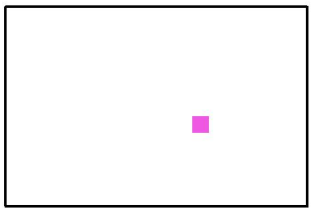
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria A. / Zona 6 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 86

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(115.883 m, 47.837 m, 0.100 m)

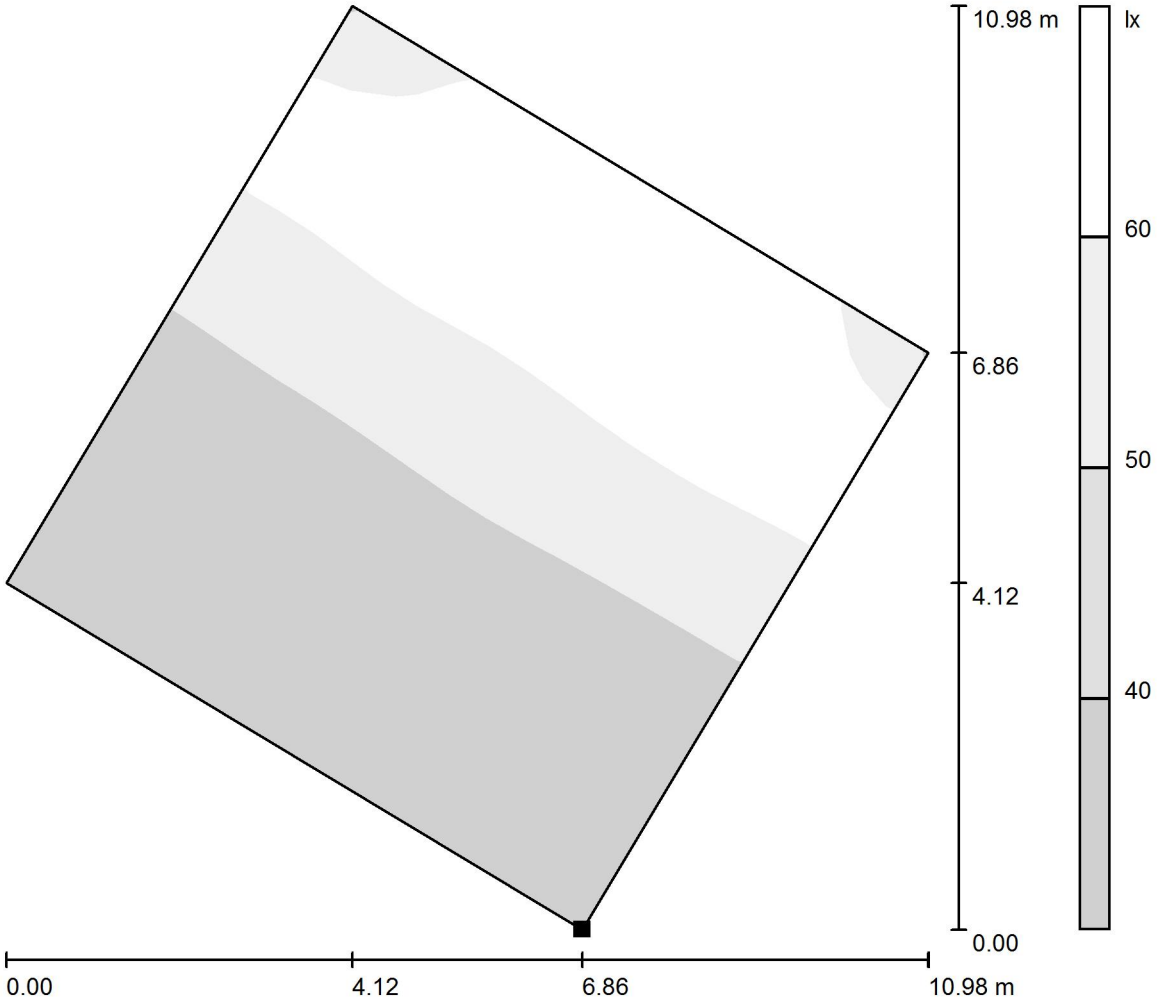


Trama: 16 x 16 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
50	31	64	0.612	0.475

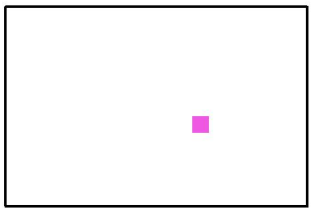
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria A. / Zona 6 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 90

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(115.883 m, 47.837 m, 0.100 m)



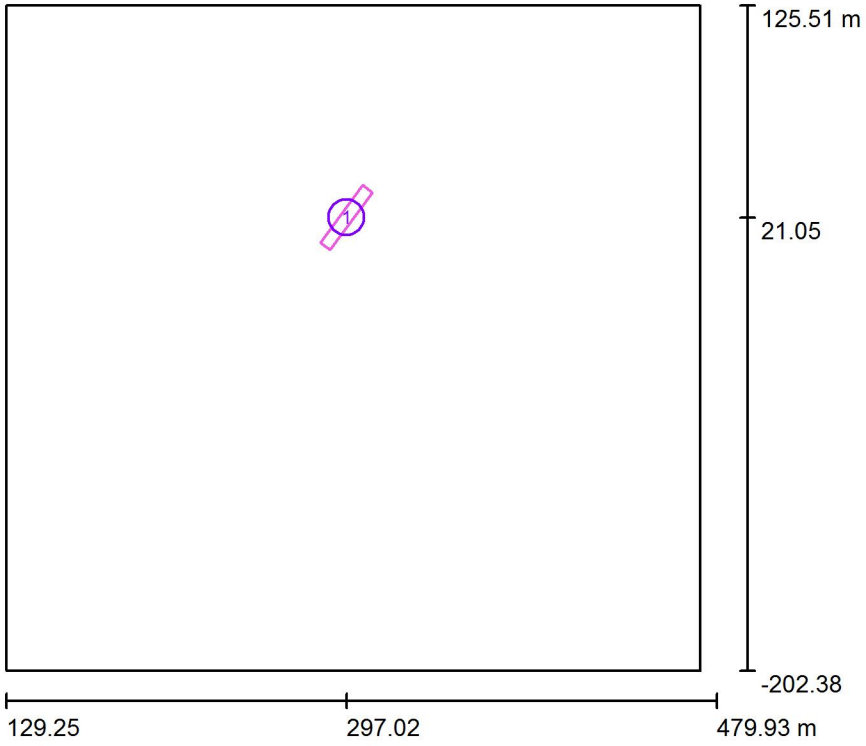
Trama: 16 x 16 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
50	31	64	0.612	0.475

04.03.2015

Proyecto elaborado por Luis Nebot Pitarch
Teléfono
Fax
e-Mail lnebotpitarch@gmail.com

Escena 2. Luminaria A. / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



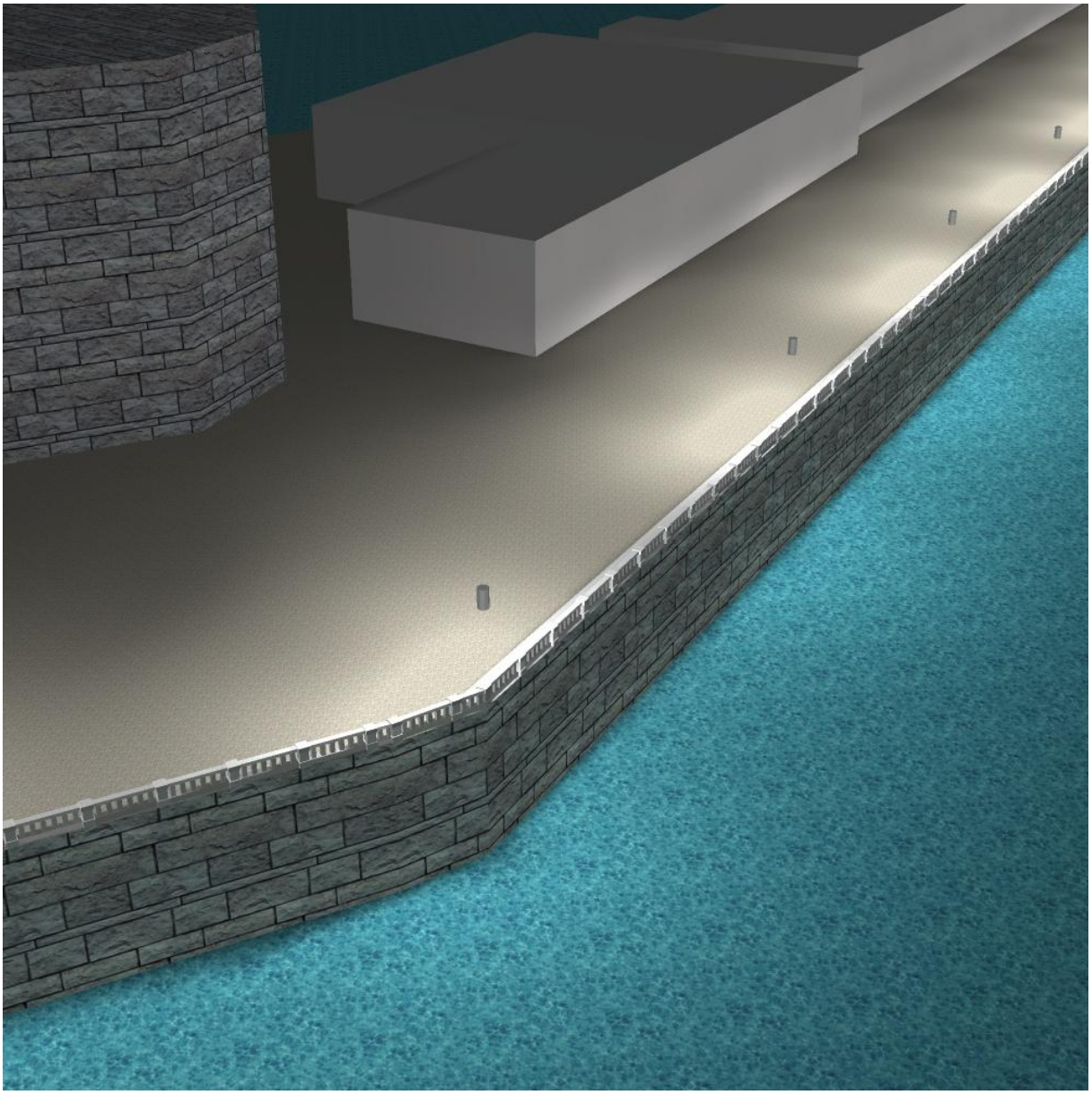
Escala 1 : 3731

Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	Zona 7	perpendicular	128 x 32	16	6.40	36	0.413	0.176

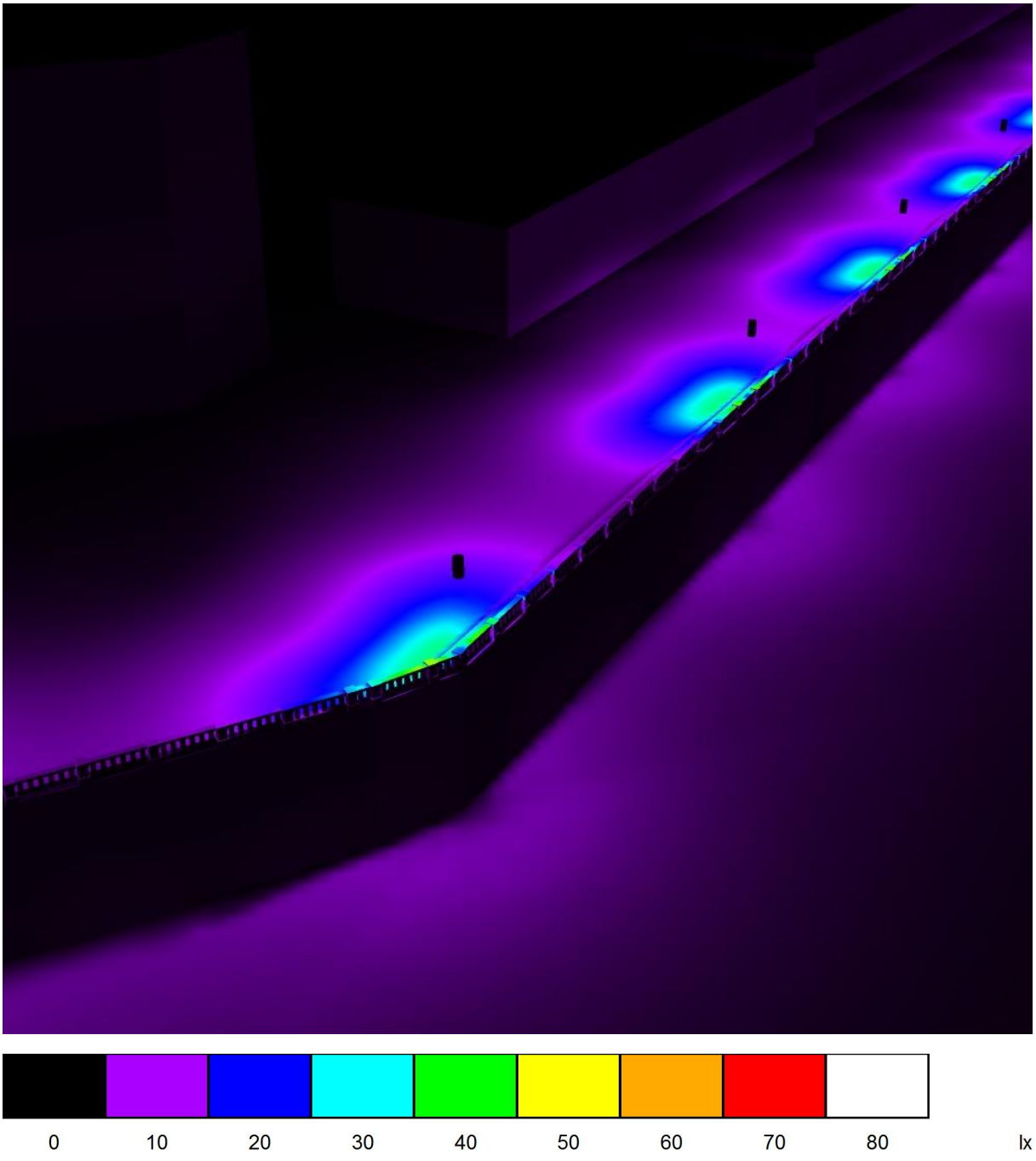
Proyecto elaborado por Luis Nebot Pitarch
Teléfono
Fax
e-Mail lnebotpitarch@gmail.com

Escena 2. Luminaria A. / Rendering (procesado) en 3D



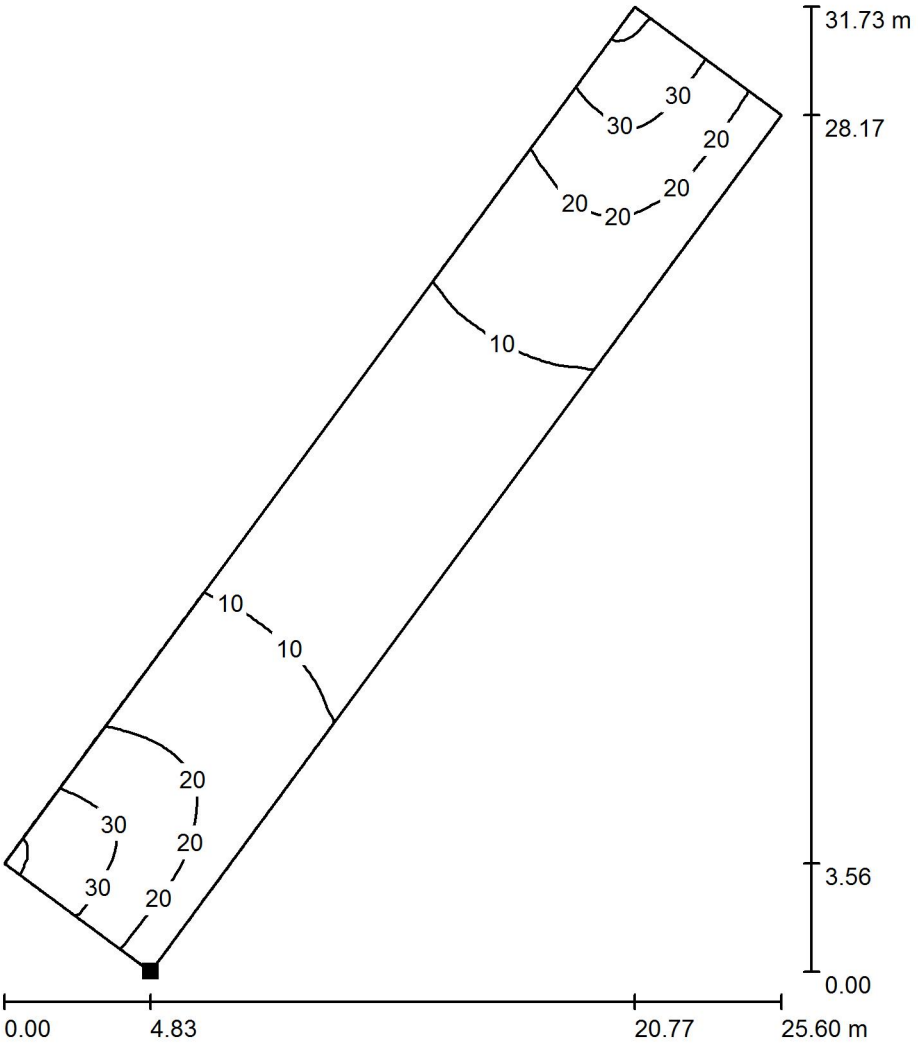
Proyecto elaborado por Luis Nebot Pitarch
Teléfono
Fax
e-Mail lnebotpitarch@gmail.com

Escena 2. Luminaria A. / Rendering (procesado) de colores falsos



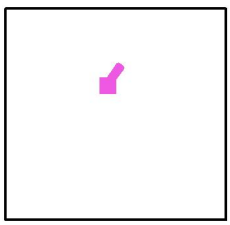
Proyecto elaborado por Luis Nebot Pitarch
Teléfono
Fax
e-Mail lnebotpitarch@gmail.com

Escena 2. Luminaria A. / Zona 7 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 249

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(289.049 m, 5.185 m, 8.100 m)



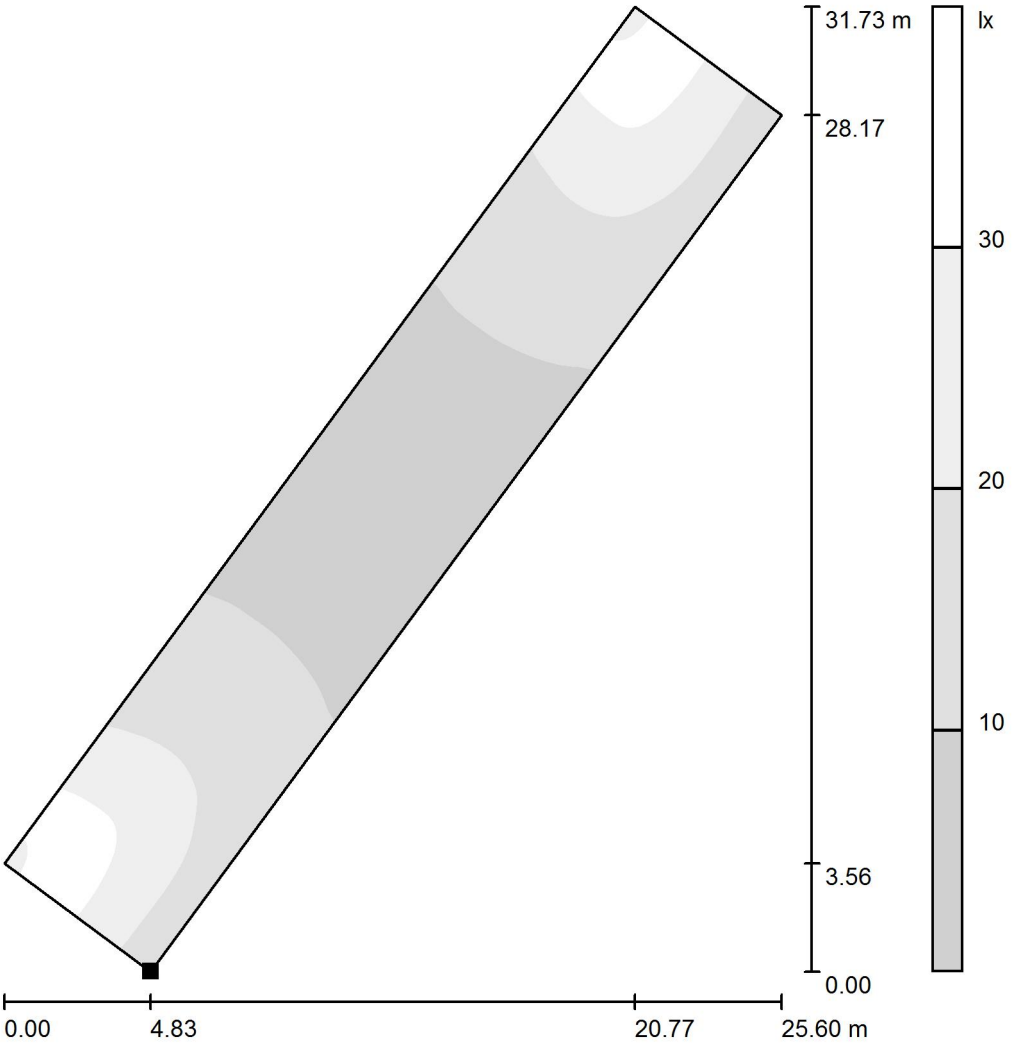
Trama: 128 x 32 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
16	6.40	36	0.413	0.176

04.03.2015

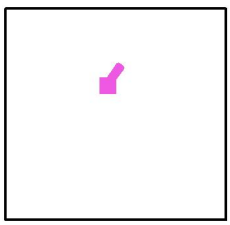
Proyecto elaborado por Luis Nebot Pitarch
Teléfono
Fax
e-Mail lnebotpitarch@gmail.com

Escena 2. Luminaria A. / Zona 7 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 249

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(289.049 m, 5.185 m, 8.100 m)



Trama: 128 x 32 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
16	6.40	36	0.413	0.176

Proyecto 1

Autor: Luis Nebot Pitarch:
Tutor: Xavier Núñez Nieto:

Fecha: 04.03.2015
Proyecto elaborado por: Luis Nebot Pitarch

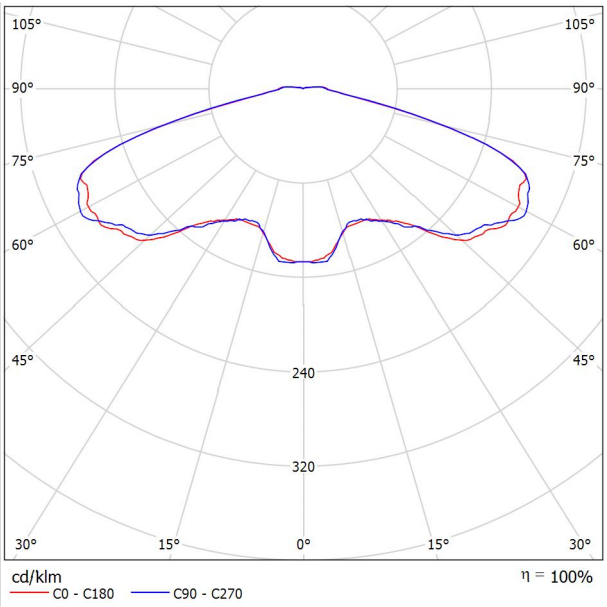
01.03.2015

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Disano 1570 Clima - LED Disano 1570 led CLD CELL grafito / Hoja de datos de luminarias



Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 98
Código CIE Flux: 23 56 90 98 100

Cuerpo: de aluminio fundido a presión.
Sombrero: de lámina de aluminio
Difusor: de policarbonato irrompible y autoextinguible V2, estabilizado a los rayos UV. Liso y transparente tanto en su parte interior como exterior.
Barnizado: en diversas fases. Inmersión por cataforesis epoxídica, color negro, resistente a la corrosión y a la neblina salina. Segunda mano con fondo para estabilización a los rayos UV y por último acabado rústico con barniz acrílico, color gris grafito o color plata con tratamiento de arena.
Equipamiento: Estas luminarias incorporan un dispositivo automático de control de la temperatura interna para una protección de cada uno de los LEDs a las tensiones de cresta de la red mediante un diodo de protección. Pasador de cable de goma de Ø 1/2' pulgadas de gas. con conector estanco
Montaje: en la columna Ø 76/60 mm o en el brazo.
Normativa: fabricado conforme a la normativa vigente EN60598-1 CEI 34 - 21, con grado de protección IP65IK08 según la norma EN 60529.
Clase de aislamiento II.
LED:La tecnología LED de última generación está equipada con led 12960lm - 4000K 93W - 700mA, Ta-20+ 40 ° C la vida 60.000h L70B20
Clase de seguridad fotobiólogica Grupo exento

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR

ρ Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
ρ Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
ρ Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local X	Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
2H	2H	21.9	23.6	22.3	23.9	24.2	21.9	23.6	22.3	23.9	24.2
	3H	24.5	26.0	24.8	26.3	26.7	24.5	26.0	24.9	26.4	26.7
	4H	25.3	26.7	25.7	27.1	27.4	25.3	26.7	25.7	27.1	27.5
	6H	25.5	26.8	25.9	27.2	27.6	25.5	26.9	26.0	27.3	27.6
	8H	25.5	26.8	25.9	27.2	27.6	25.6	26.9	26.0	27.2	27.6
	12H	25.5	26.8	25.9	27.1	27.5	25.6	26.8	26.0	27.2	27.6
4H	2H	23.3	24.7	23.7	25.1	25.4	23.3	24.7	23.7	25.1	25.5
	3H	26.0	27.3	26.5	27.7	28.1	26.0	27.3	26.5	27.7	28.1
	4H	27.0	28.1	27.4	28.5	28.9	27.0	28.1	27.4	28.5	28.9
	6H	27.2	28.2	27.7	28.7	29.1	27.2	28.2	27.7	28.7	29.1
	8H	27.3	28.2	27.7	28.6	29.1	27.3	28.2	27.7	28.6	29.1
	12H	27.3	28.1	27.8	28.6	29.1	27.3	28.1	27.8	28.6	29.1
8H	4H	27.5	28.4	28.0	28.8	29.3	27.5	28.4	27.9	28.8	29.3
	6H	27.9	28.6	28.4	29.1	29.6	27.9	28.6	28.4	29.1	29.6
	8H	28.0	28.6	28.5	29.1	29.6	28.0	28.6	28.5	29.1	29.6
	12H	28.0	28.6	28.5	29.1	29.6	28.0	28.6	28.5	29.1	29.6
12H	4H	27.5	28.3	28.0	28.8	29.3	27.5	28.3	28.0	28.8	29.3
	6H	27.9	28.6	28.5	29.1	29.6	27.9	28.6	28.5	29.1	29.6
	8H	28.0	28.6	28.6	29.1	29.7	28.0	28.6	28.6	29.1	29.7

Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias

S = 1.0H	+0.1 / -0.1	+0.1 / -0.1
S = 1.5H	+0.2 / -0.2	+0.2 / -0.2
S = 2.0H	+0.5 / -0.4	+0.4 / -0.4
Tabla estándar	BK07	BK07
Sumando de corrección	11.2	11.2

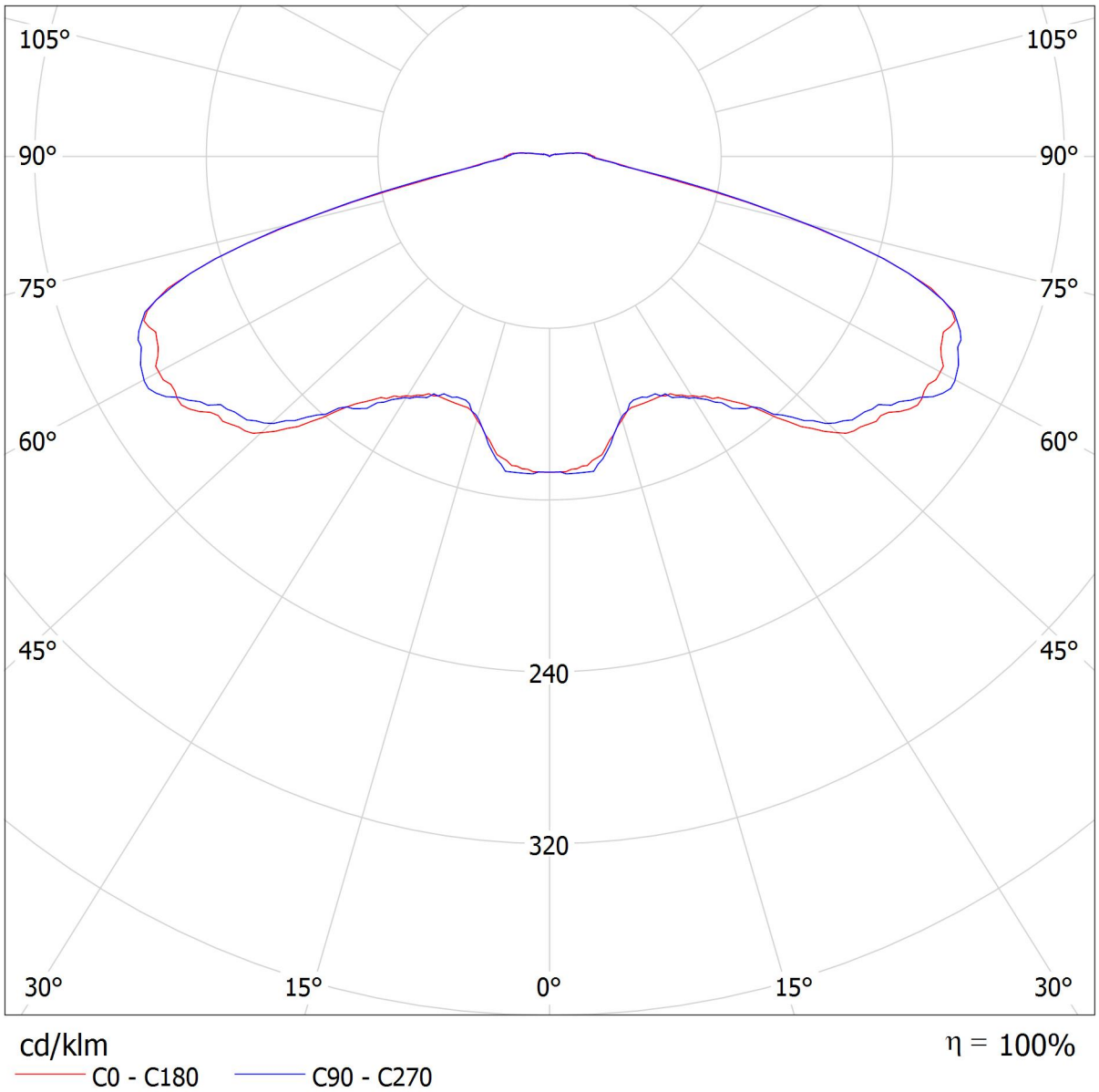
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 9976lm Flujo luminoso total

01.03.2015

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

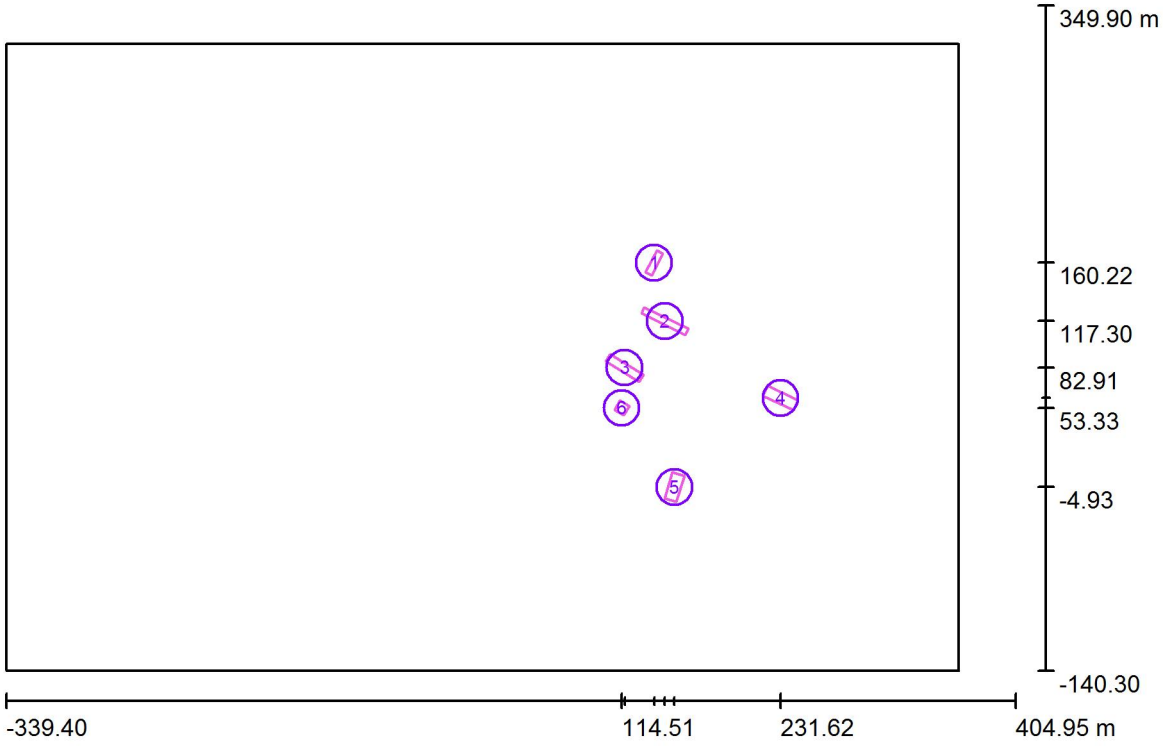
Disano 1570 Clima - LED Disano 1570 led CLD CELL grafito / CDL (Polar)

Luminaria: Disano 1570 Clima - LED Disano 1570 led CLD CELL grafito
Lámparas: 1 x Led_1570



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria B / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 5578

Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	Zona 1	perpendicular	32 x 16	41	32	57	0.770	0.559
2	Zona 2	perpendicular	64 x 16	10	1.81	42	0.173	0.043
3	Zona 3	perpendicular	64 x 16	16	4.52	58	0.280	0.078
4	Zona 4	perpendicular	64 x 32	14	5.24	45	0.386	0.116
5	Zona 5	perpendicular	64 x 32	24	11	39	0.458	0.284
6	Zona 6	perpendicular	32 x 32	50	30	76	0.606	0.398

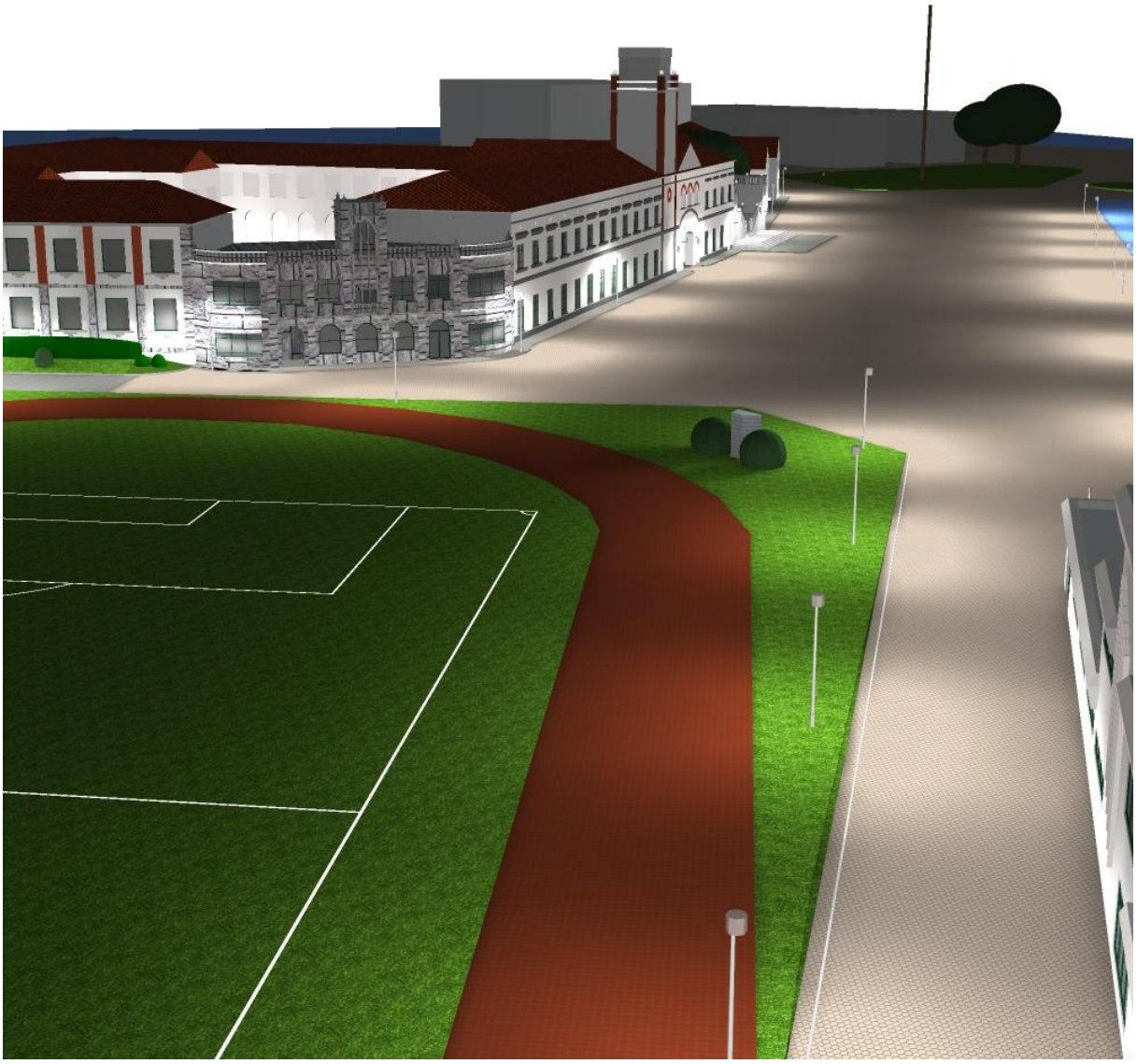
Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
perpendicular	6	21	1.81	76	0.09	0.02

01.03.2015

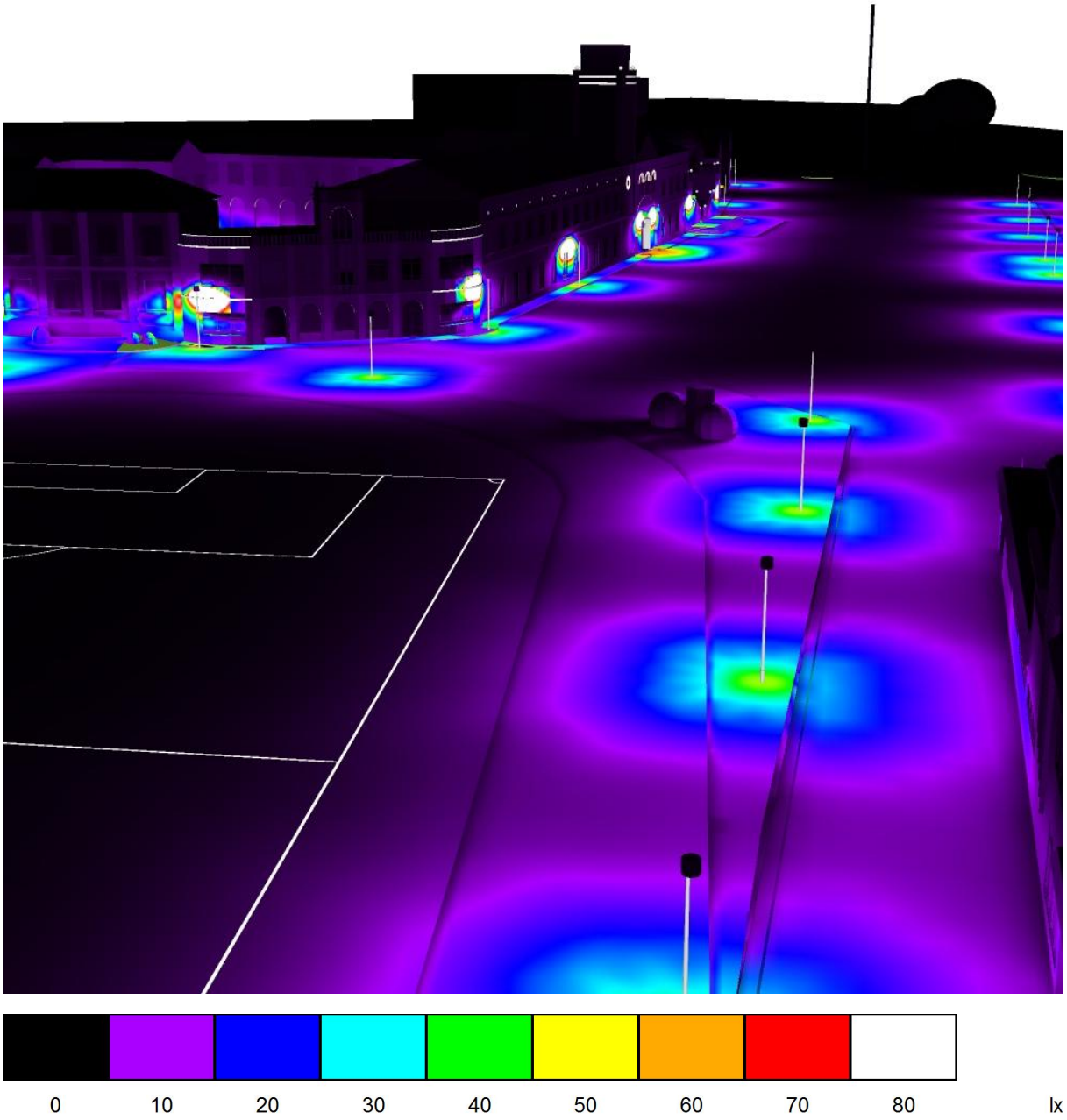
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria B / Rendering (procesado) en 3D



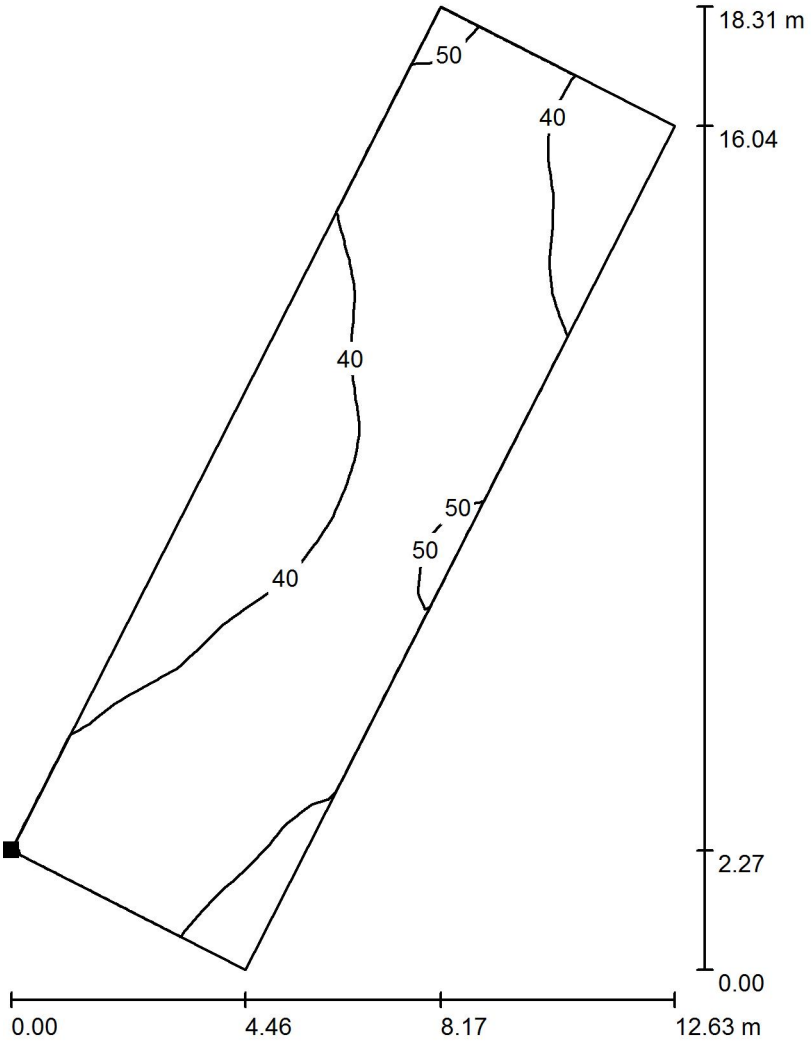
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria B / Rendering (procesado) de colores falsos



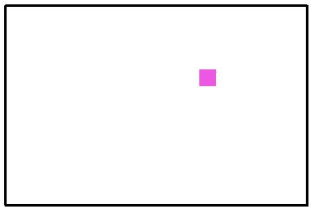
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria B / Zona 1 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 144

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(132.163 m, 153.335 m, 0.100 m)

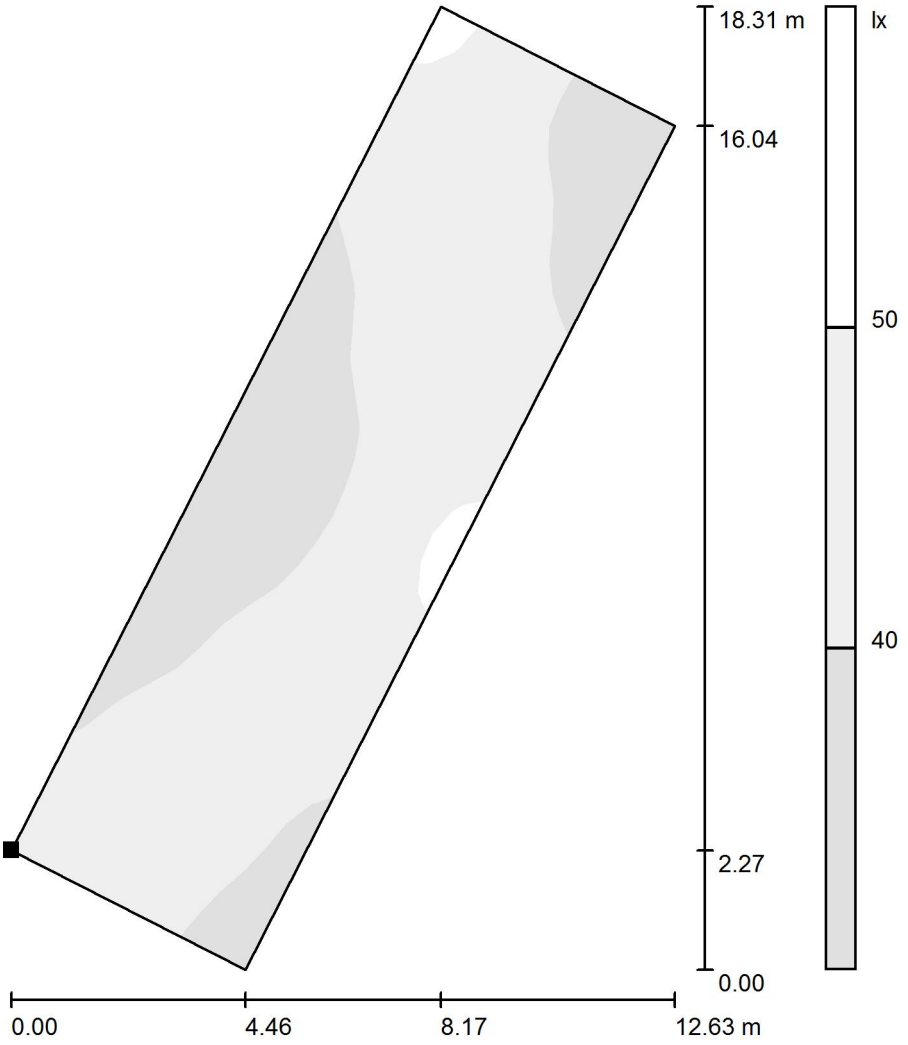


Trama: 32 x 16 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
41	32	57	0.770	0.559

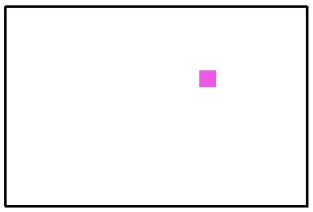
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria B / Zona 1 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 144

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(132.163 m, 153.335 m, 0.100 m)

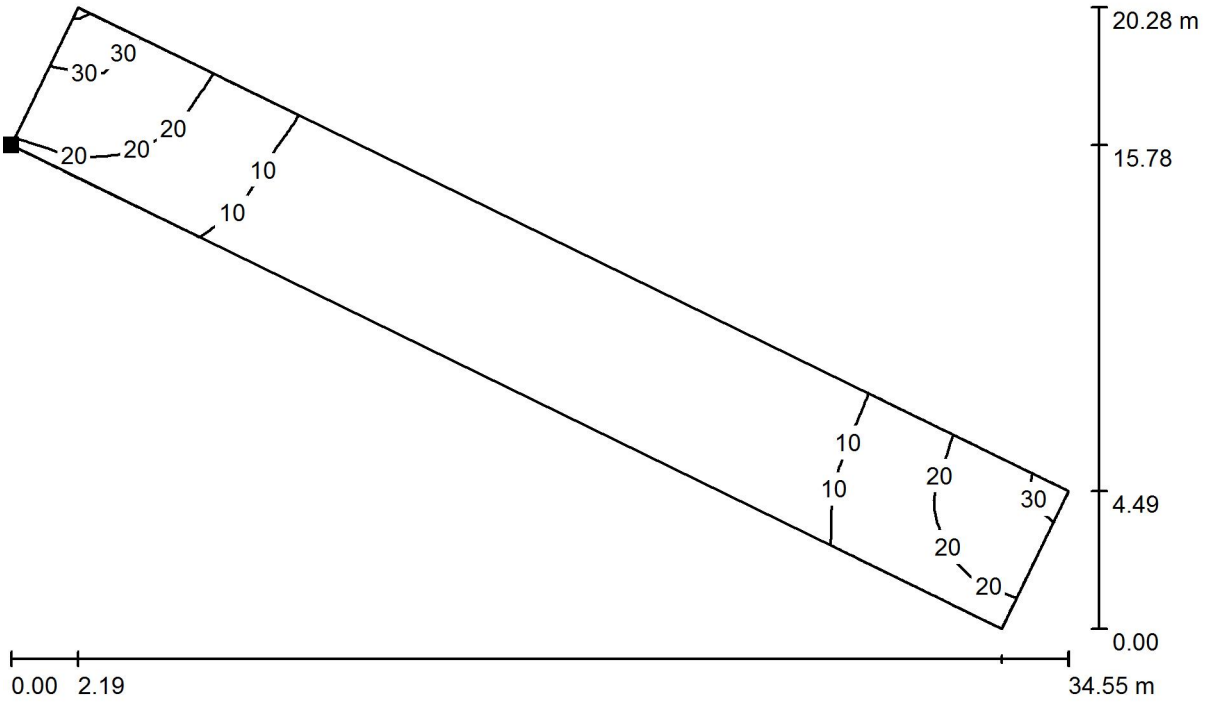


Trama: 32 x 16 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
41	32	57	0.770	0.559

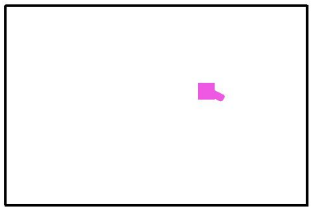
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria B / Zona 2 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 247

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(128.912 m, 122.939 m, 0.100 m)

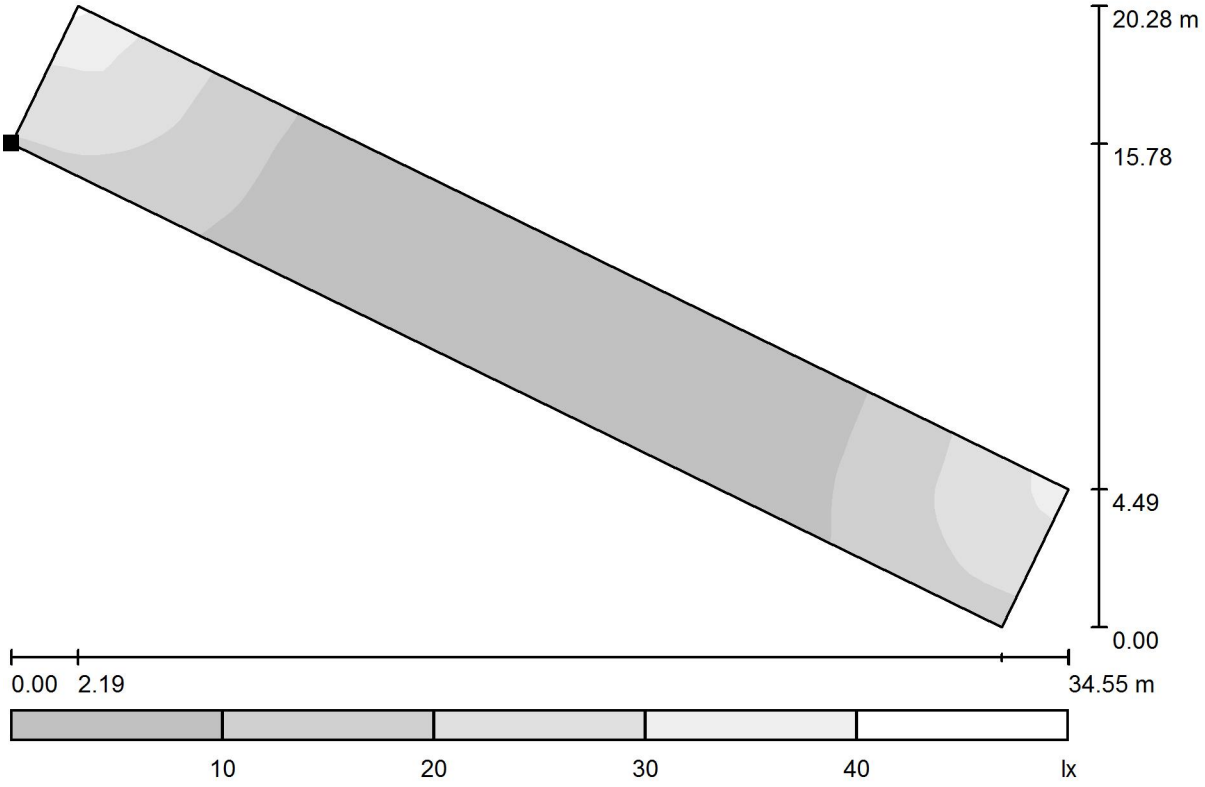


Trama: 64 x 16 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
10	1.81	42	0.173	0.043

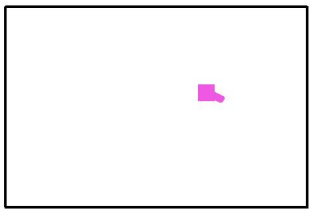
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria B / Zona 2 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 247

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(128.912 m, 122.939 m, 0.100 m)

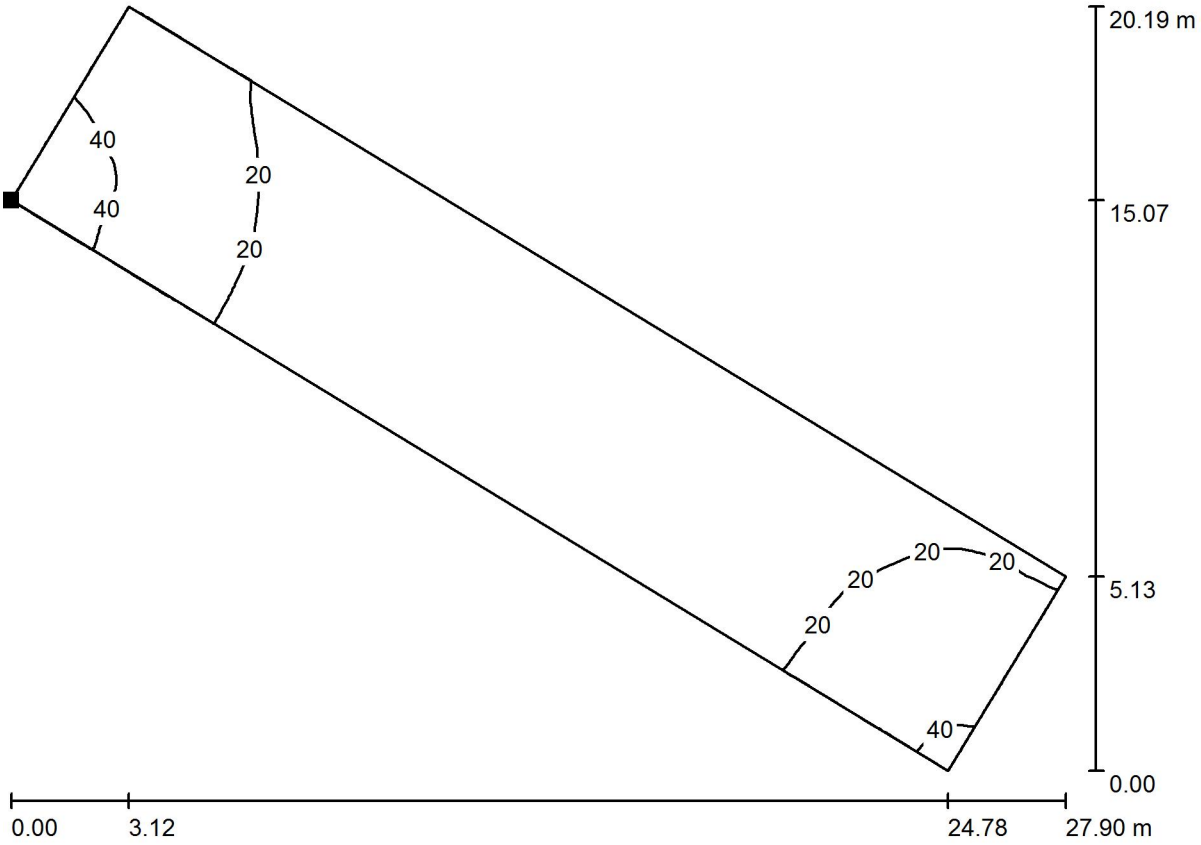


Trama: 64 x 16 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
10	1.81	42	0.173	0.043

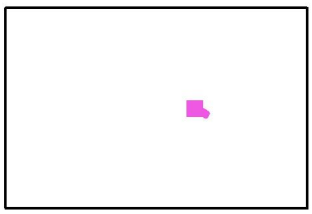
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria B / Zona 3 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 200

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(102.650 m, 87.884 m, 0.160 m)

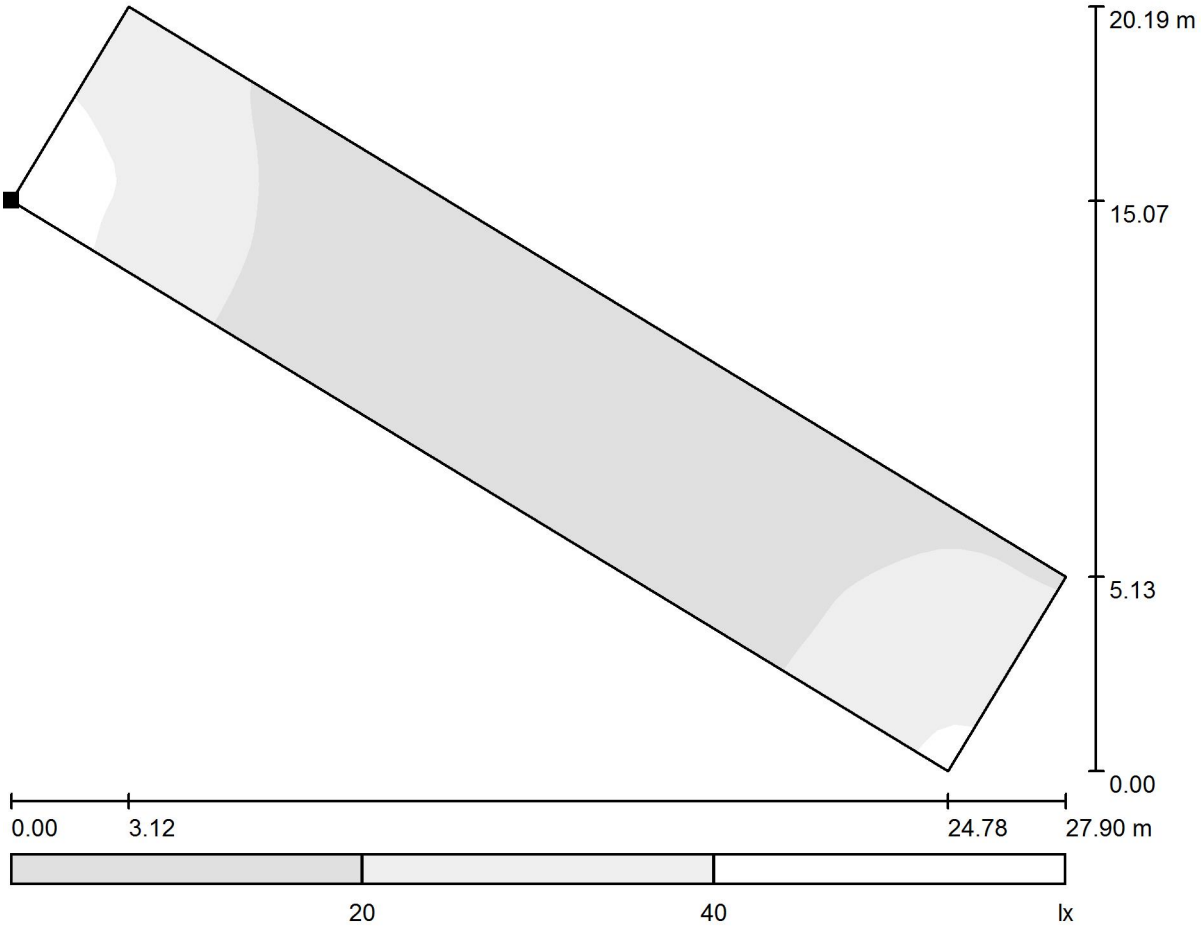


Trama: 64 x 16 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
16	4.52	58	0.280	0.078

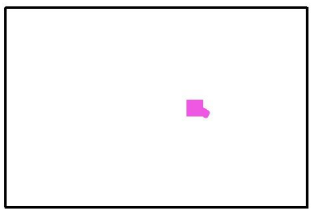
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria B / Zona 3 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 200

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(102.650 m, 87.884 m, 0.160 m)

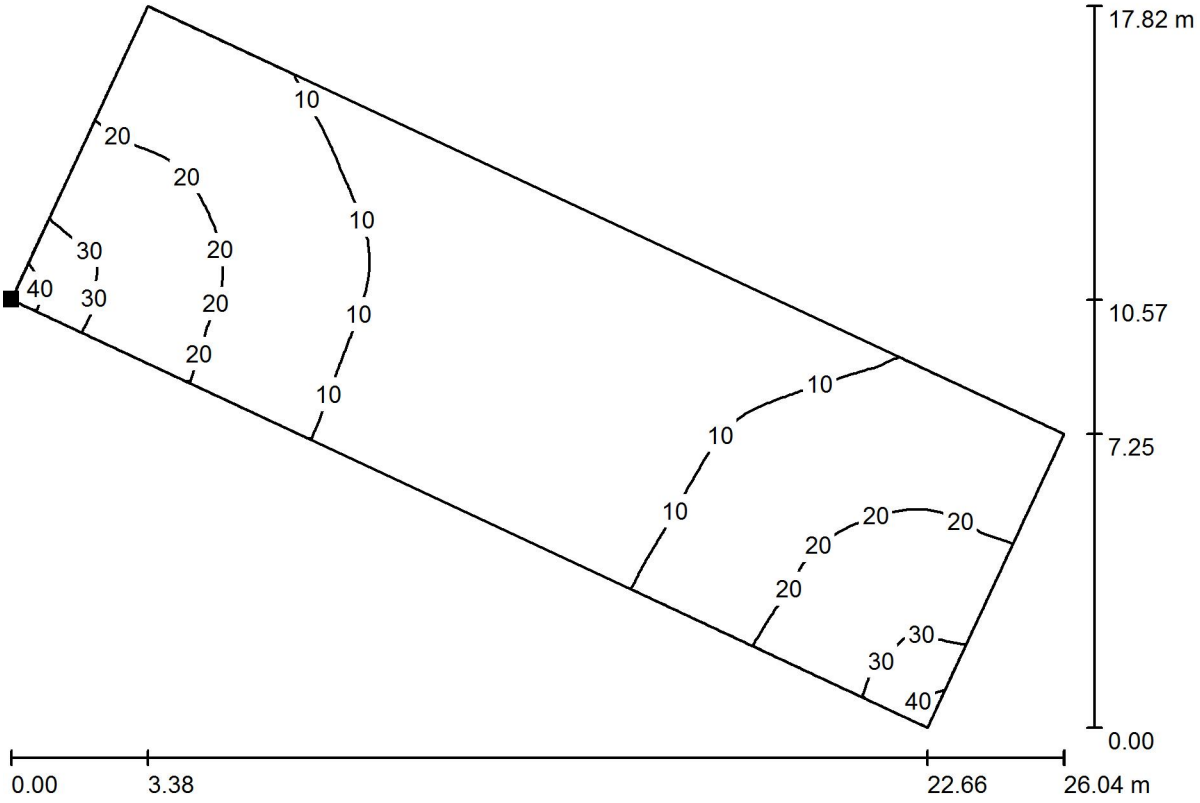


Trama: 64 x 16 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
16	4.52	58	0.280	0.078

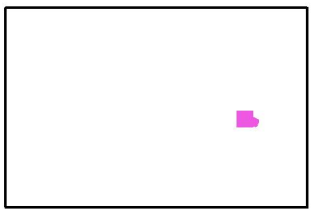
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria B / Zona 4 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 187

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(218.598 m, 62.276 m, 0.160 m)

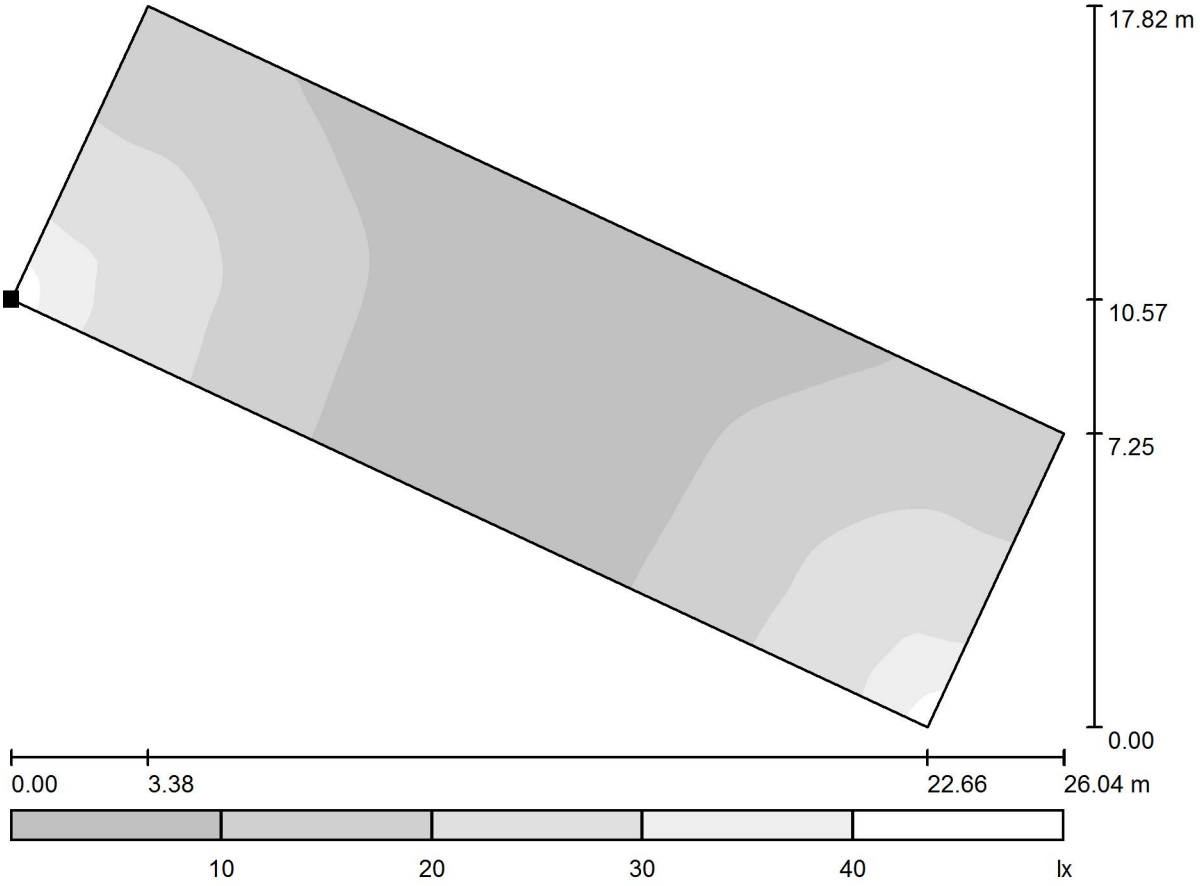


Trama: 64 x 32 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
14	5.24	45	0.386	0.116

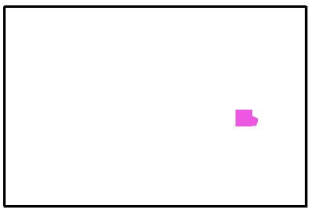
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria B / Zona 4 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 187

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(218.598 m, 62.276 m, 0.160 m)

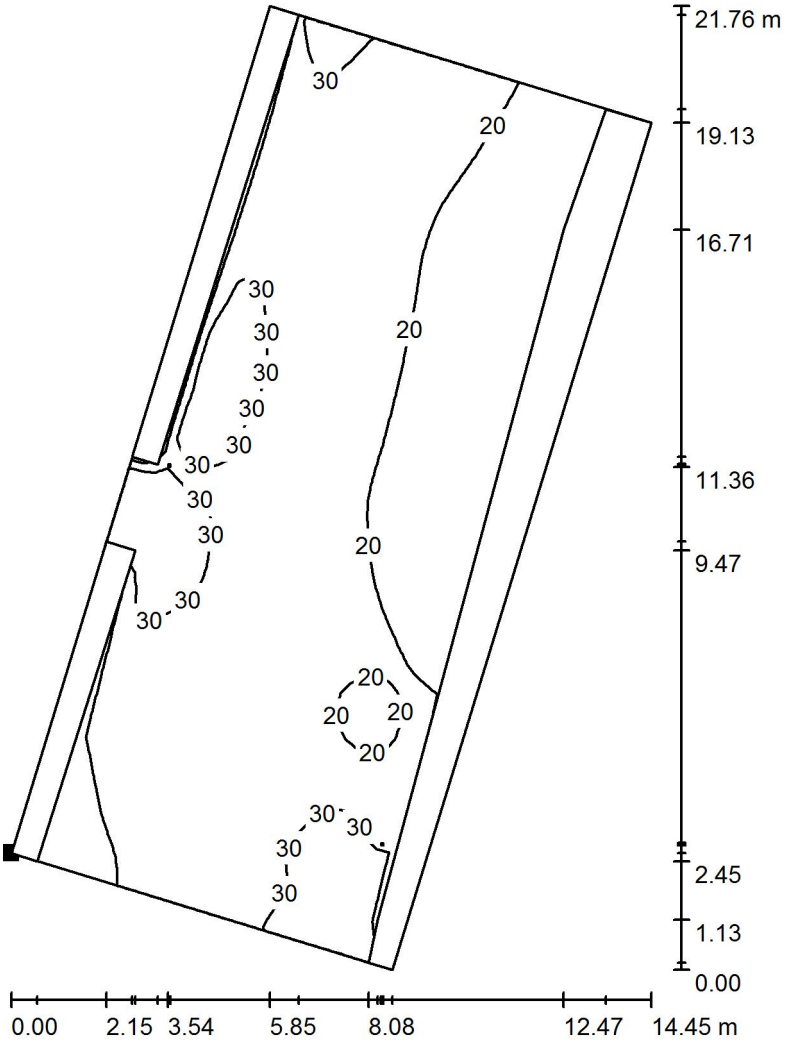


Trama: 64 x 32 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
14	5.24	45	0.386	0.116

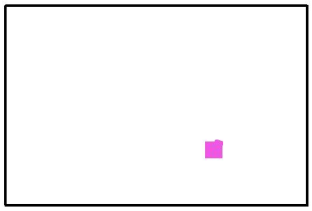
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria B / Zona 5 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 171

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(146.126 m, -13.179 m, 0.150 m)

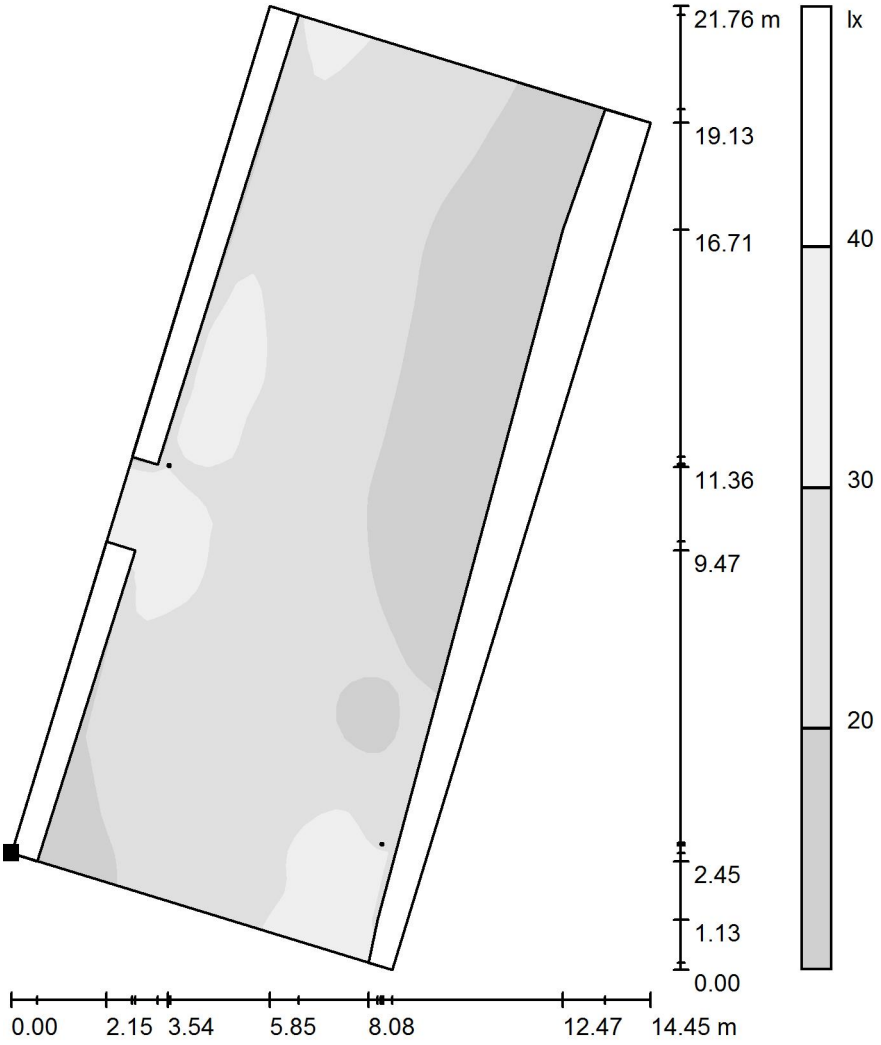


Trama: 64 x 32 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
24	11	39	0.458	0.284

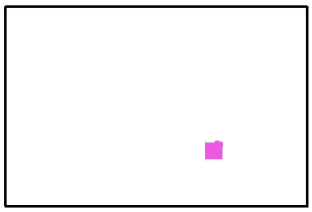
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria B / Zona 5 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 171

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(146.126 m, -13.179 m, 0.150 m)

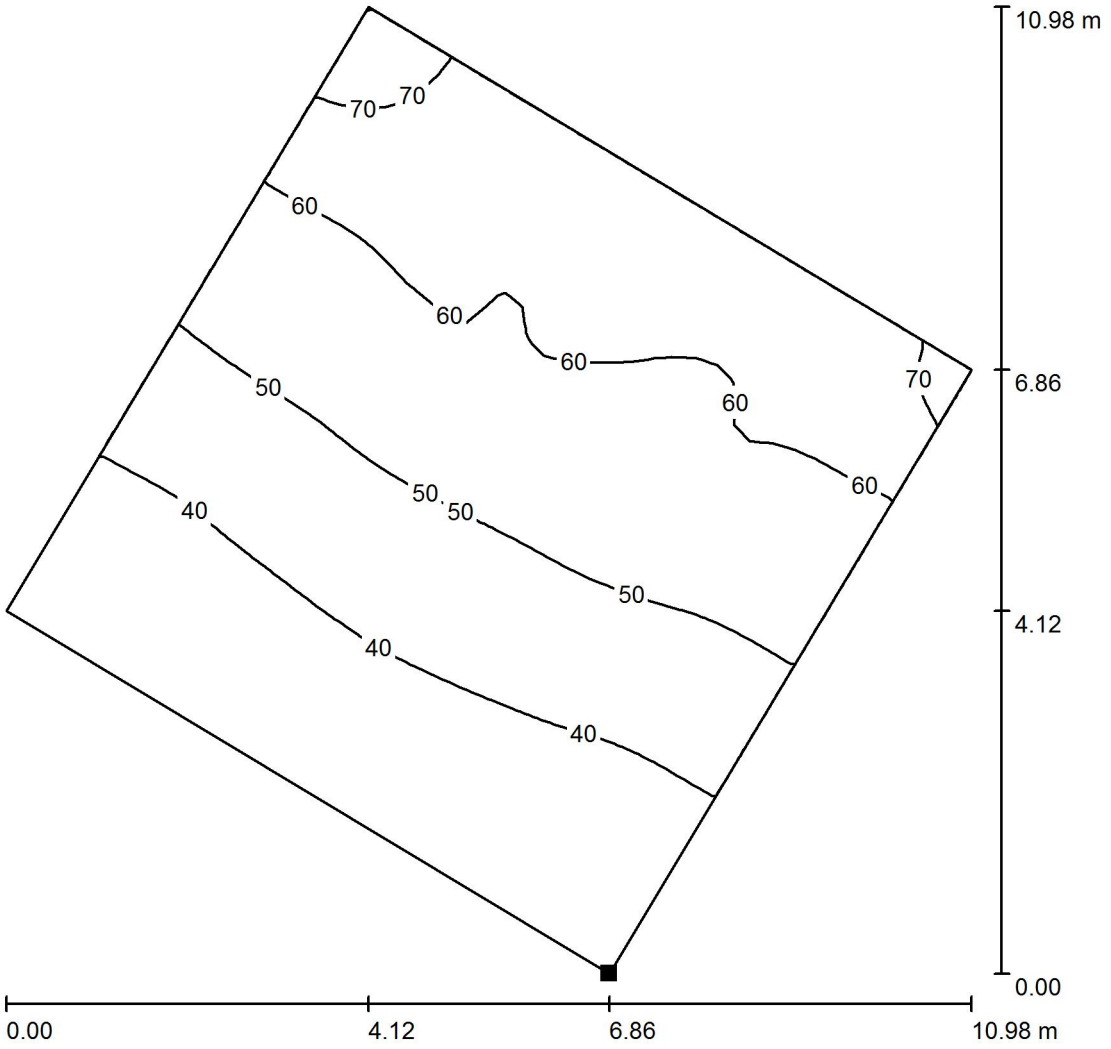


Trama: 64 x 32 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
24	11	39	0.458	0.284

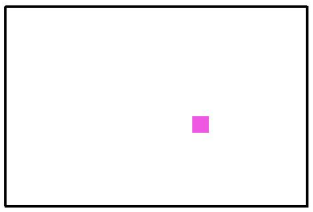
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria B / Zona 6 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 86

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(115.883 m, 47.837 m, 0.100 m)

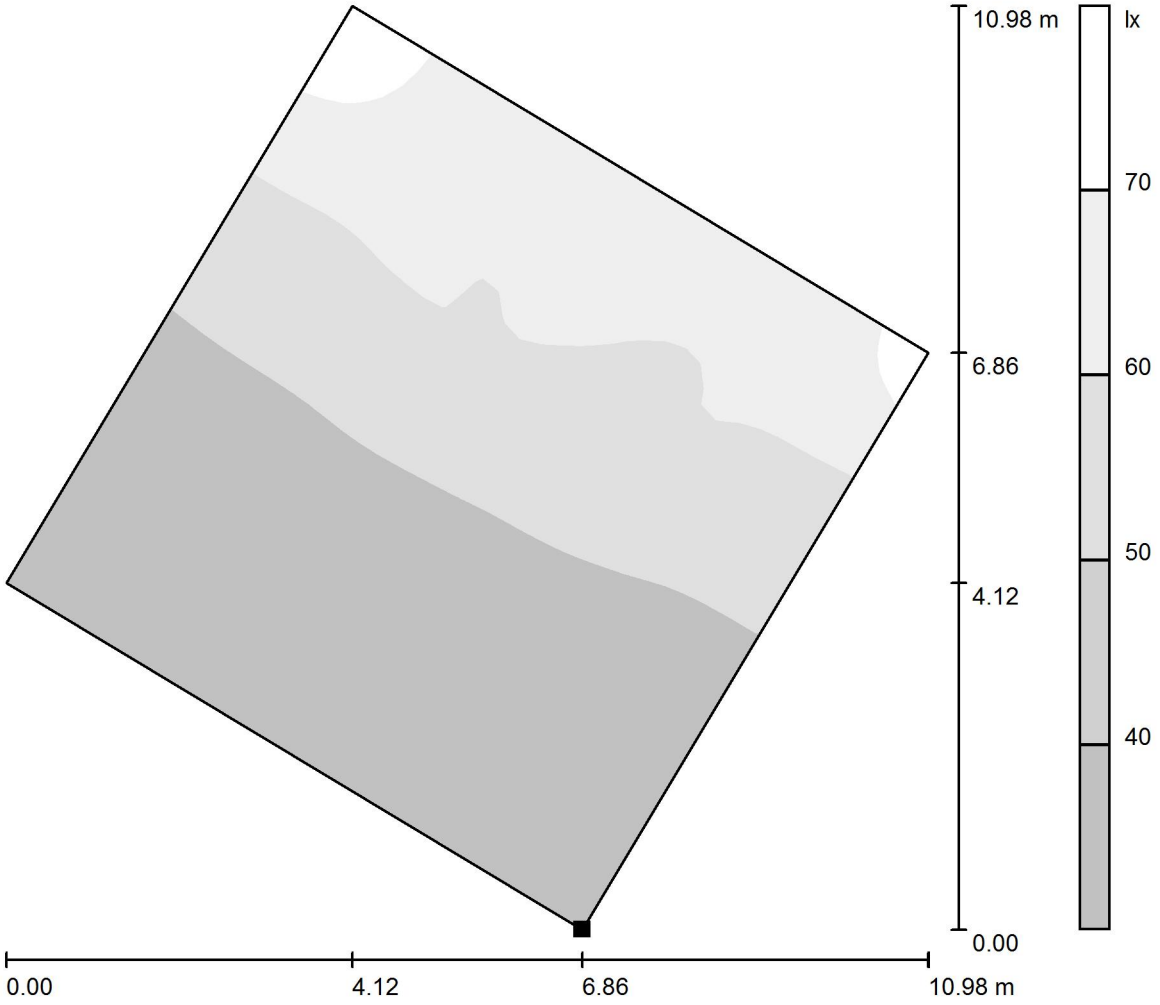


Trama: 32 x 32 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
50	30	76	0.606	0.398

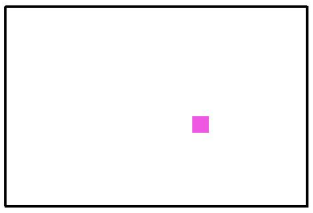
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria B / Zona 6 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 90

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(115.883 m, 47.837 m, 0.100 m)



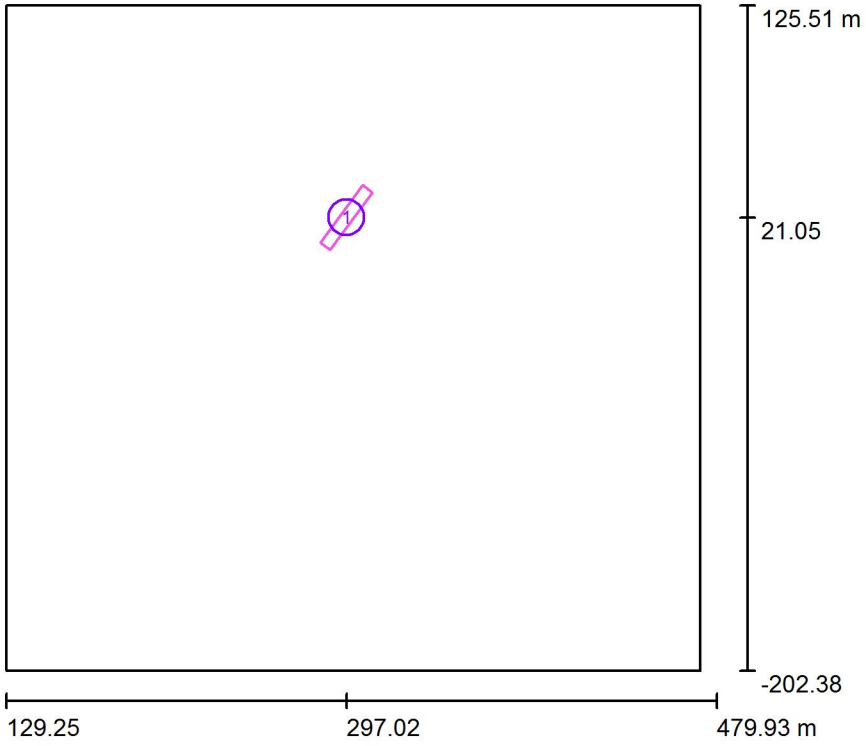
Trama: 32 x 32 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
50	30	76	0.606	0.398

04.03.2015

Proyecto elaborado por Luis Nebot Pitarch
Teléfono
Fax
e-Mail lnebotpitarch@gmail.com

Escena 2. Luminaria B. / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 3731

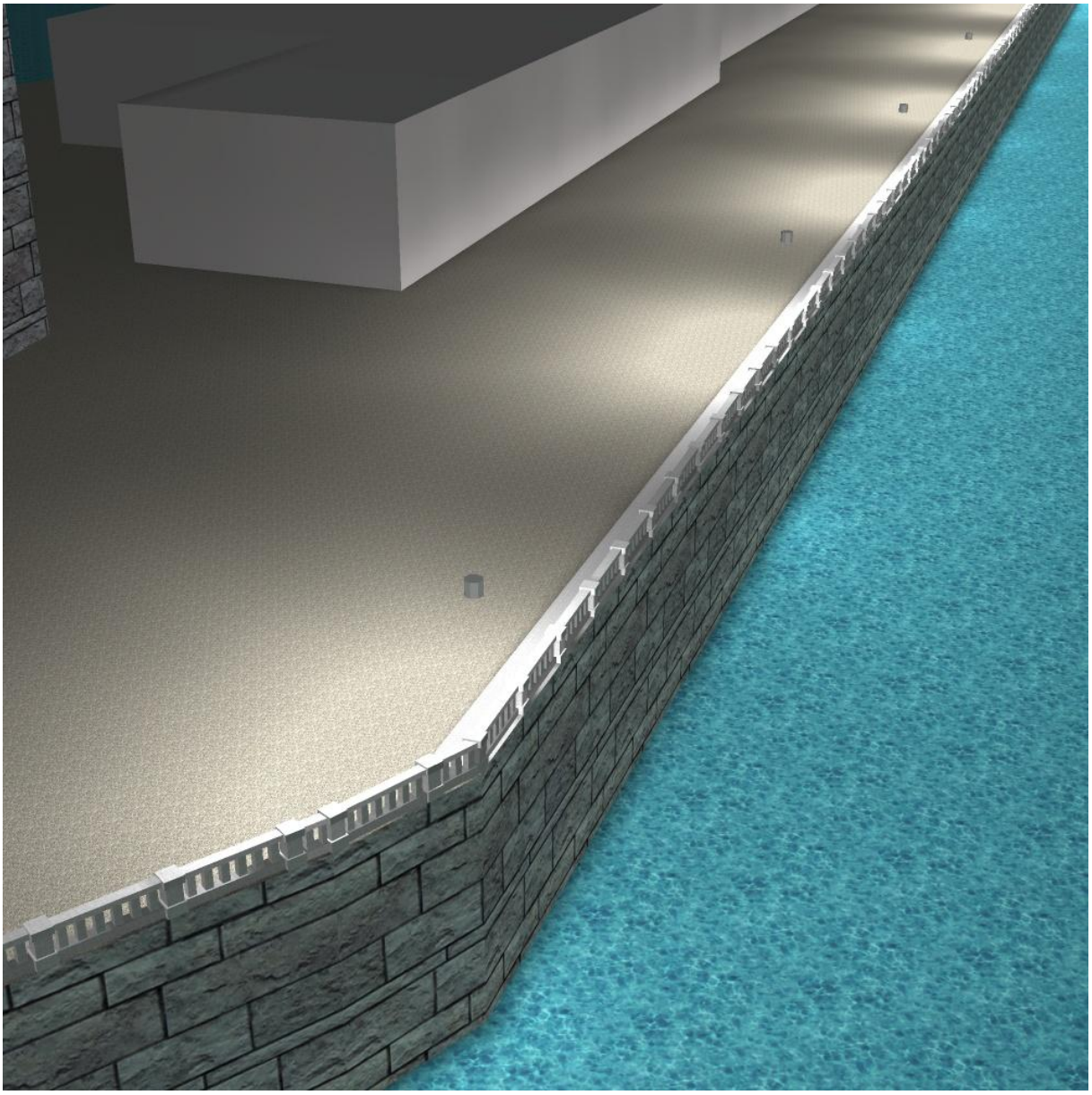
Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	Zona 7	perpendicular	128 x 64	13	2.40	54	0.183	0.045

04.03.2015

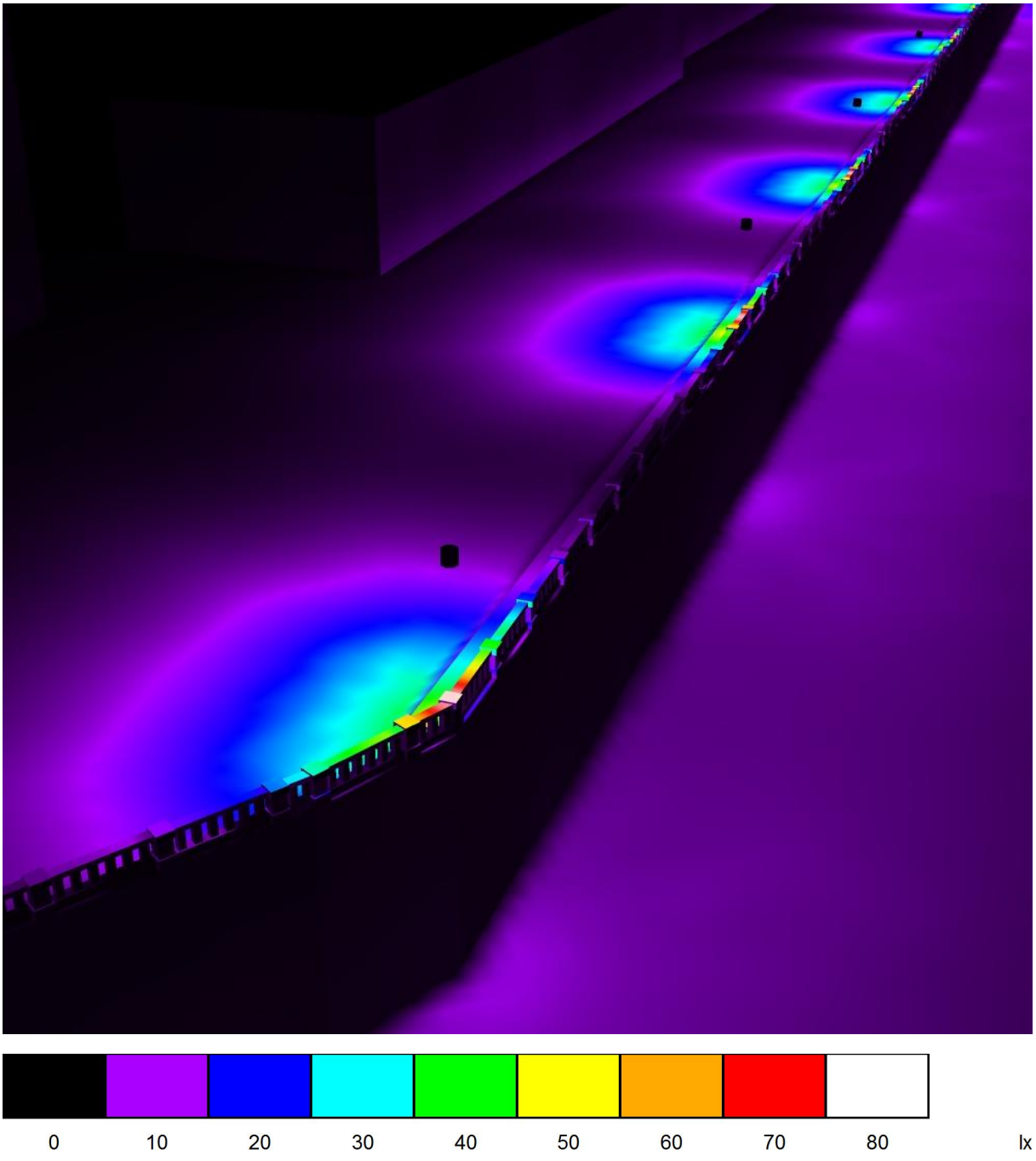
Proyecto elaborado por Luis Nebot Pitarch
Teléfono
Fax
e-Mail lnebotpitarch@gmail.com

Escena 2. Luminaria B. / Rendering (procesado) en 3D



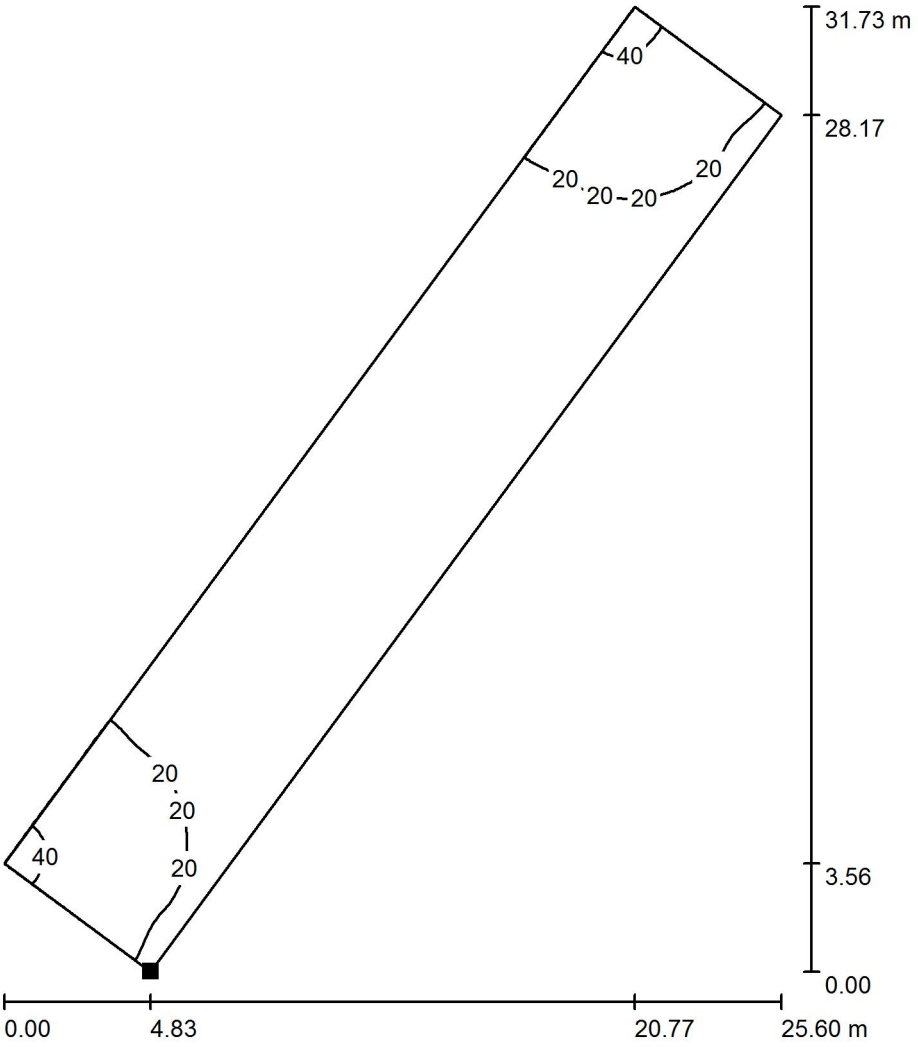
Proyecto elaborado por Luis Nebot Pitarch
Teléfono
Fax
e-Mail lnebotpitarch@gmail.com

Escena 2. Luminaria B. / Rendering (procesado) de colores falsos



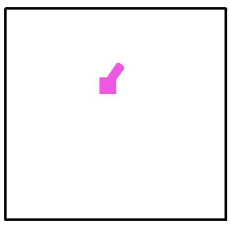
Proyecto elaborado por Luis Nebot Pitarch
Teléfono
Fax
e-Mail lnebotpitarch@gmail.com

Escena 2. Luminaria B. / Zona 7 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 249

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(289.049 m, 5.185 m, 8.100 m)

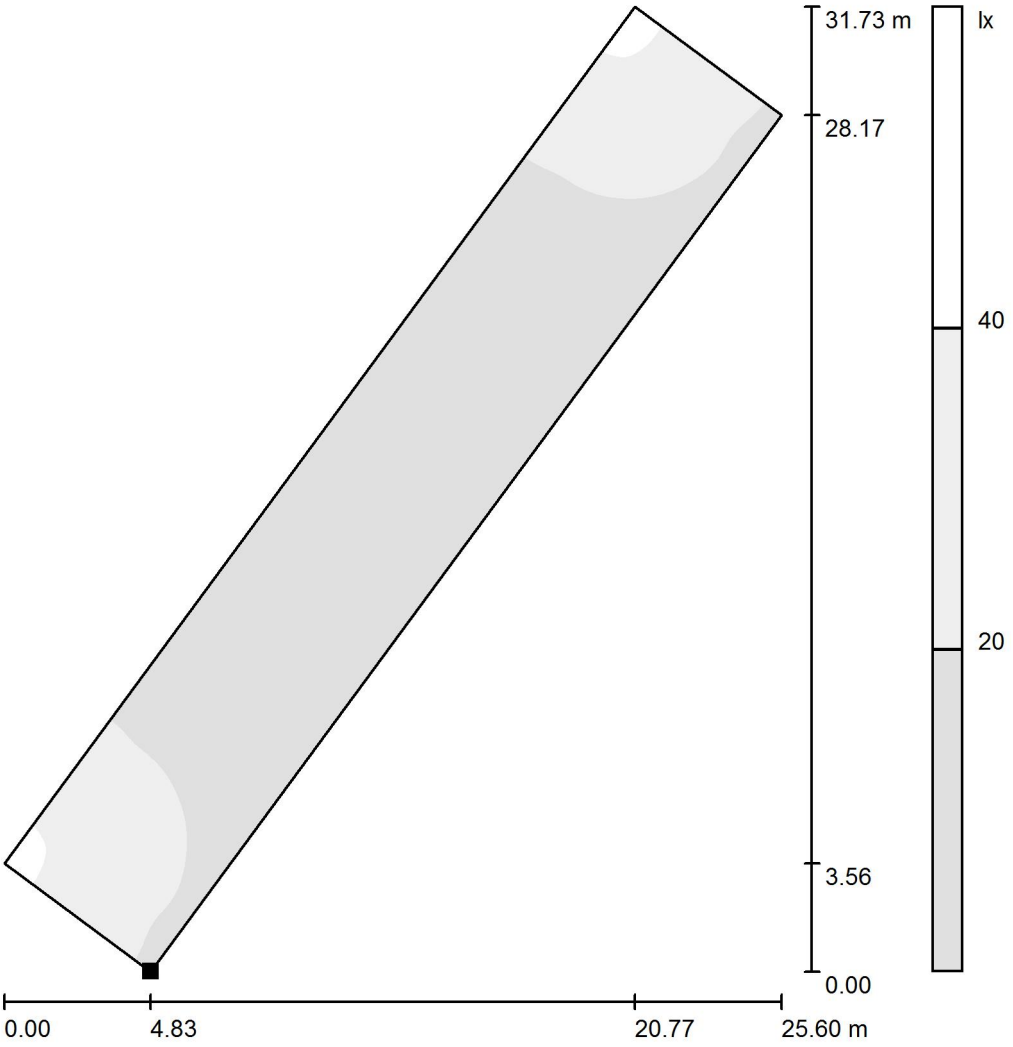


Trama: 128 x 64 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
13	2.40	54	0.183	0.045

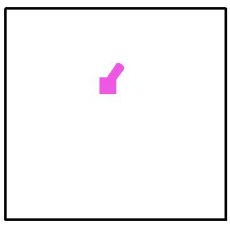
Proyecto elaborado por Luis Nebot Pitarch
Teléfono
Fax
e-Mail lnebotpitarch@gmail.com

Escena 2. Luminaria B. / Zona 7 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 249

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(289.049 m, 5.185 m, 8.100 m)



Trama: 128 x 64 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
13	2.40	54	0.183	0.045

Proyecto 1

Autor: Luis Nebot Pitarch:
Tutor: Xavier Núñez Nieto:

Fecha: 04.03.2015
Proyecto elaborado por: Luis Nebot Pitarch

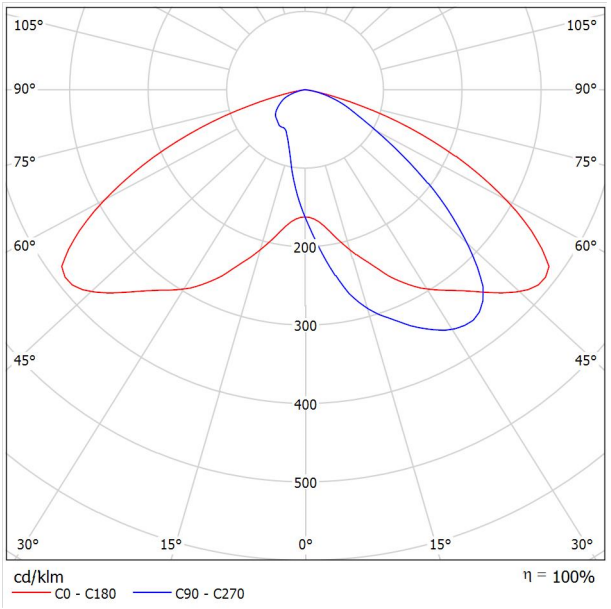
01.03.2015

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

LAMP 8141573 NIU LED STREET 48 CII / Hoja de datos de luminarias



Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 37 78 98 100 100

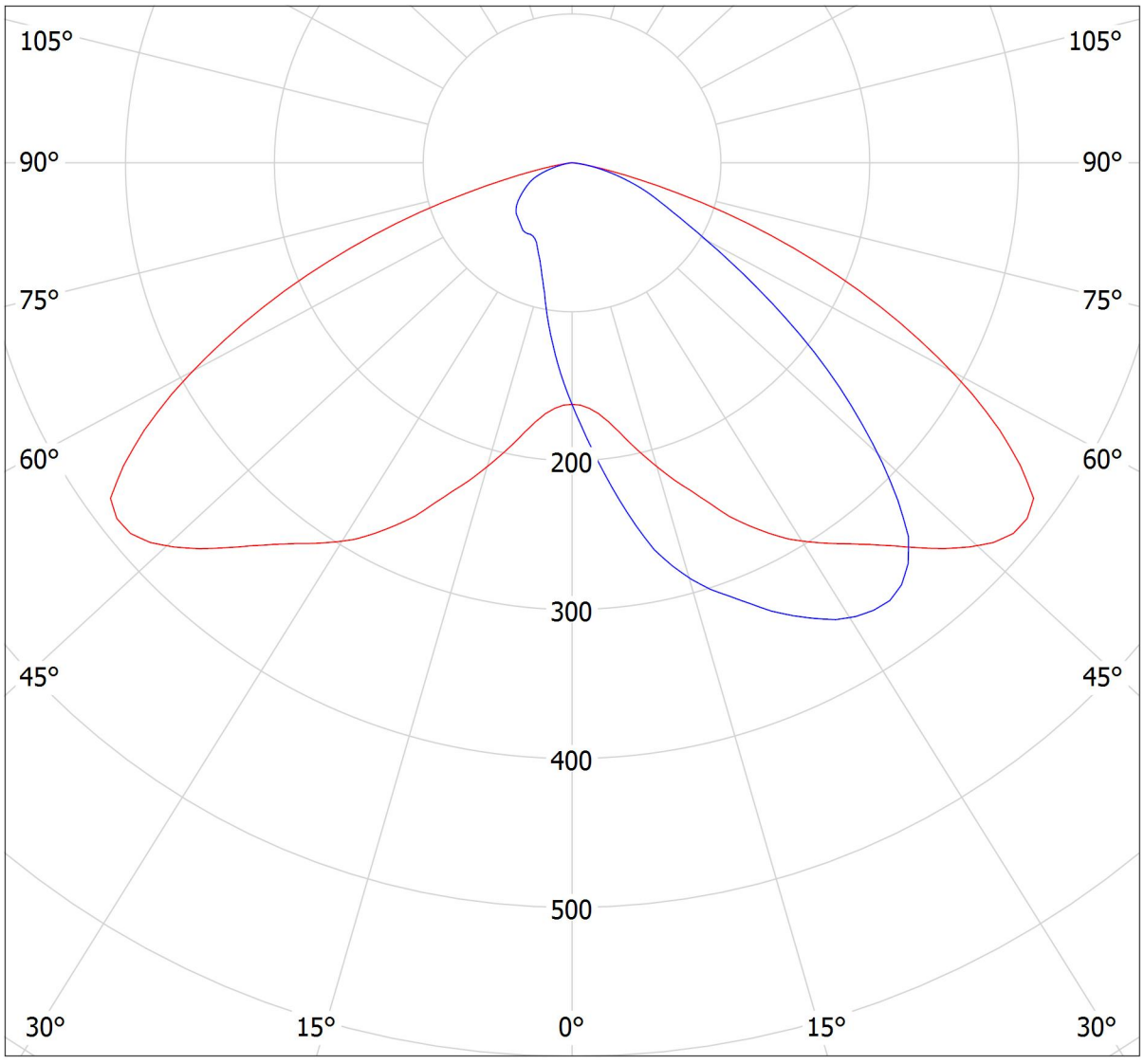
Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

Luminaria urbana para adaptar a columna troncocónica modelo NIU LED de la marca LAMP. Fabricada en inyección de aluminio lacado color gris texturizado y con lentes para una distribución fotométrica vial. Luminaria Clase II y con un IP66. Equipo electrónico incluido. Con 48 LEDs blanco neutro de 104W de potencia.

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

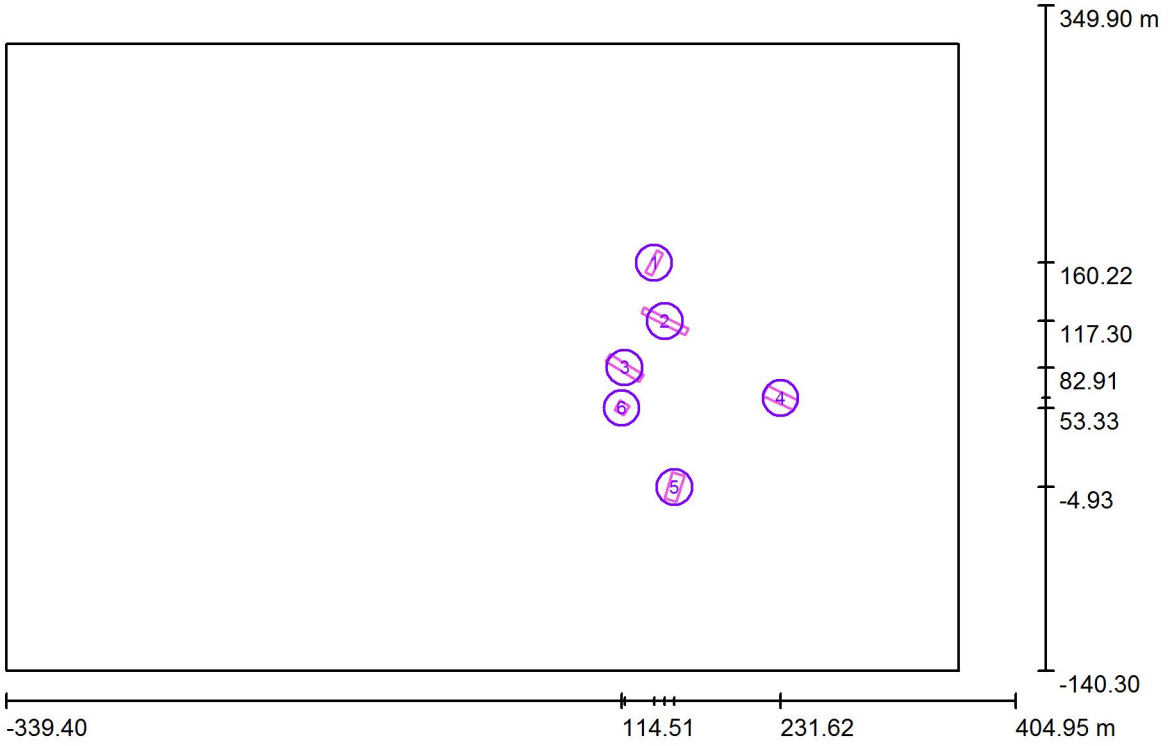
LAMP 8141573 NIU LED STREET 48 CII / CDL (Polar)

Luminaria: LAMP 8141573 NIU LED STREET 48 CII
Lámparas: 1 x LED_NIUVIAL48



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria C. / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 5578

Lista de superficies de cálculo

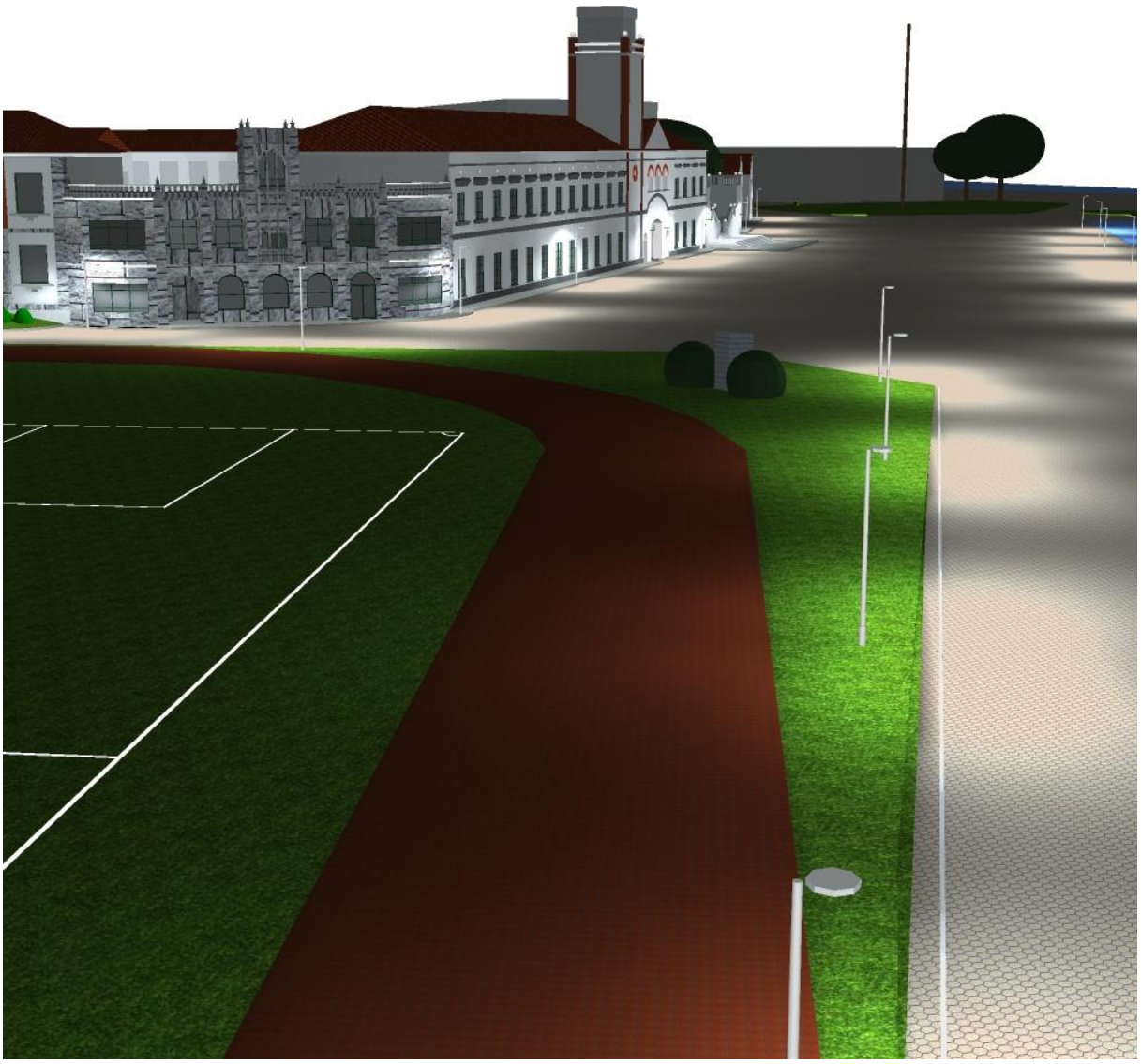
N°	Designación	Tipo	Trama	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	Zona 1	perpendicular	64 x 32	58	29	73	0.497	0.399
2	Zona 2	perpendicular	128 x 32	14	0.45	57	0.031	0.008
3	Zona 3	perpendicular	128 x 32	18	1.67	75	0.092	0.022
4	Zona 4	perpendicular	128 x 64	16	2.38	58	0.145	0.041
5	Zona 5	perpendicular	64 x 32	26	3.75	59	0.144	0.063
6	Zona 6	perpendicular	32 x 32	54	14	88	0.260	0.160

Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
perpendicular	6	25	0.45	88	0.02	0.01

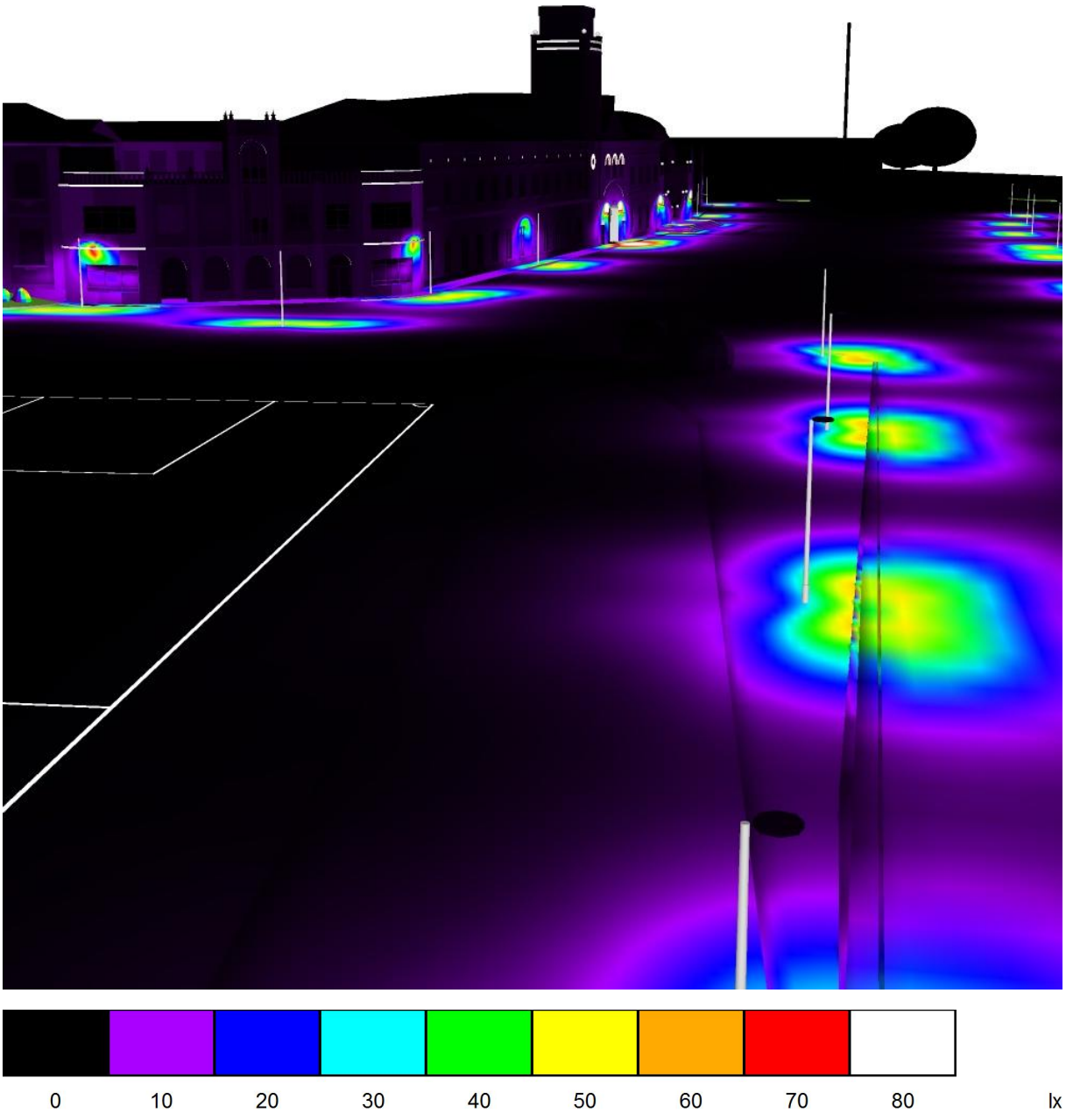
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria C. / Rendering (procesado) en 3D



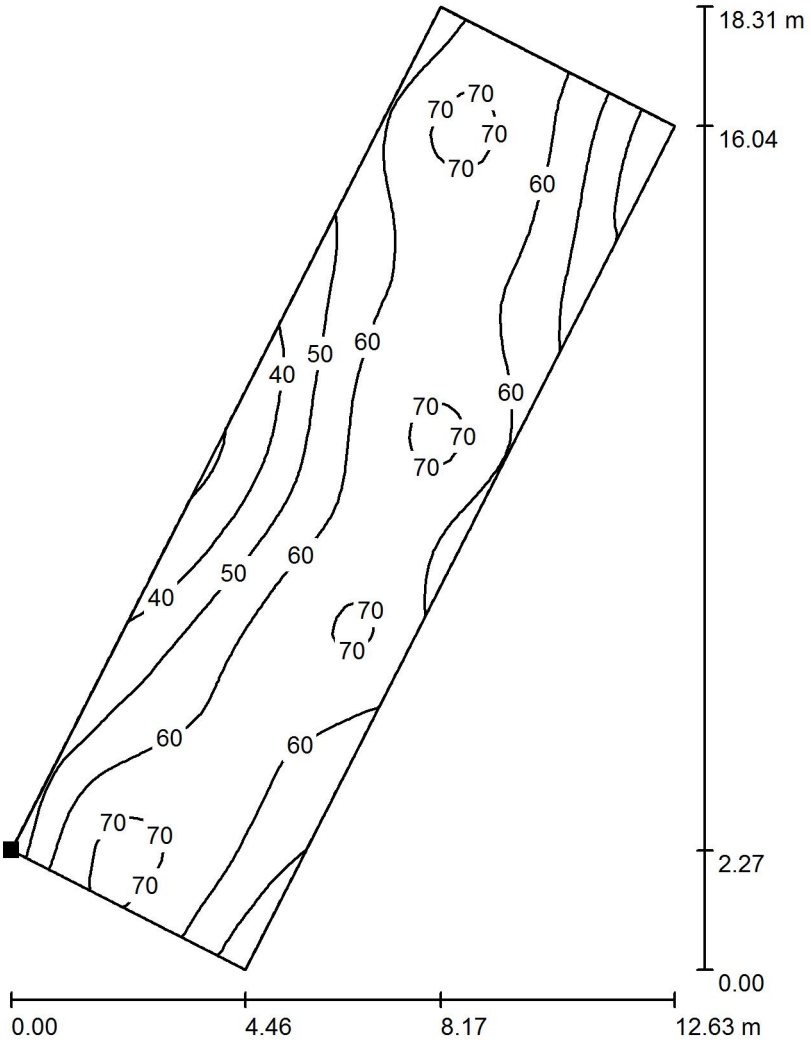
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria C. / Rendering (procesado) de colores falsos



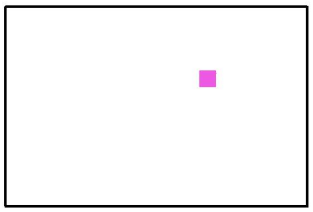
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria C. / Zona 1 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 144

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(132.163 m, 153.335 m, 0.100 m)

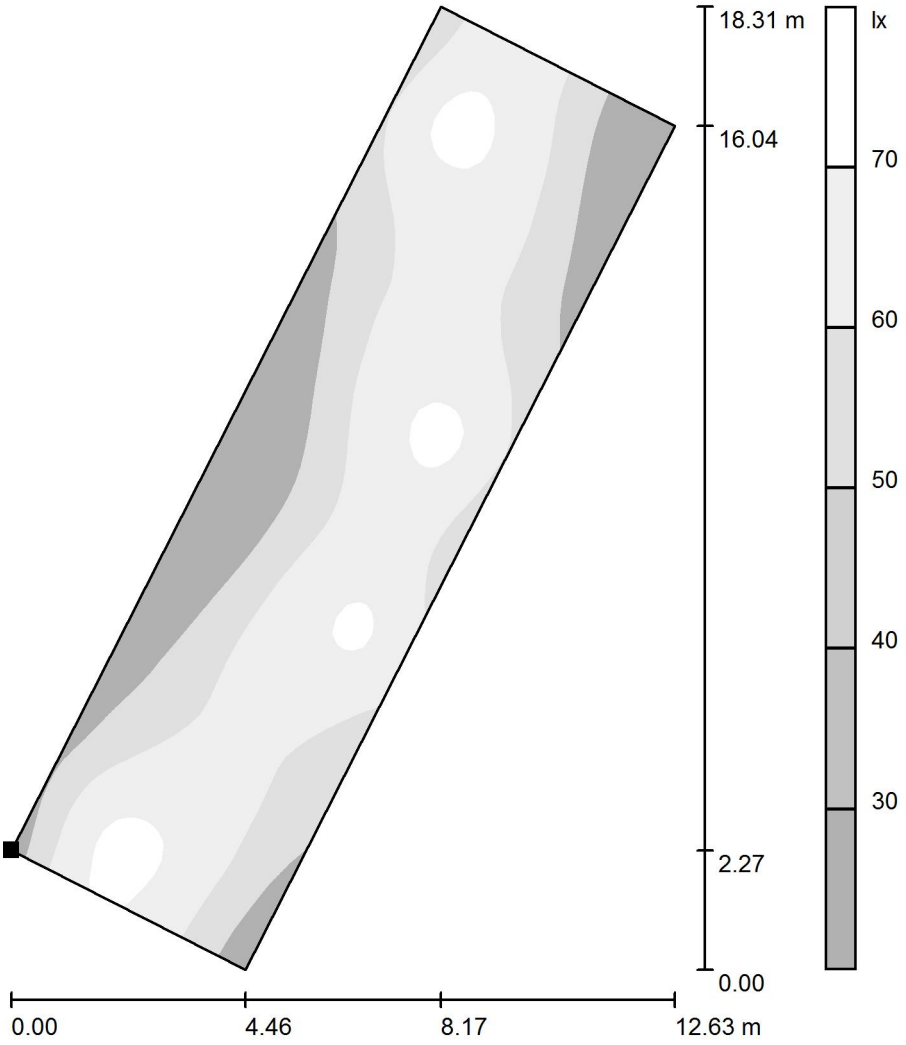


Trama: 64 x 32 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
58	29	73	0.497	0.399

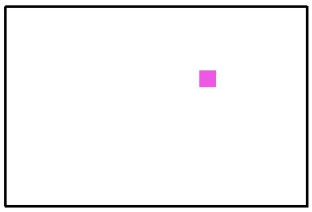
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria C. / Zona 1 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 144

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(132.163 m, 153.335 m, 0.100 m)

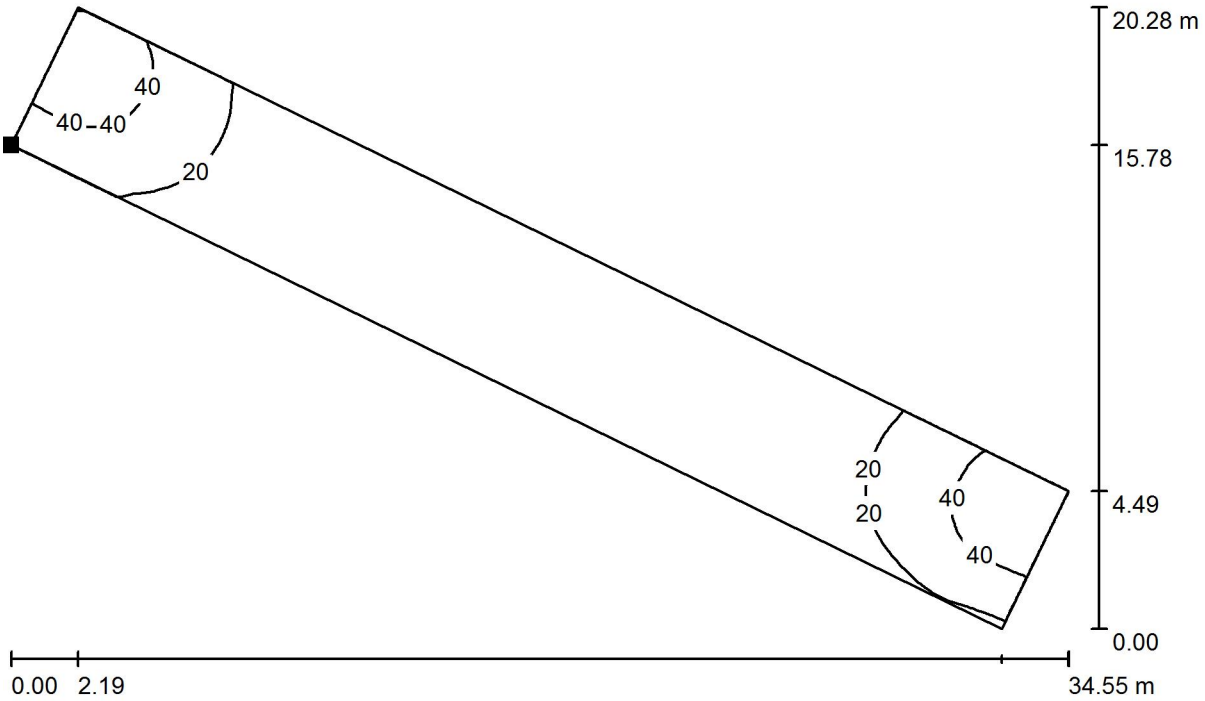


Trama: 64 x 32 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
58	29	73	0.497	0.399

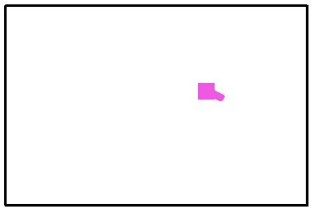
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria C. / Zona 2 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 247

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(128.912 m, 122.939 m, 0.100 m)

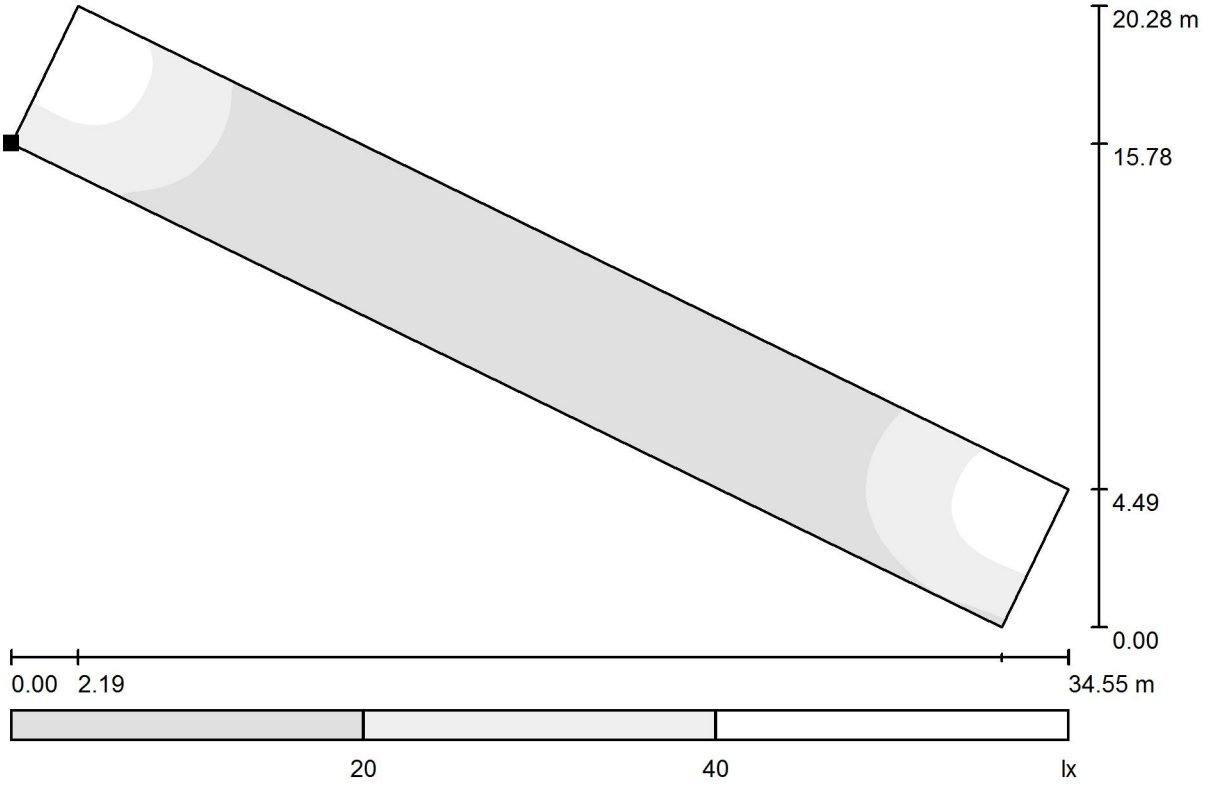


Trama: 128 x 32 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
14	0.45	57	0.031	0.008

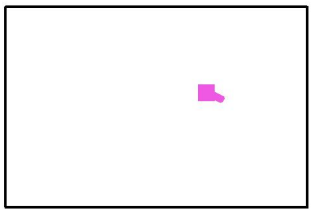
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria C. / Zona 2 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 247

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(128.912 m, 122.939 m, 0.100 m)

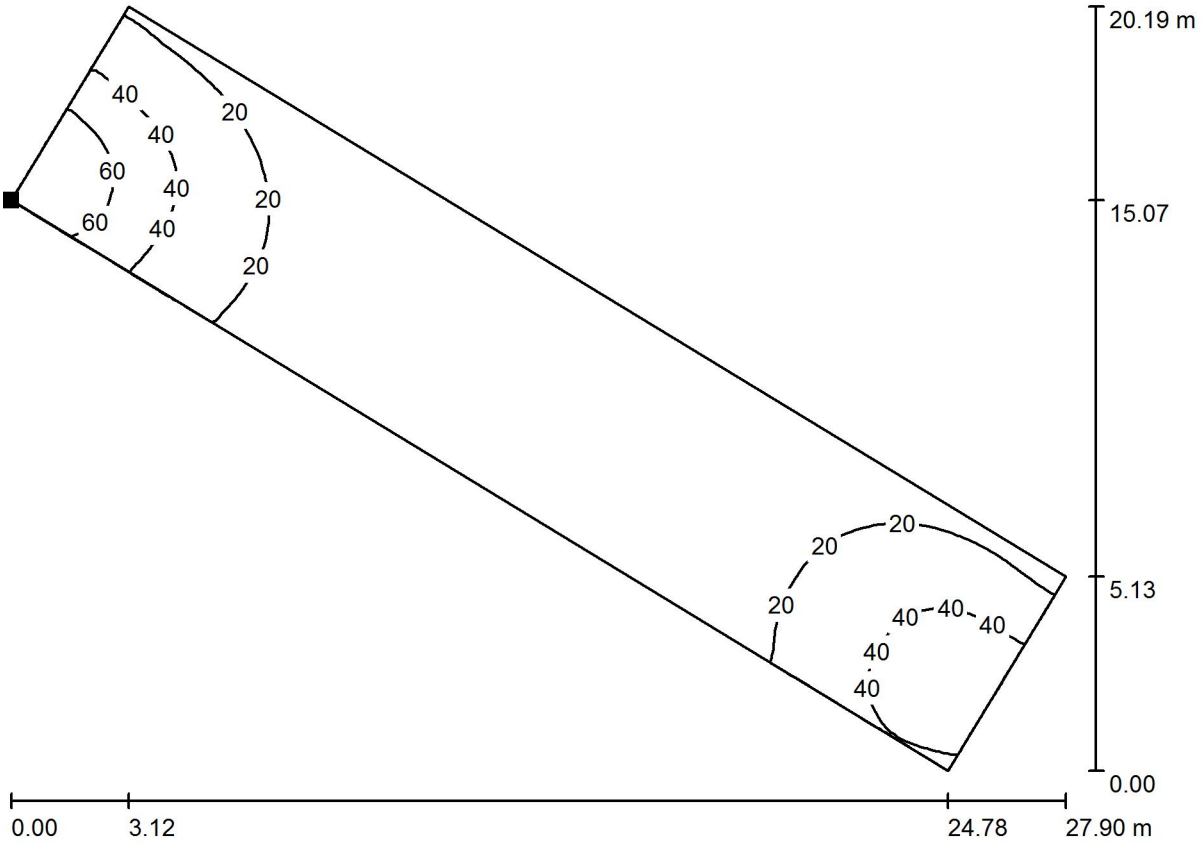


Trama: 128 x 32 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
14	0.45	57	0.031	0.008

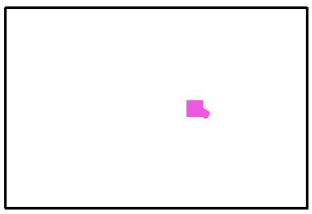
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria C. / Zona 3 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 200

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(102.650 m, 87.884 m, 0.160 m)

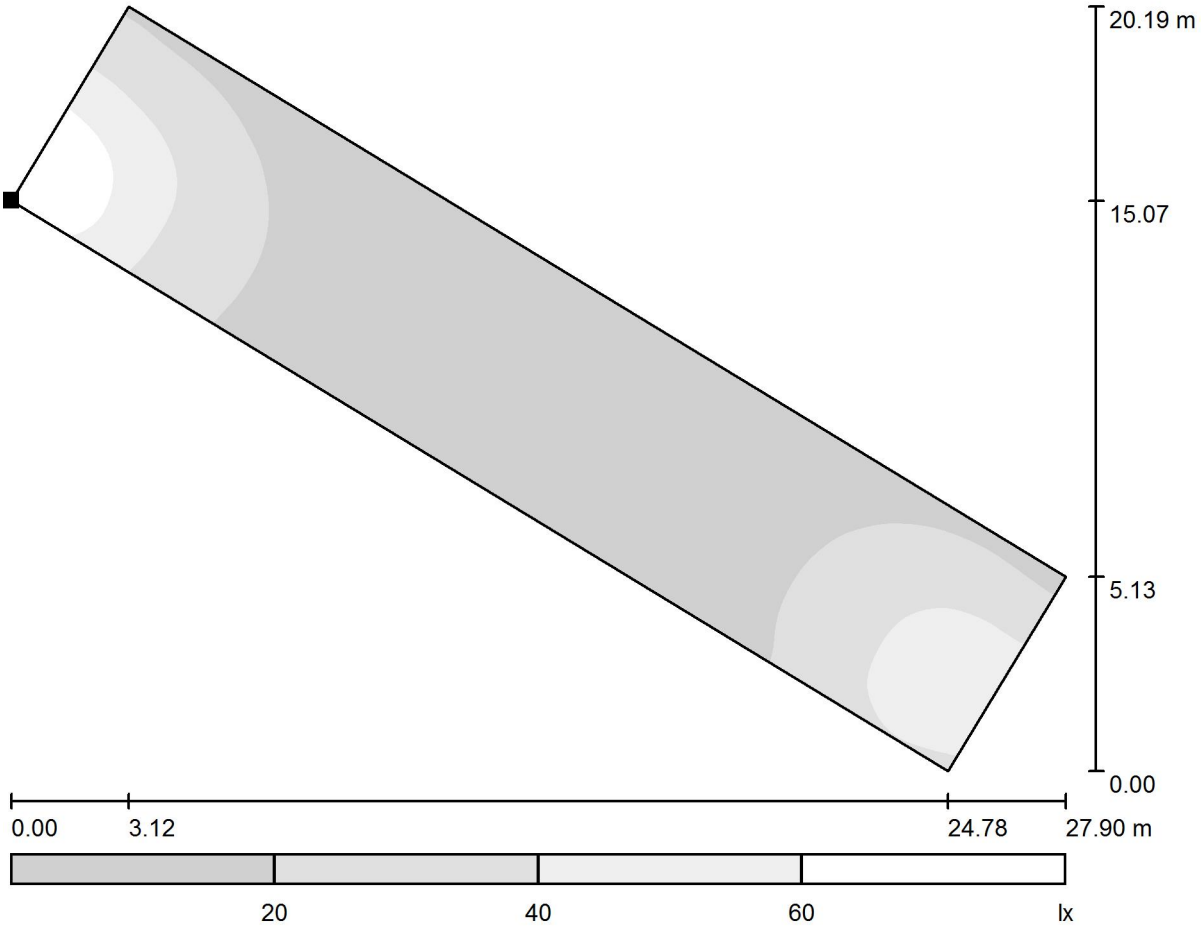


Trama: 128 x 32 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
18	1.67	75	0.092	0.022

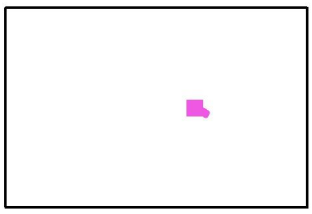
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria C. / Zona 3 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 200

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(102.650 m, 87.884 m, 0.160 m)

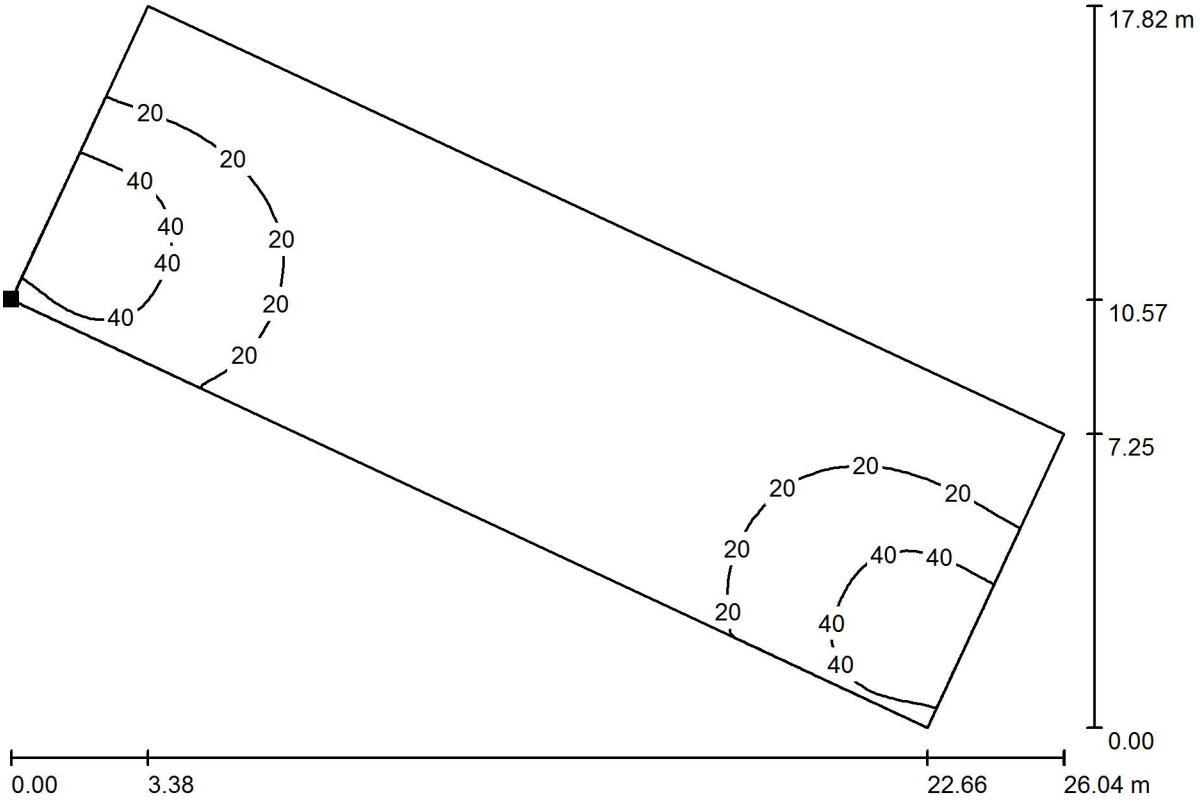


Trama: 128 x 32 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
18	1.67	75	0.092	0.022

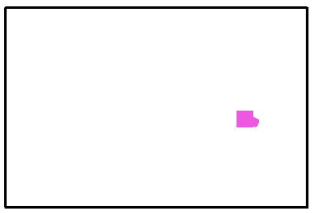
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria C. / Zona 4 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 187

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(218.598 m, 62.276 m, 0.160 m)

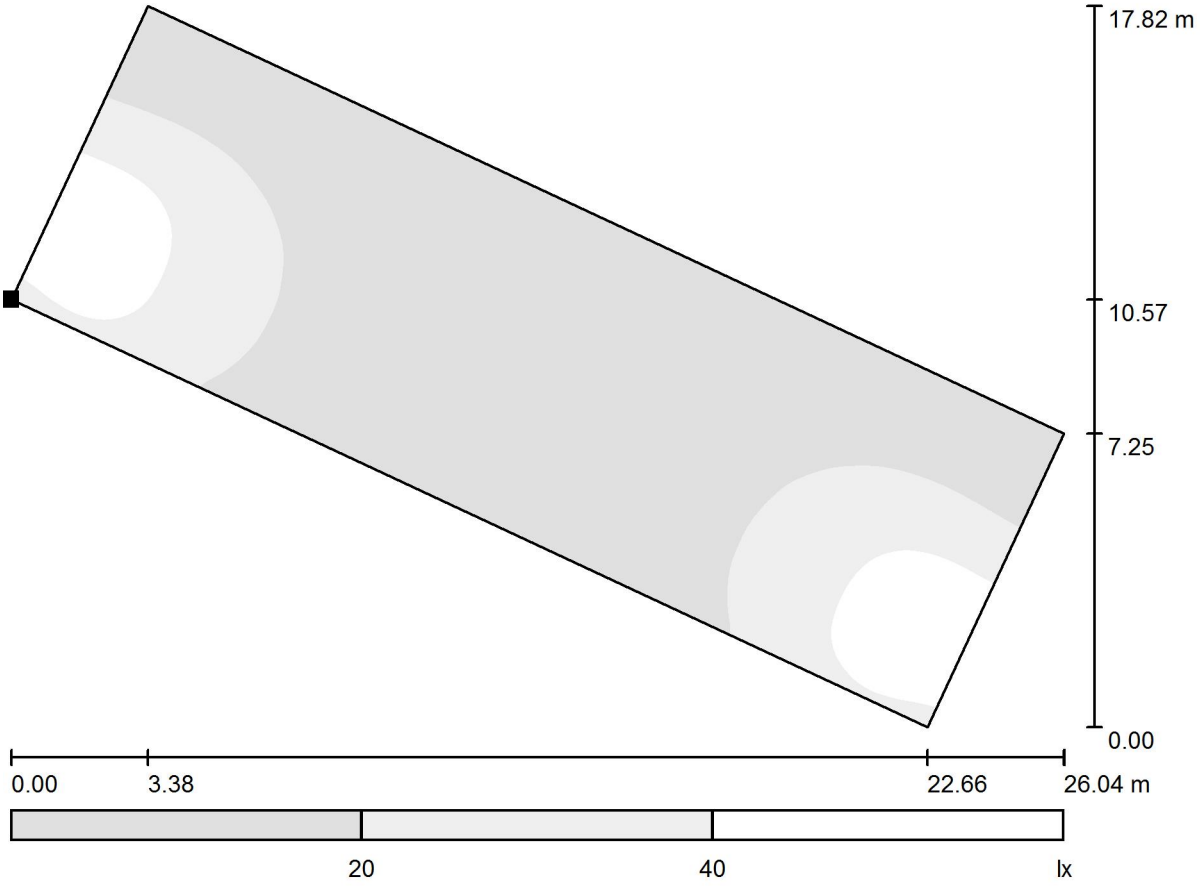


Trama: 128 x 64 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
16	2.38	58	0.145	0.041

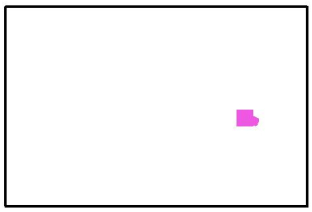
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria C. / Zona 4 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 187

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(218.598 m, 62.276 m, 0.160 m)

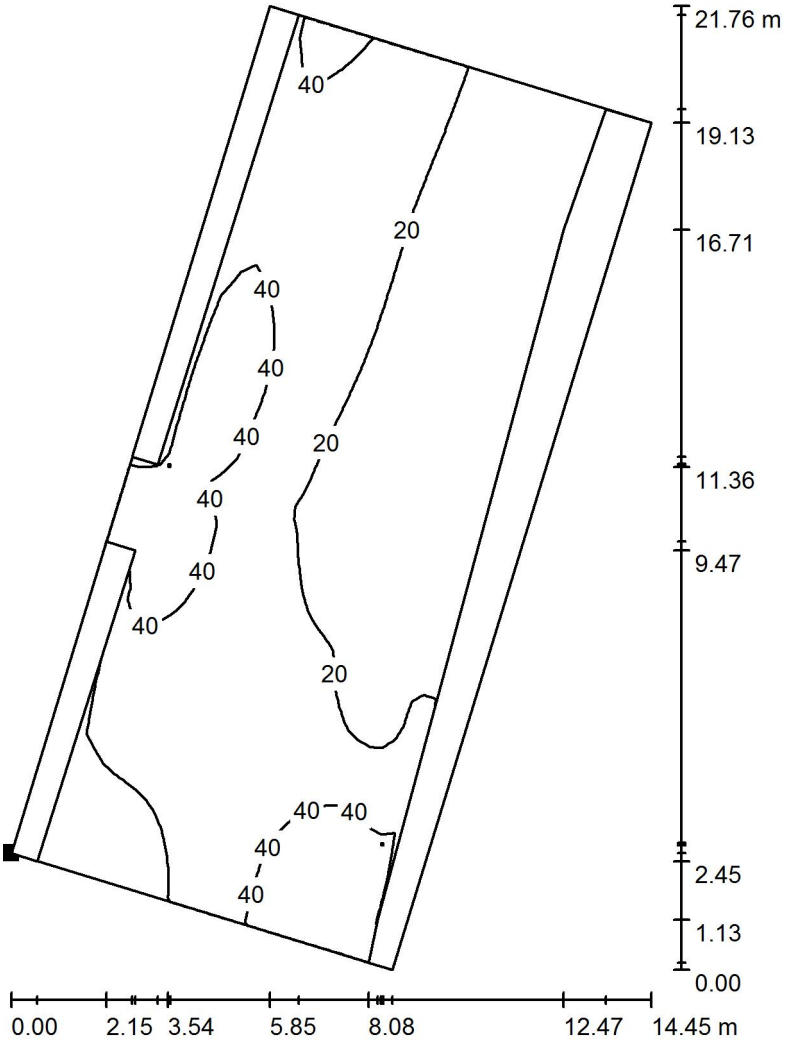


Trama: 128 x 64 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
16	2.38	58	0.145	0.041

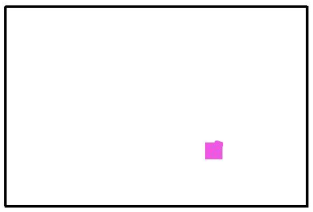
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria C. / Zona 5 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 171

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(146.126 m, -13.179 m, 0.150 m)

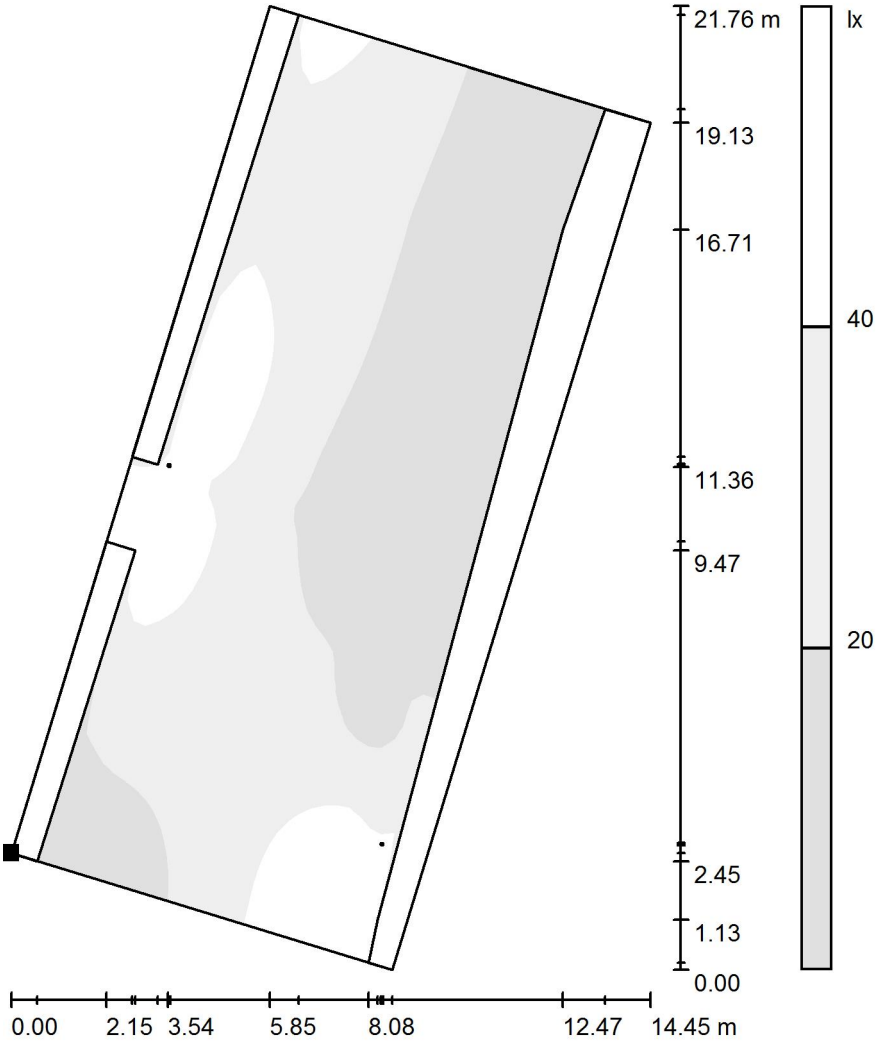


Trama: 64 x 32 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
26	3.75	59	0.144	0.063

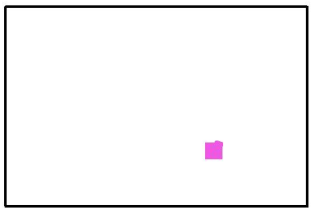
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria C. / Zona 5 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 171

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(146.126 m, -13.179 m, 0.150 m)

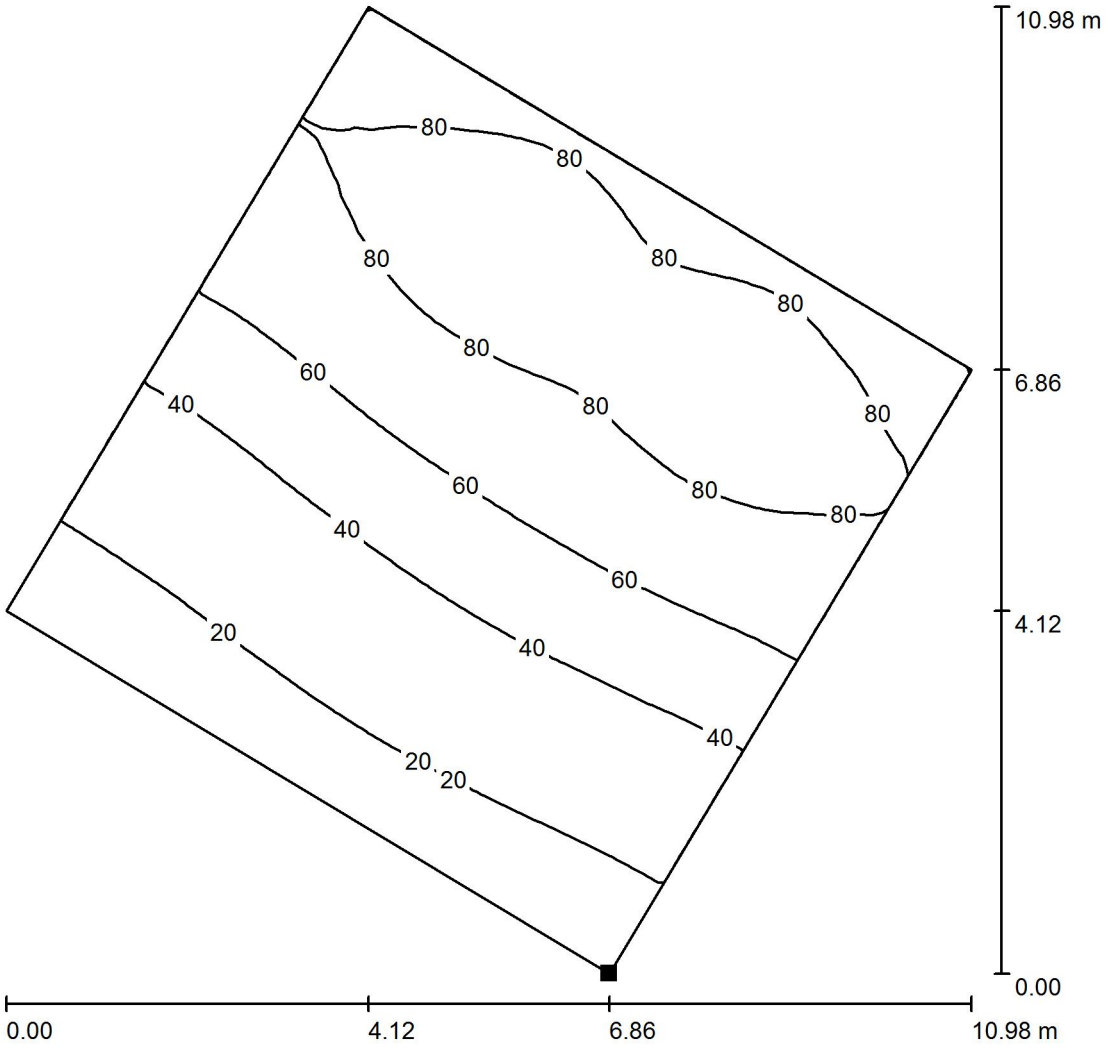


Trama: 64 x 32 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
26	3.75	59	0.144	0.063

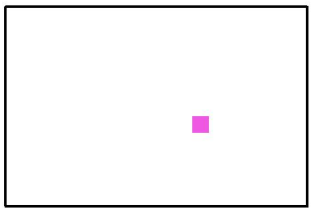
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria C. / Zona 6 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 86

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(115.883 m, 47.837 m, 0.100 m)

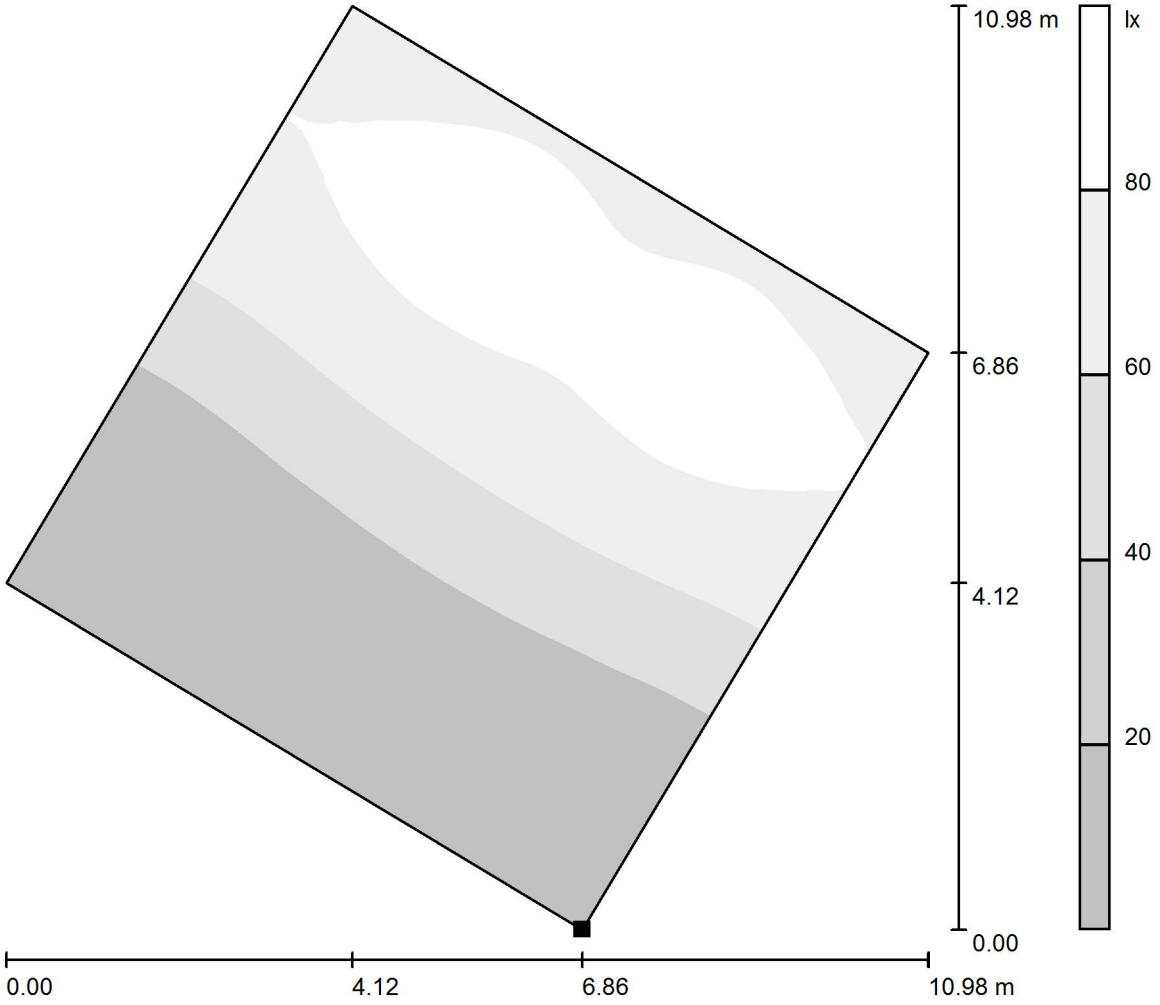


Trama: 32 x 32 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
54	14	88	0.260	0.160

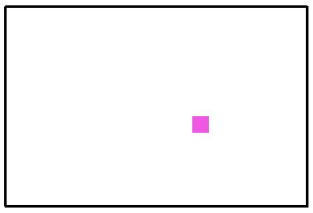
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Luminaria C. / Zona 6 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 90

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(115.883 m, 47.837 m, 0.100 m)



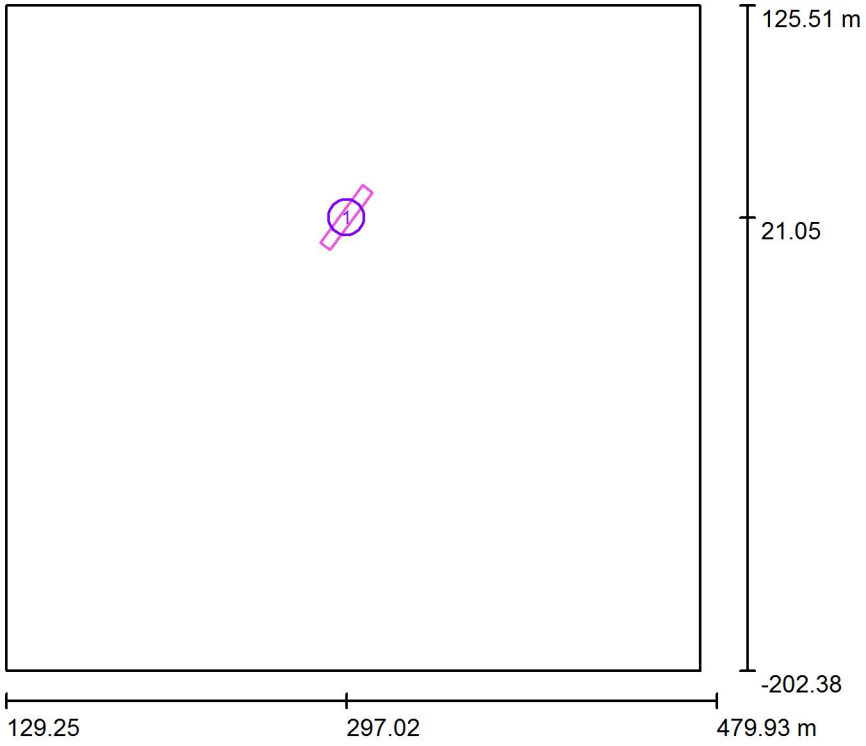
Trama: 32 x 32 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
54	14	88	0.260	0.160

04.03.2015

Proyecto elaborado por Luis Nebot Pitarch
Teléfono
Fax
e-Mail lnebotpitarch@gmail.com

Escena 2. Luminaria C. / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 3731

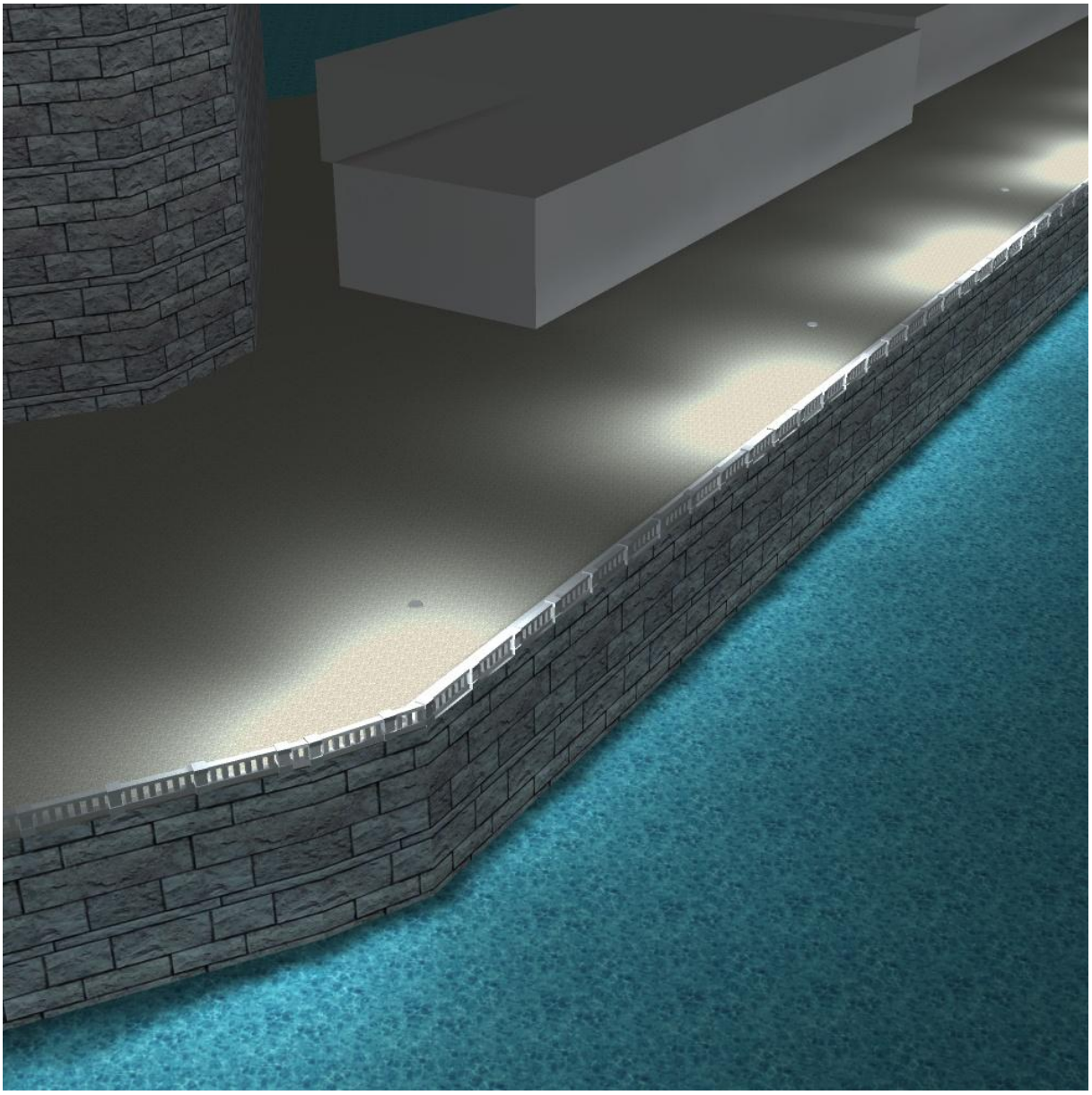
Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	Zona 7	perpendicular	128 x 64	18	0.78	66	0.044	0.012

04.03.2015

Proyecto elaborado por Luis Nebot Pitarch
Teléfono
Fax
e-Mail lnebotpitarch@gmail.com

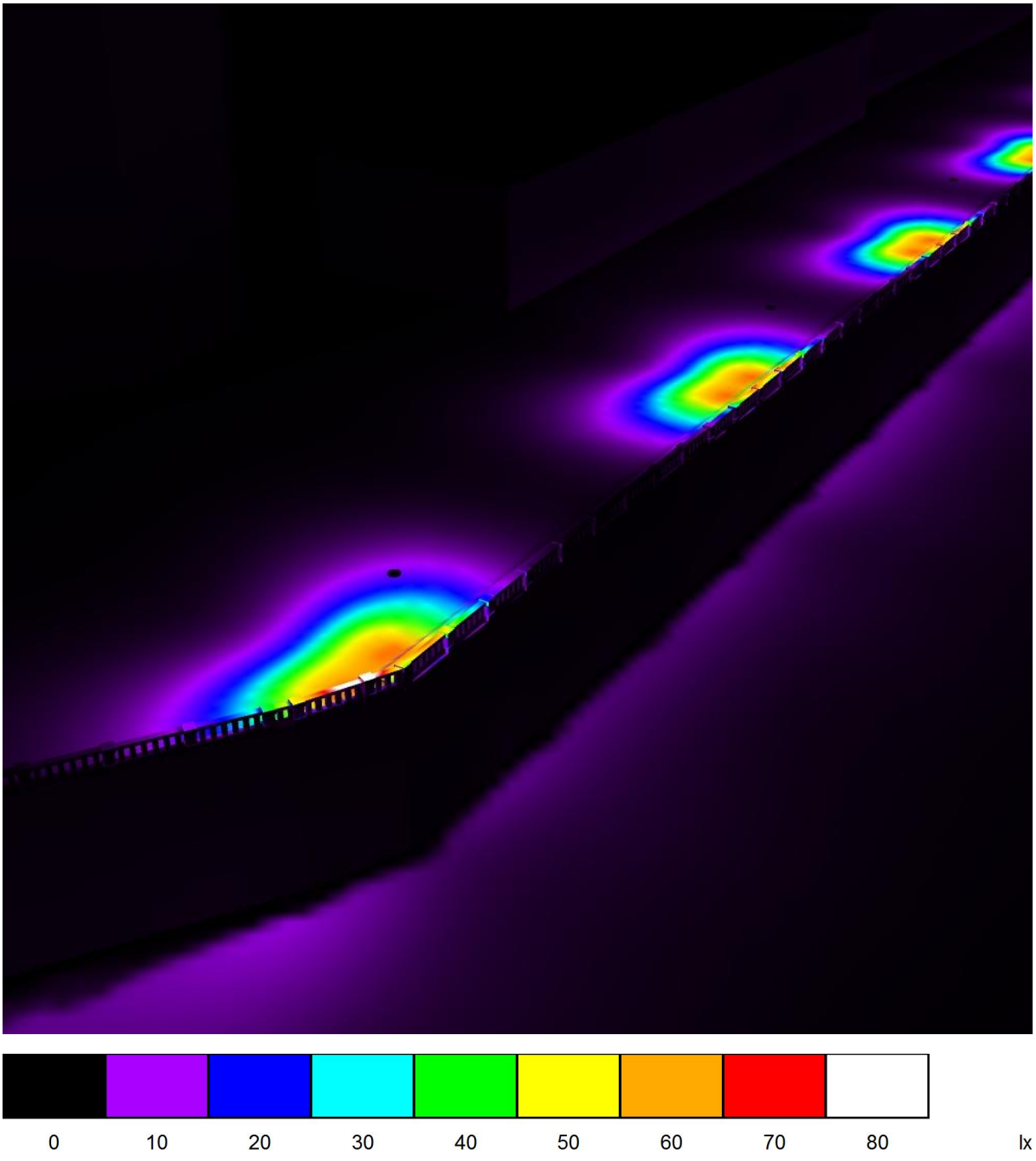
Escena 2. Luminaria C. / Rendering (procesado) en 3D



04.03.2015

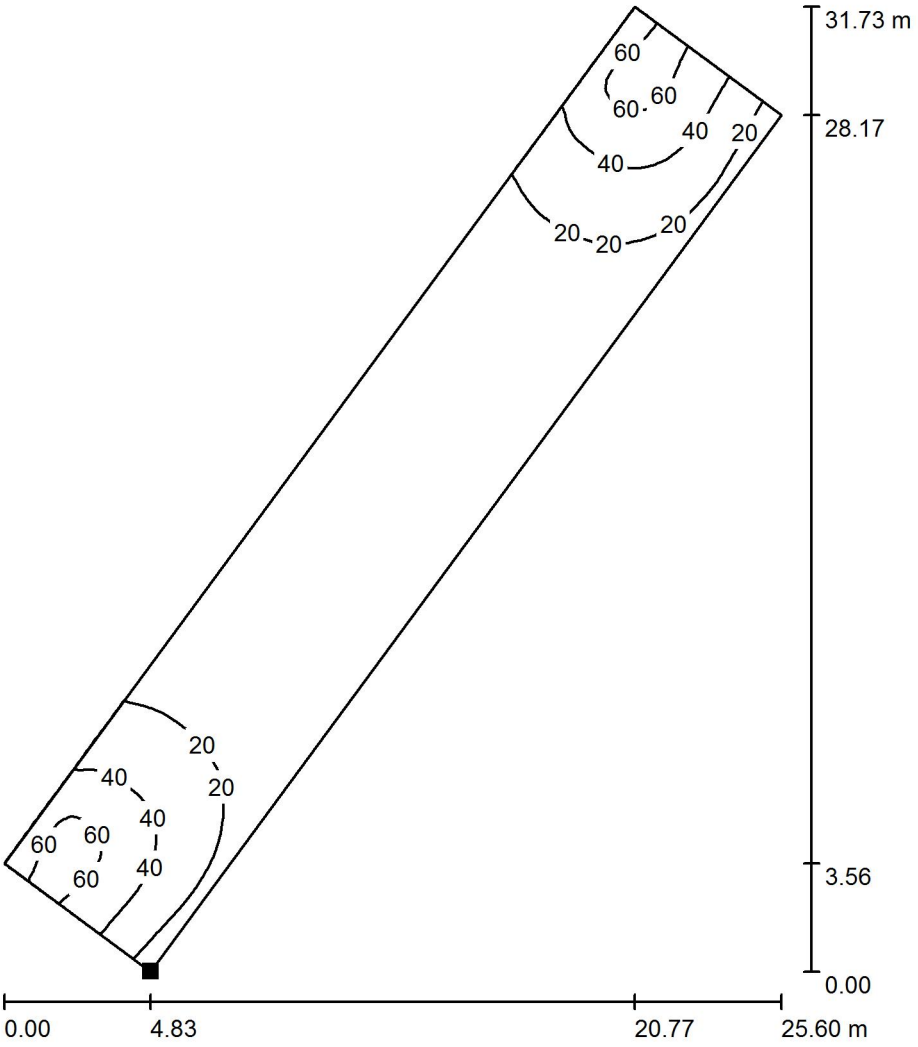
Proyecto elaborado por Luis Nebot Pitarch
Teléfono
Fax
e-Mail lnebotpitarch@gmail.com

Escena 2. Luminaria C. / Rendering (procesado) de colores falsos



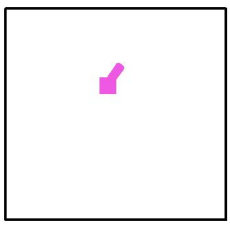
Proyecto elaborado por Luis Nebot Pitarch
Teléfono
Fax
e-Mail lnebotpitarch@gmail.com

Escena 2. Luminaria C. / Zona 7 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 249

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(289.049 m, 5.185 m, 8.100 m)



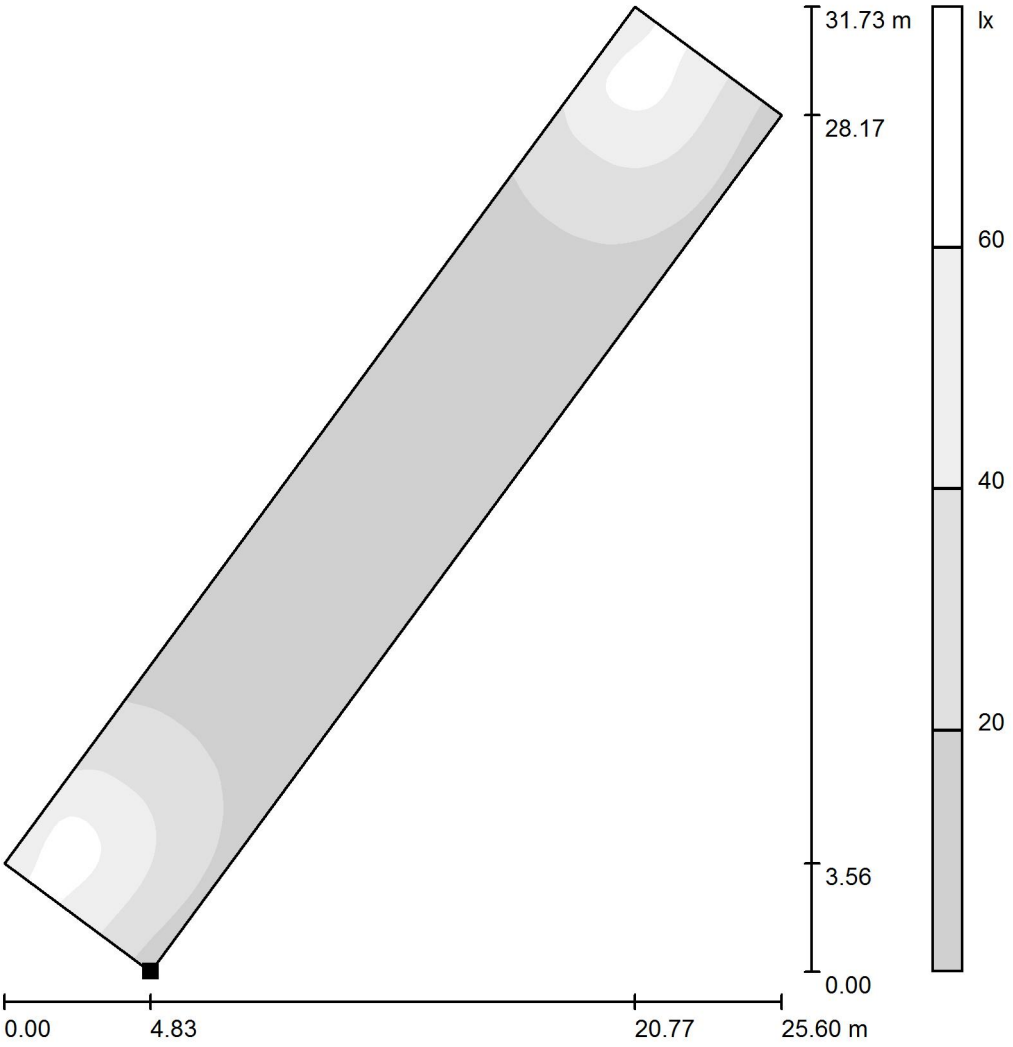
Trama: 128 x 64 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
18	0.78	66	0.044	0.012

04.03.2015

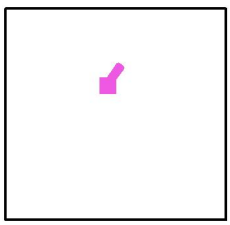
Proyecto elaborado por Luis Nebot Pitarch
Teléfono
Fax
e-Mail lnebotpitarch@gmail.com

Escena 2. Luminaria C. / Zona 7 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 249

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(289.049 m, 5.185 m, 8.100 m)



Trama: 128 x 64 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
18	0.78	66	0.044	0.012

ANEXO III: DOCUMENTACIÓN GENERADA POR DIALUX PARA SIMULACIÓN CON DISTRIBUCIÓN ÓPTIMA

El presente anexo recoge todos los documentos generados por el software de iluminación, referentes a la simulación siguiendo la distribución óptima, que muestran detalladamente los datos de cada zona de cálculo y los resultados obtenidos. En primer lugar aparece la descripción de la luminaria que proporciona el programa, seguido de la distribución de zonas en la escena con un resumen de datos. Finalmente se incluyen los datos pormenorizados de cada zona de cálculo. La distribución de la escena y los datos pormenorizados aparecen para las dos escenas incluidas en el proyecto.

Proyecto 1

Autor: Luis Nebot Pitarch:
Tutor: Xavier Núñez Nieto:

Fecha: 04.03.2015
Proyecto elaborado por: Luis Nebot Pitarch

01.03.2015

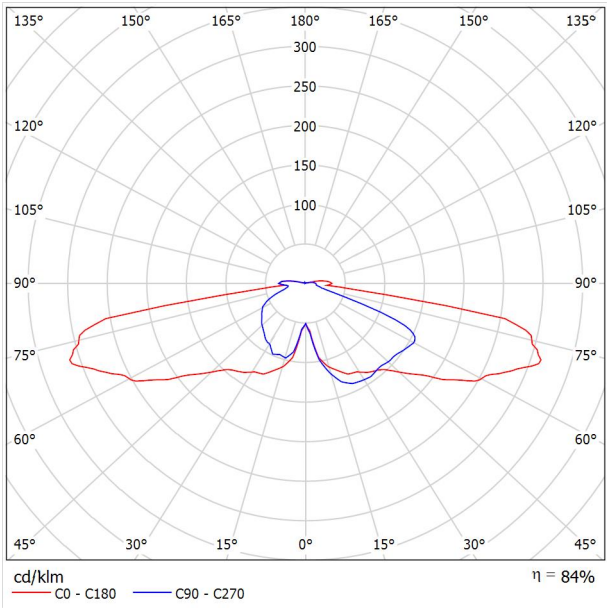
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

PHILIPS BDS670 1xGRN50-2S/740 MDV / Hoja de datos de luminarias



Clasificación luminarias según CIE: 95
Código CIE Flux: 24 53 88 95 84

Emisión de luz 1:

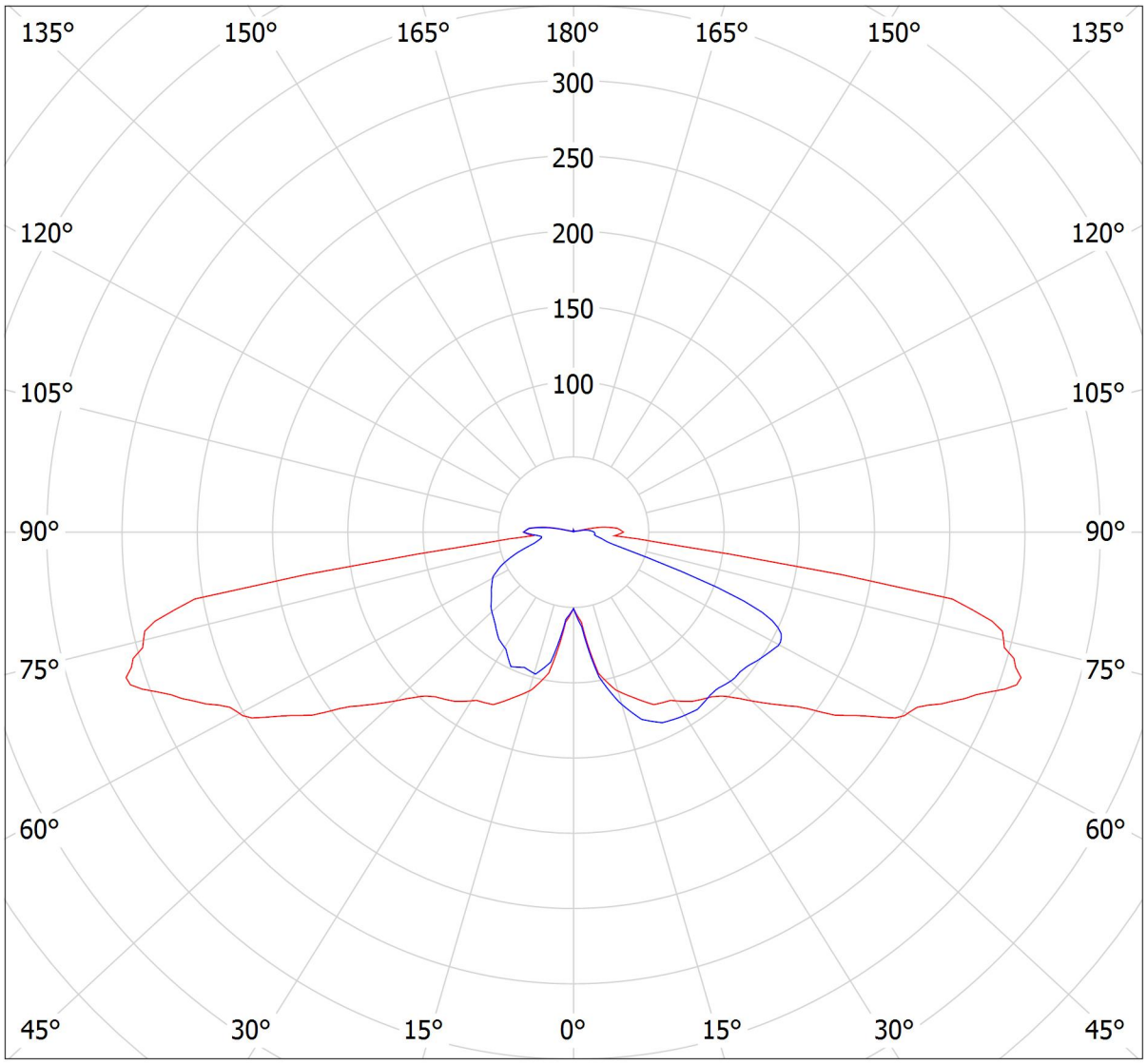


Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

PHILIPS BDS670 1xGRN50-2S/740 MDV / CDL (Polar)

Luminaria: PHILIPS BDS670 1xGRN50-2S/740 MDV
Lámparas: 1 x GRN50-2S/740



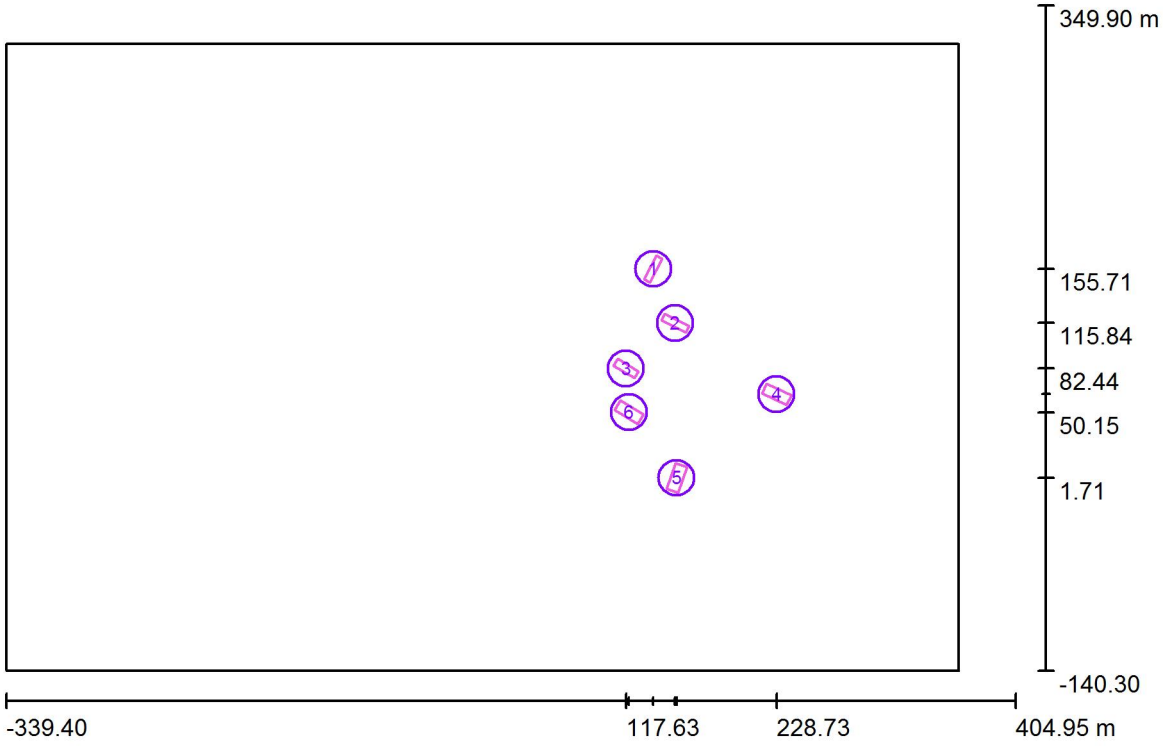
cd/klm

η = 84%

C0 - C180 C90 - C270

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Distribución óptima. / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 5578

Lista de superficies de cálculo

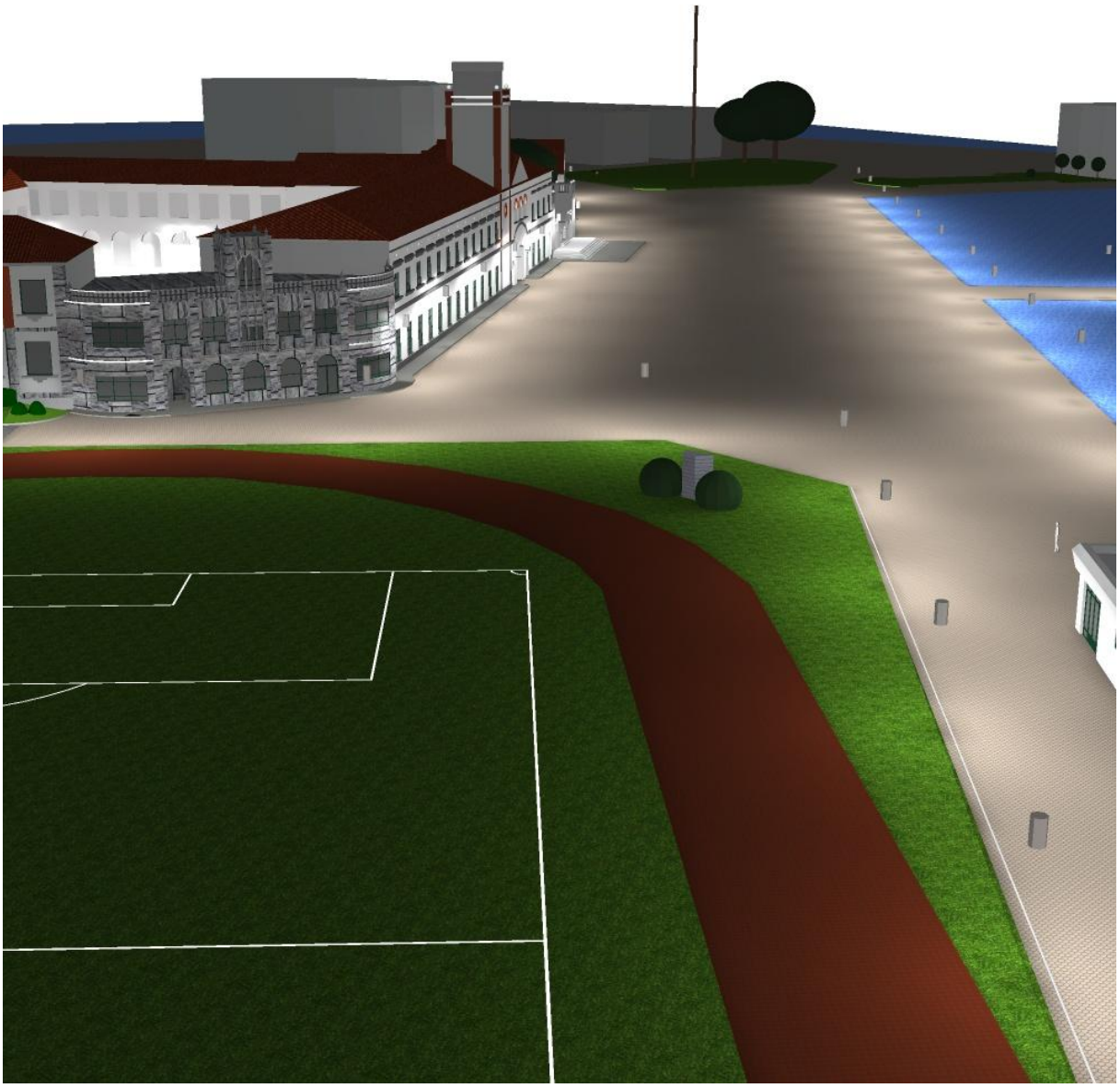
N°	Designación	Tipo	Trama	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	Zona 1	perpendicular	16 x 64	10	7.80	15	0.751	0.508
2	Zona 2	perpendicular	64 x 16	11	8.27	16	0.759	0.522
3	Zona 3	perpendicular	32 x 16	12	9.30	18	0.746	0.523
4	Zona 4	perpendicular	64 x 32	9.94	5.98	16	0.602	0.369
5	Zona 5	perpendicular	64 x 32	9.41	4.22	16	0.449	0.267
6	Zona 6	perpendicular	64 x 32	10	6.12	16	0.595	0.376

Resumen de los resultados

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
perpendicular	6	10	4.22	18	0.40	0.24

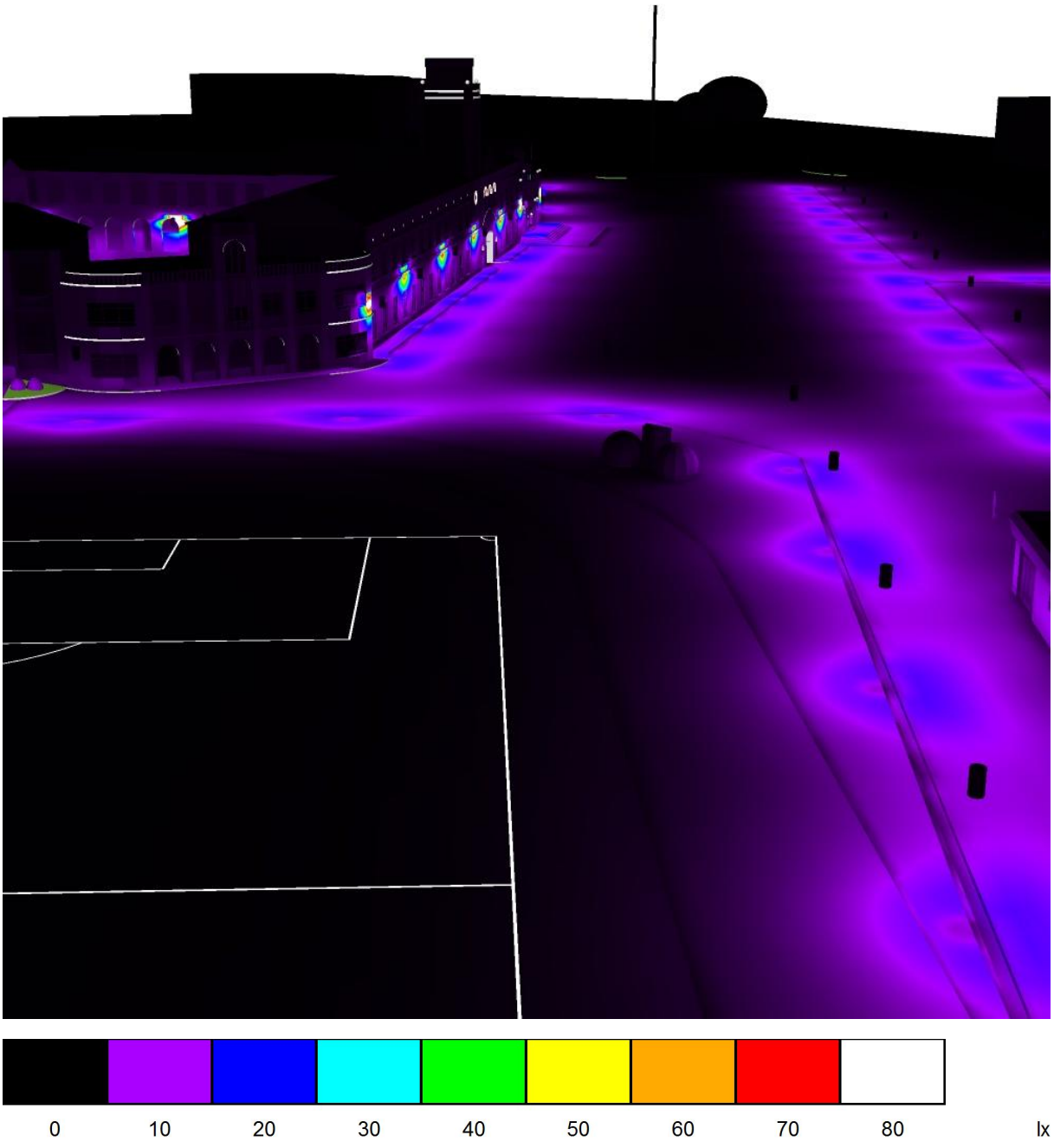
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Distribución óptima. / Rendering (procesado) en 3D



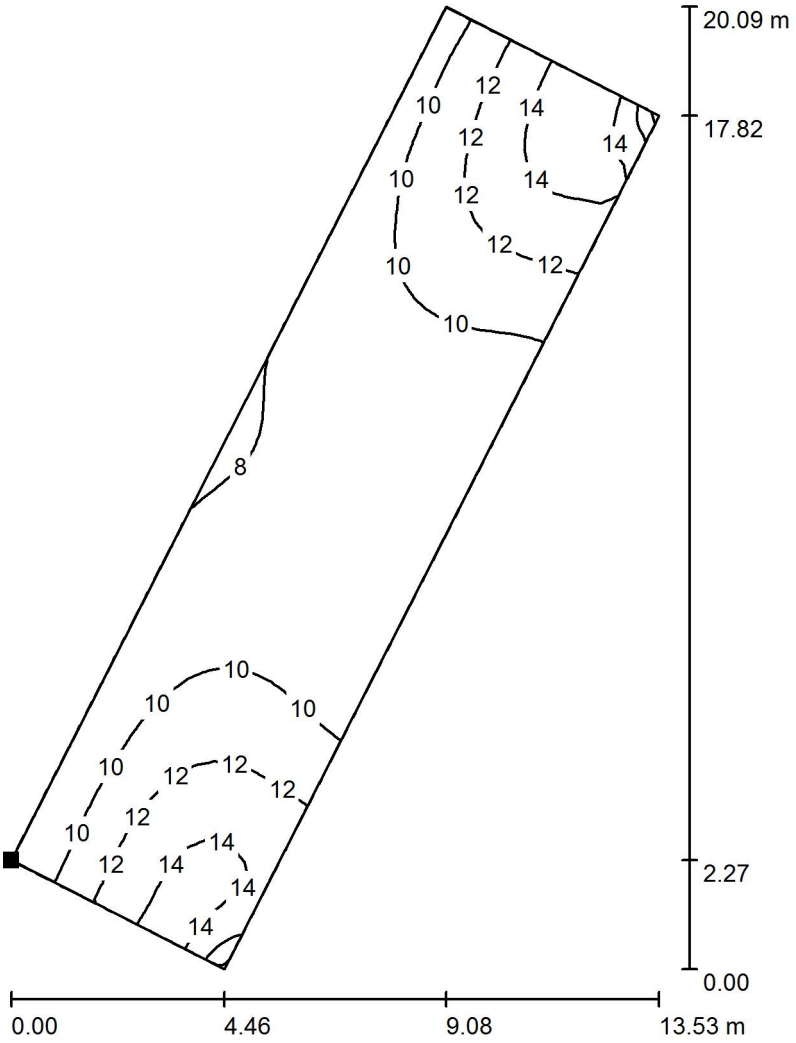
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Distribución óptima. / Rendering (procesado) de colores falsos



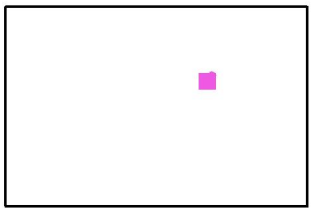
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Distribución óptima. / Zona 1 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 158

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(130.961 m, 147.938 m, 0.090 m)

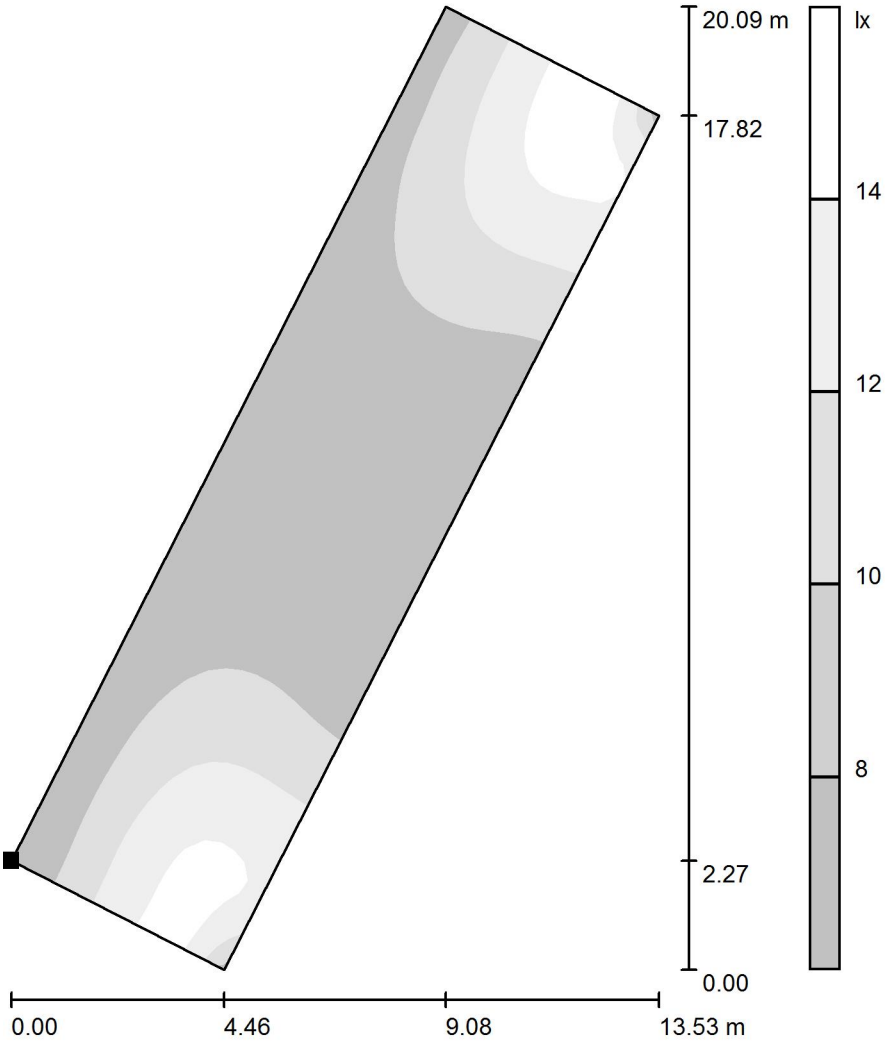


Trama: 16 x 64 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
10	7.80	15	0.751	0.508

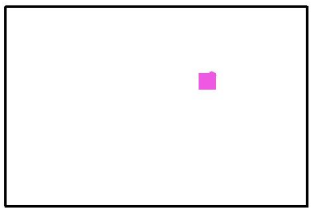
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Distribución óptima. / Zona 1 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 158

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(130.961 m, 147.938 m, 0.090 m)

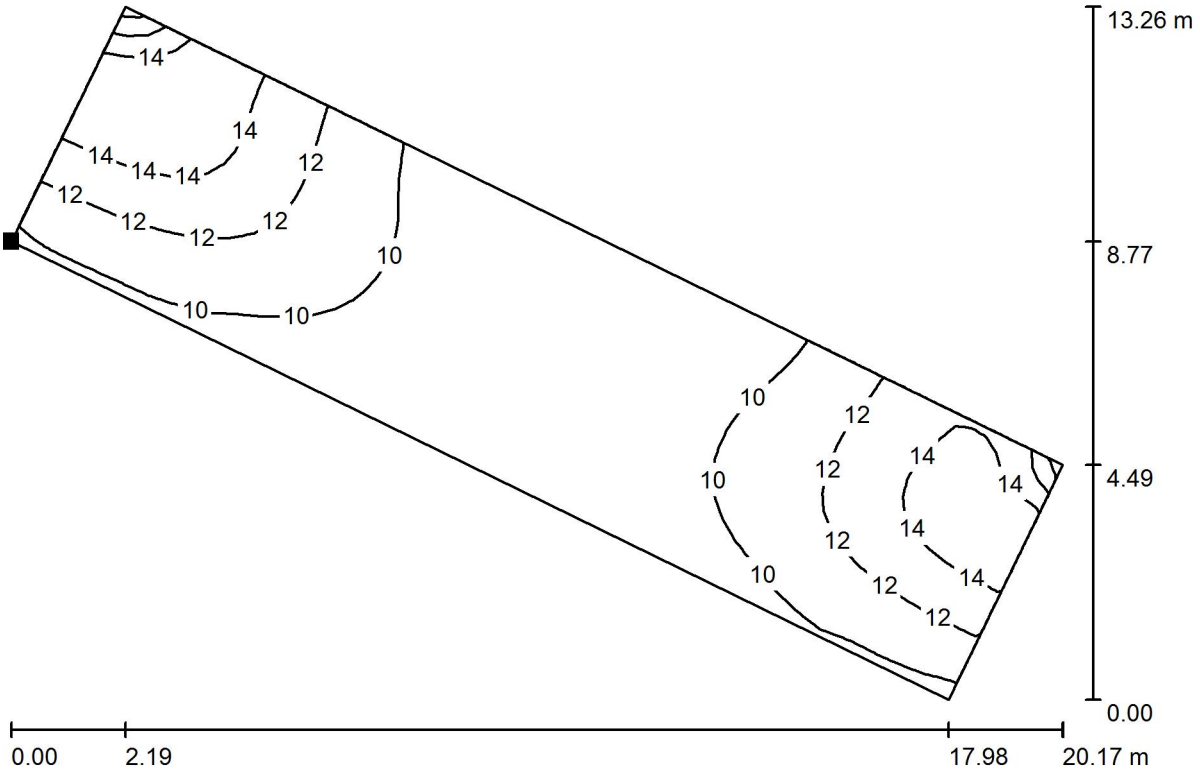


Trama: 16 x 64 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
10	7.80	15	0.751	0.508

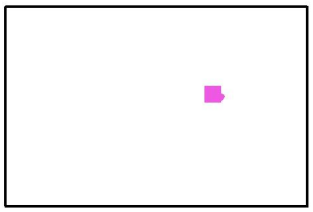
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Distribución óptima. / Zona 2 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 145

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(143.757 m, 117.980 m, 0.090 m)

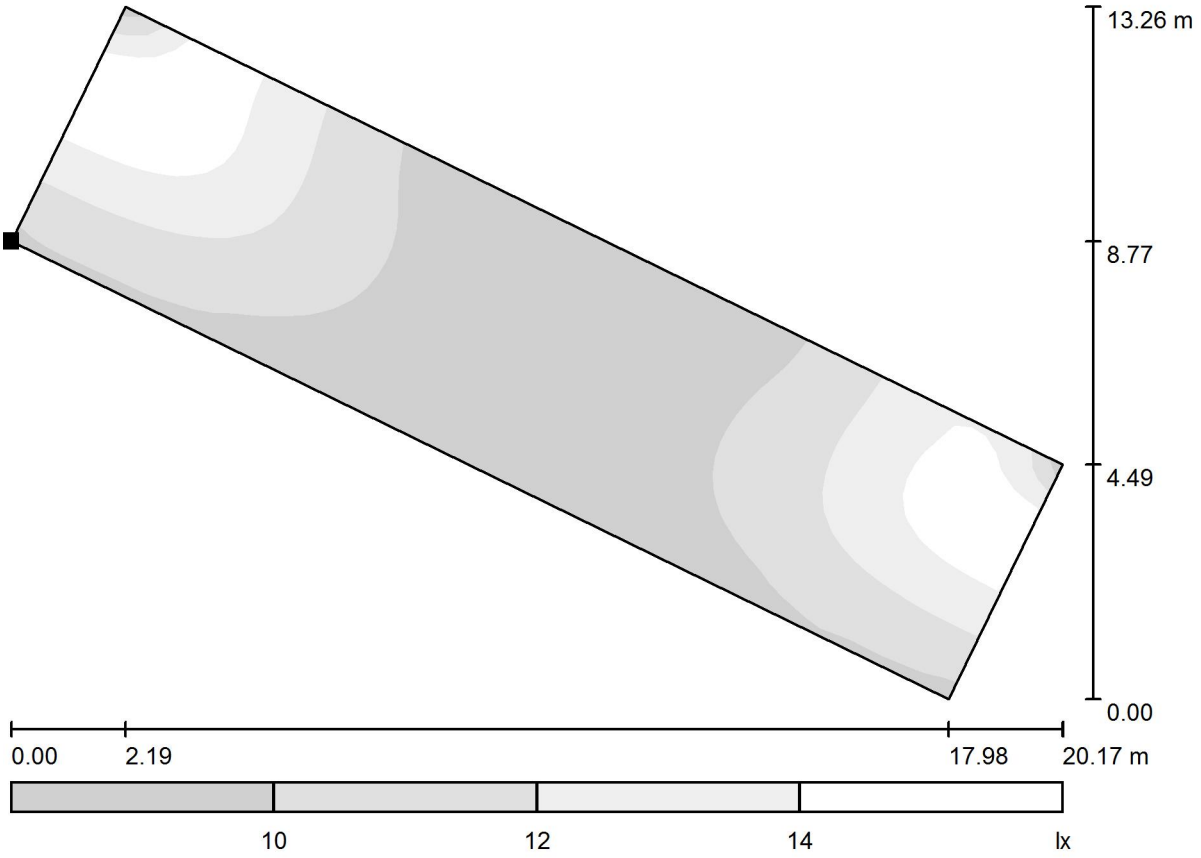


Trama: 64 x 16 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
11	8.27	16	0.759	0.522

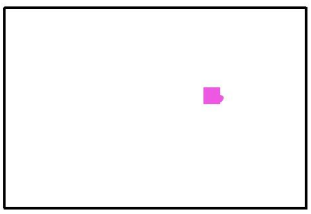
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Distribución óptima. / Zona 2 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 145

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(143.757 m, 117.980 m, 0.090 m)



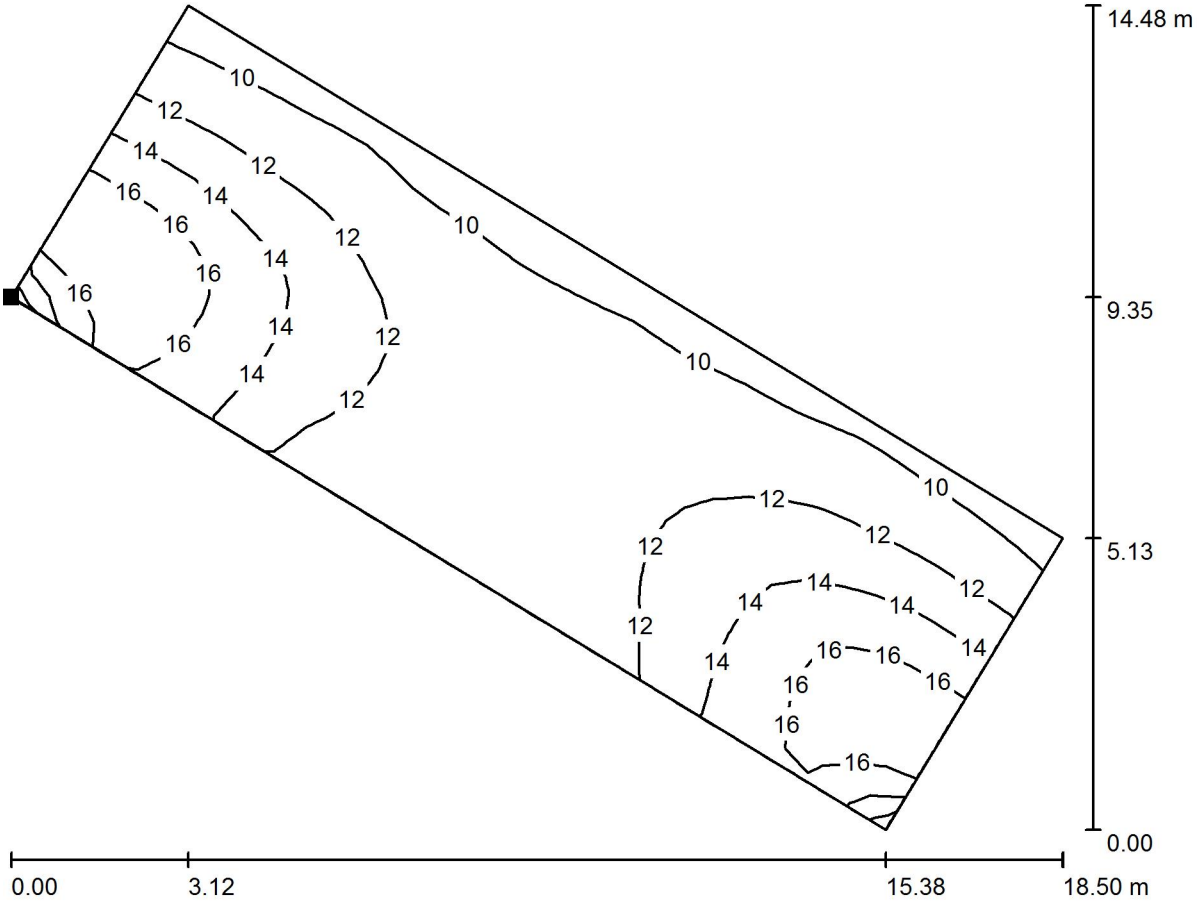
Trama: 64 x 16 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
11	8.27	16	0.759	0.522

01.03.2015

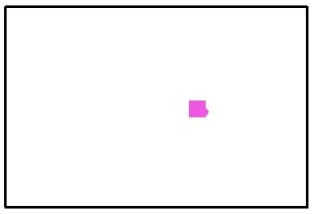
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Distribución óptima. / Zona 3 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 133

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(108.382 m, 84.547 m, 0.160 m)

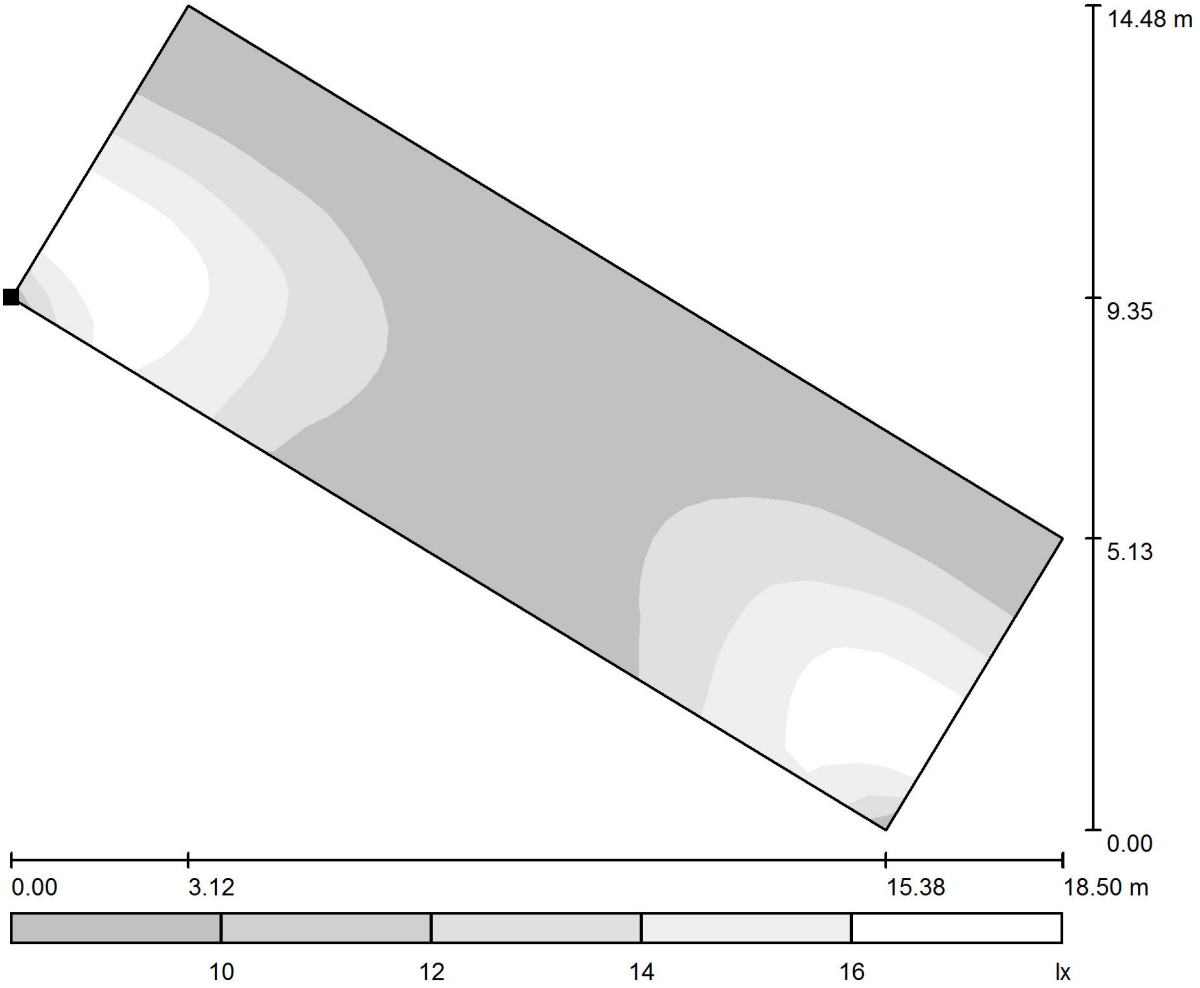


Trama: 32 x 16 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
12	9.30	18	0.746	0.523

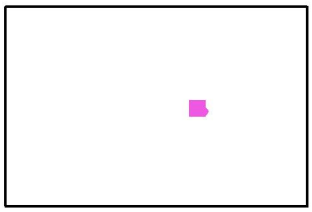
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Distribución óptima. / Zona 3 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 133

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(108.382 m, 84.547 m, 0.160 m)

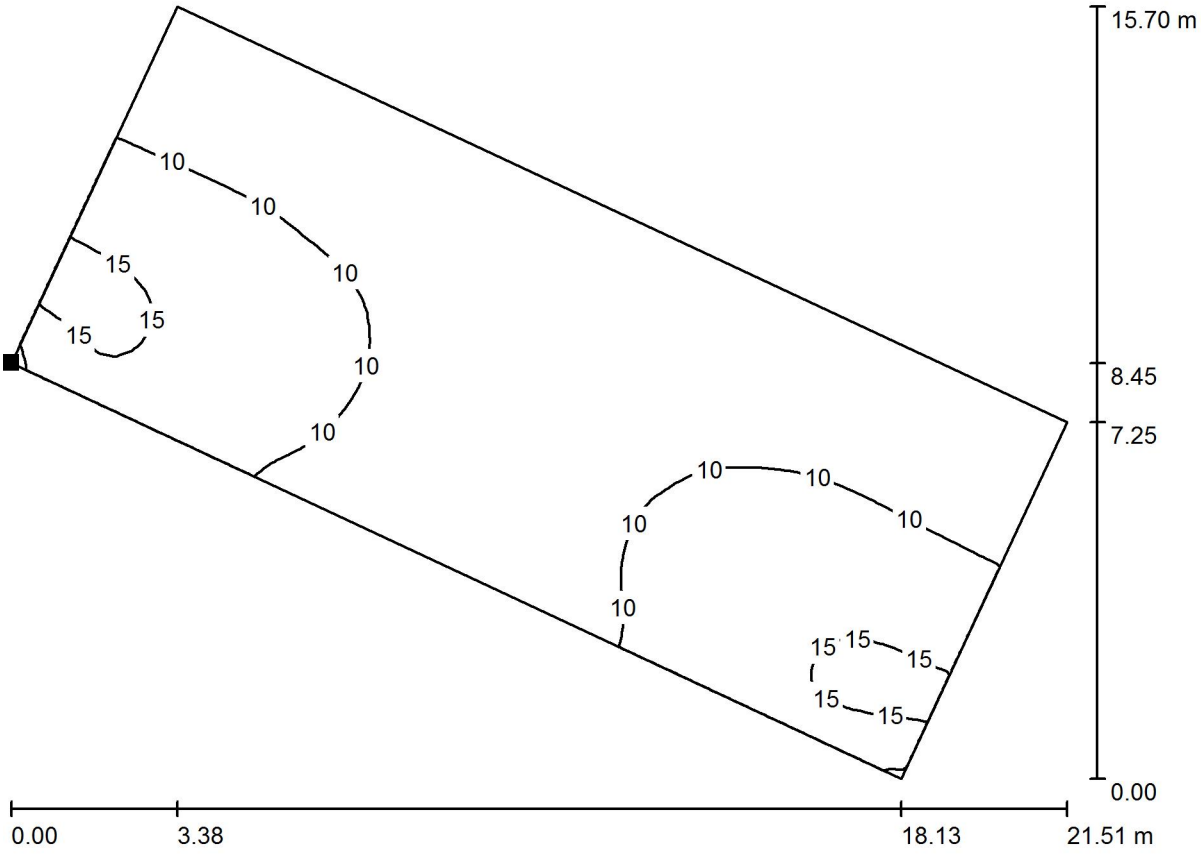


Trama: 32 x 16 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
12	9.30	18	0.746	0.523

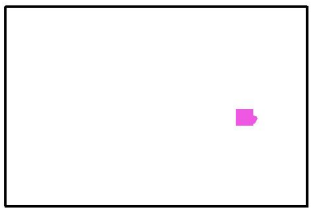
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Distribución óptima. / Zona 4 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 154

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(217.973 m, 64.076 m, 0.160 m)

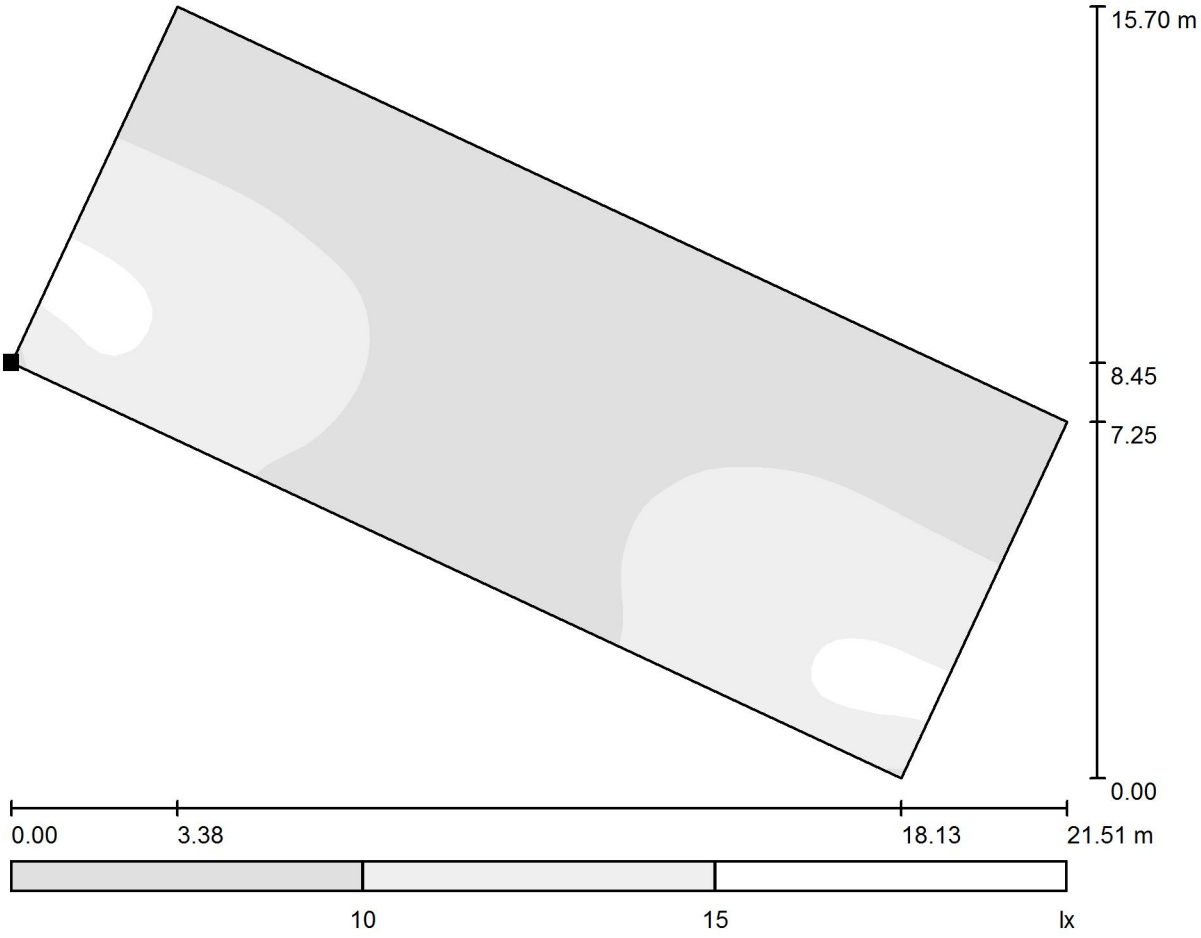


Trama: 64 x 32 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
9.94	5.98	16	0.602	0.369

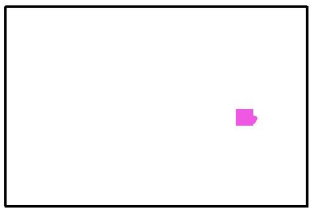
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Distribución óptima. / Zona 4 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 154

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(217.973 m, 64.076 m, 0.160 m)

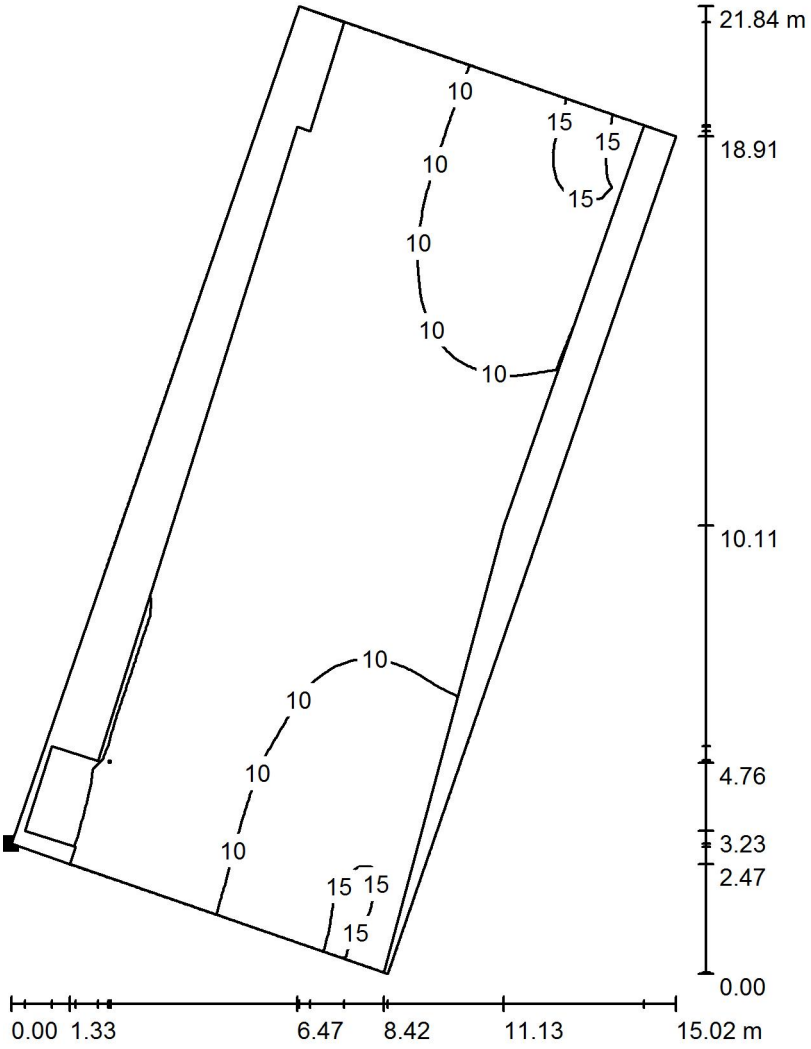


Trama: 64 x 32 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
9.94	5.98	16	0.602	0.369

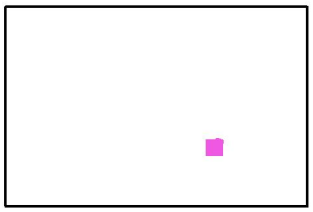
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Distribución óptima. / Zona 5 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 171

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(147.466 m, -6.283 m, 0.150 m)

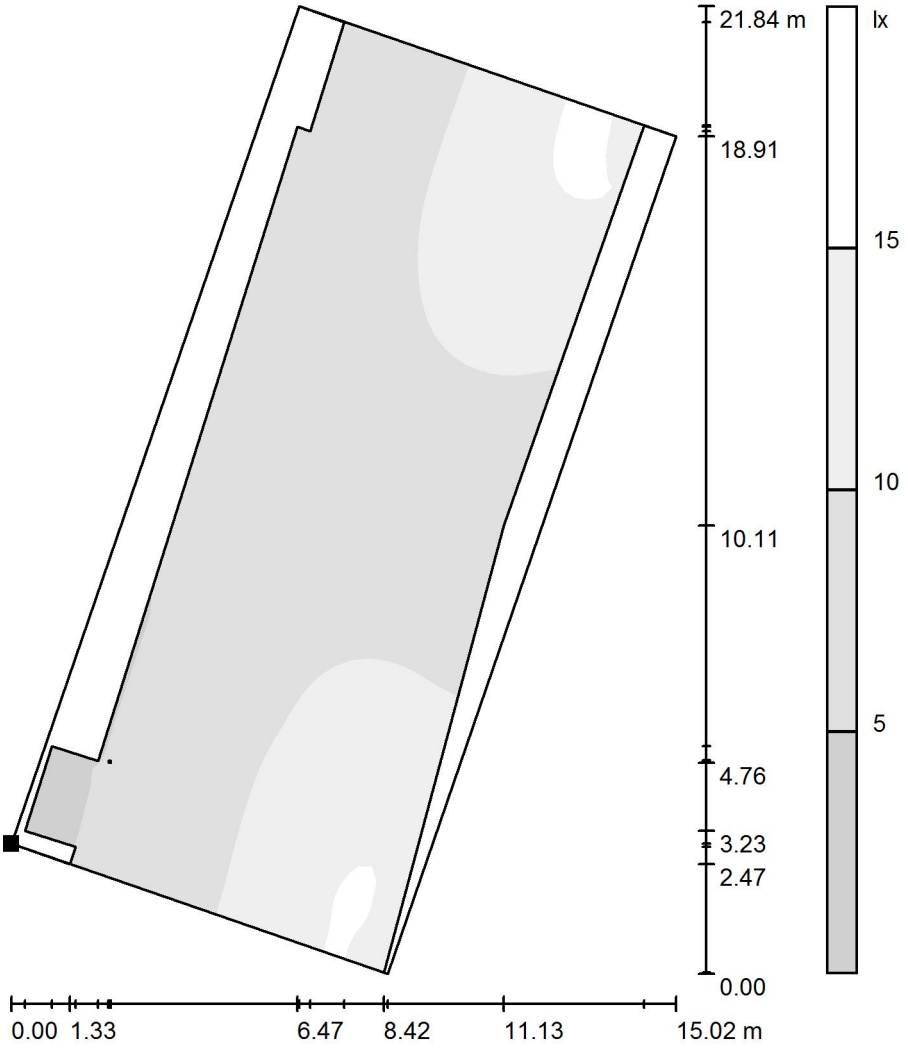


Trama: 64 x 32 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
9.41	4.22	16	0.449	0.267

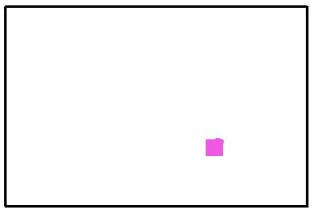
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Distribución óptima. / Zona 5 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 171

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(147.466 m, -6.283 m, 0.150 m)

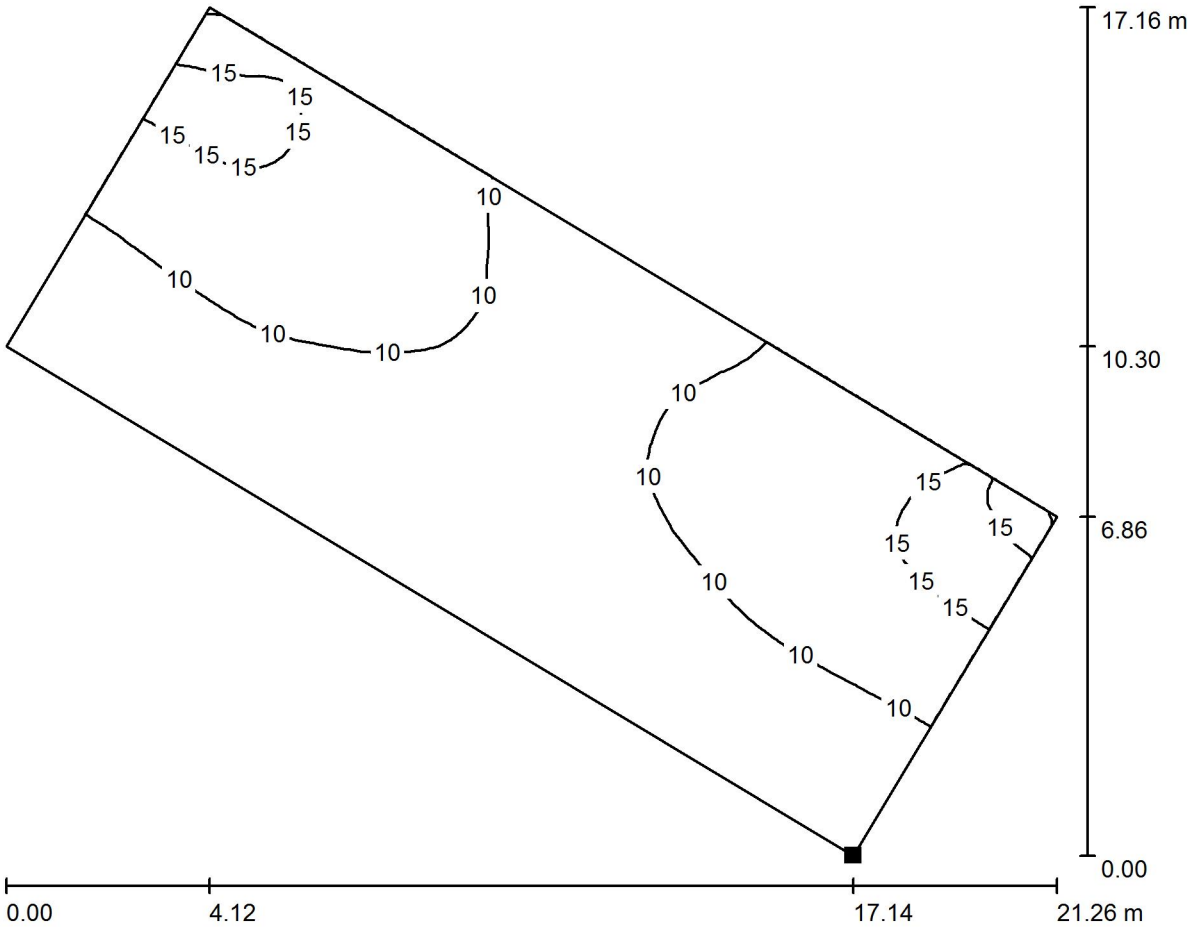


Trama: 64 x 32 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
9.41	4.22	16	0.449	0.267

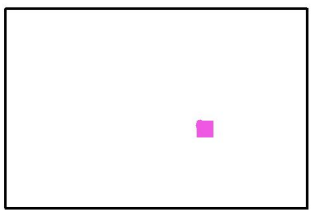
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Distribución óptima. / Zona 6 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 153

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(126.371 m, 41.571 m, 0.100 m)

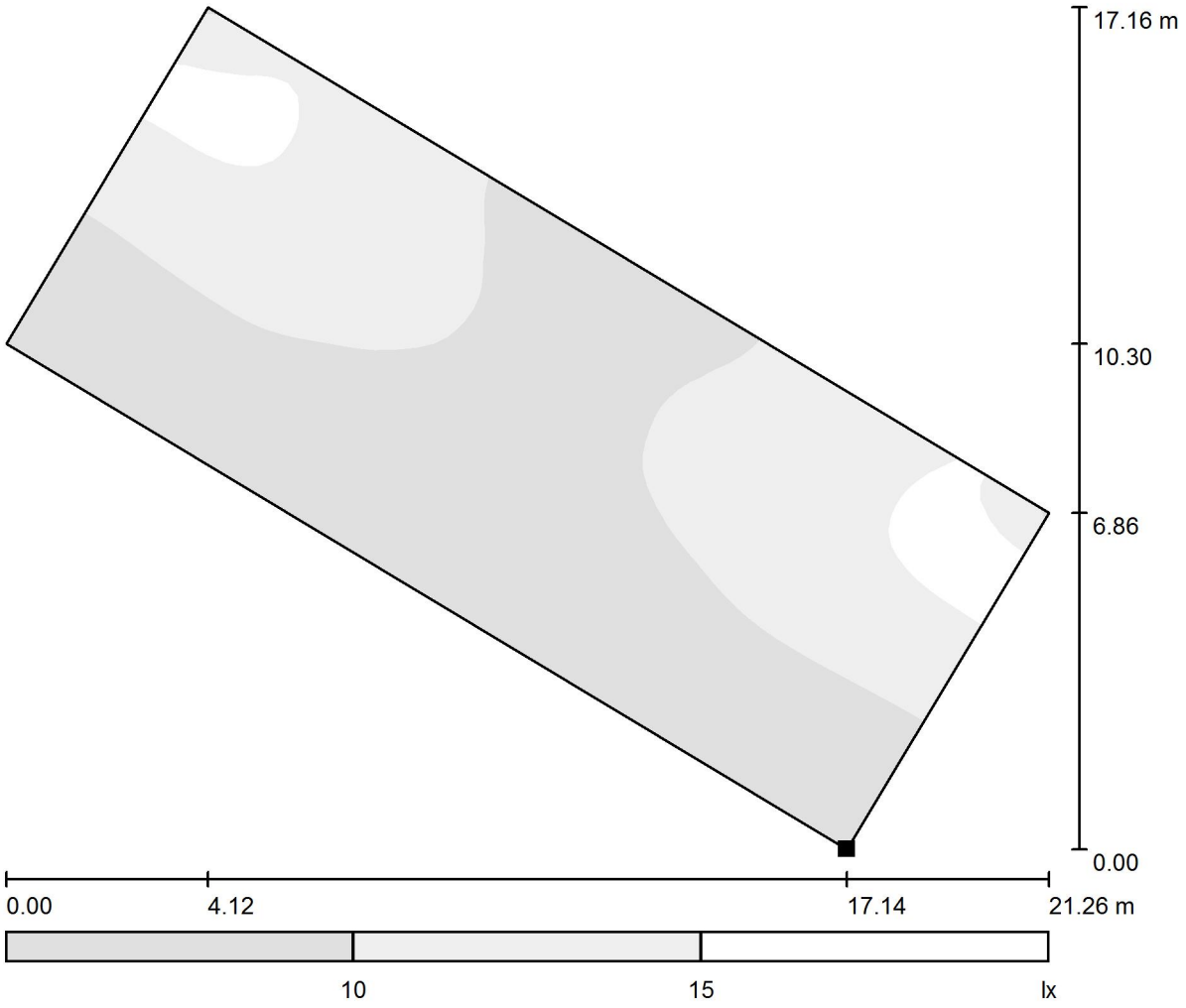


Trama: 64 x 32 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
10	6.12	16	0.595	0.376

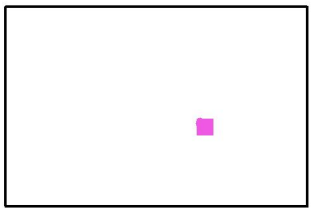
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena 1. Distribución óptima. / Zona 6 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 153

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(126.371 m, 41.571 m, 0.100 m)

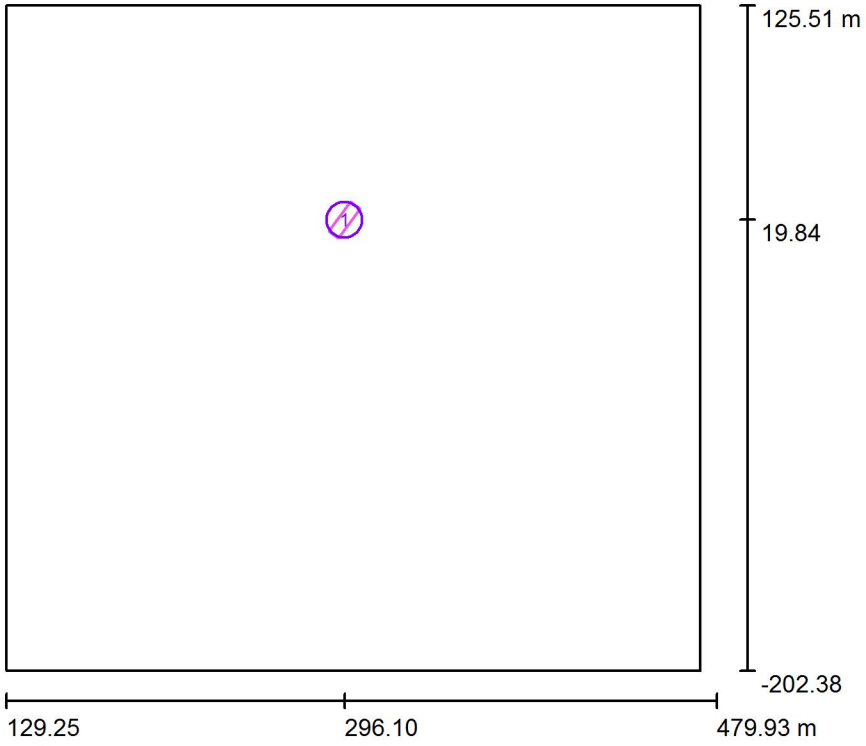


Trama: 64 x 32 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
10	6.12	16	0.595	0.376

Proyecto elaborado por Luis Nebot Pitarch
Teléfono
Fax
e-Mail lnebotpitarch@gmail.com

Escena 2. Distribución óptima. / Superficie de cálculo (sumario de resultados)



Escala 1 : 3731

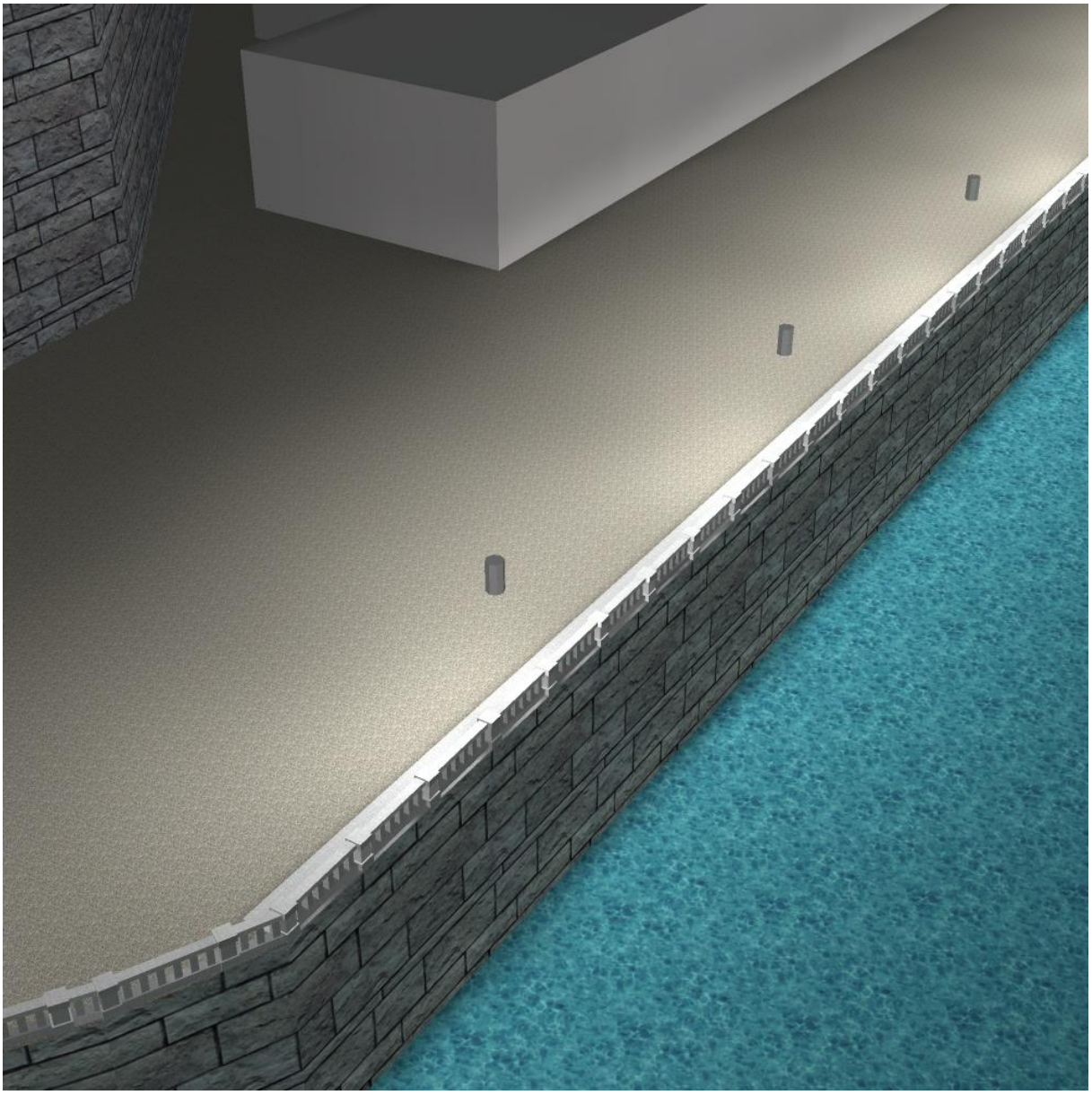
Lista de superficies de cálculo

N°	Designación	Tipo	Trama	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	Zona 7	perpendicular	128 x 64	13	8.75	19	0.665	0.456

04.03.2015

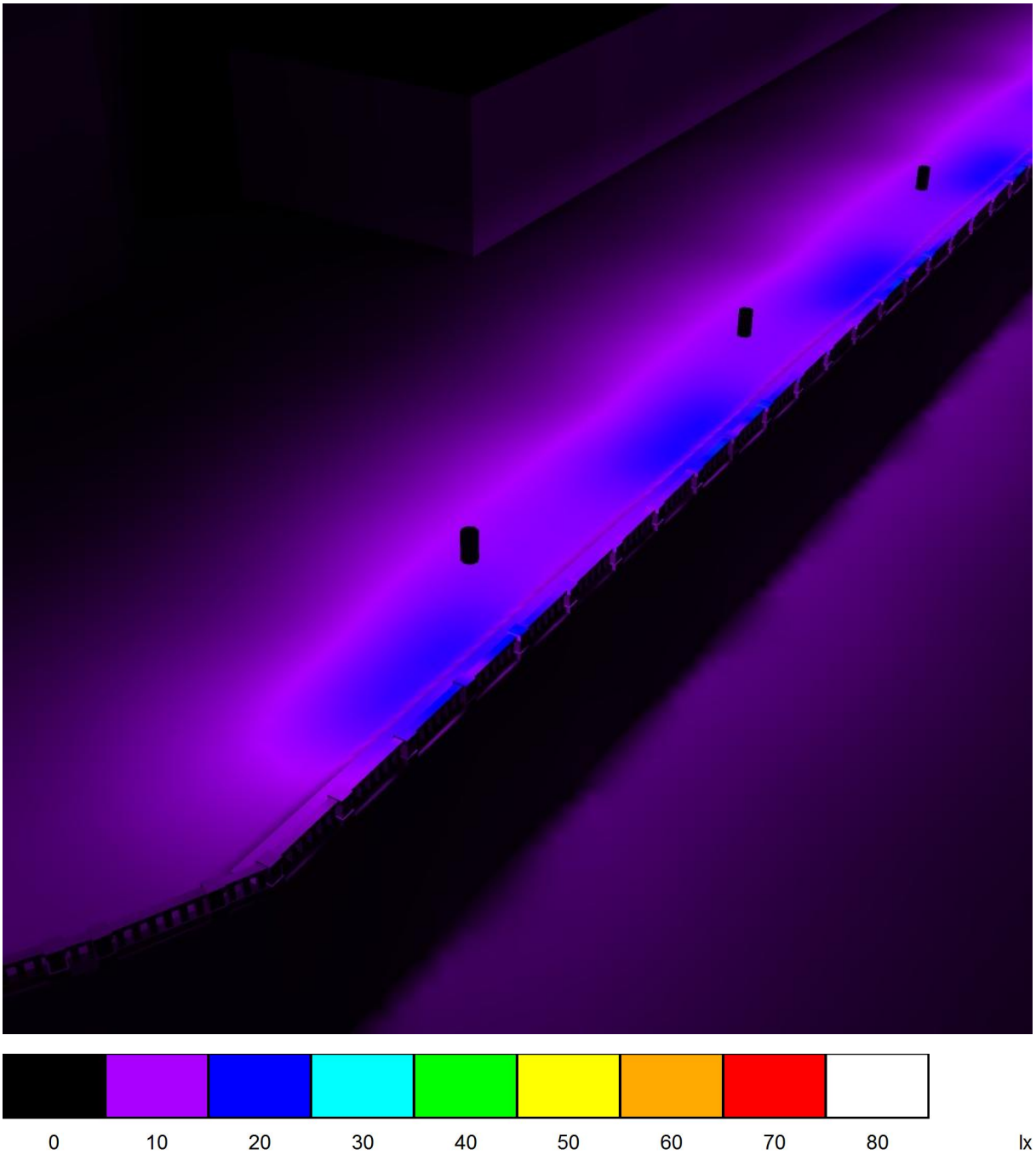
Proyecto elaborado por Luis Nebot Pitarch
Teléfono
Fax
e-Mail lnebotpitarch@gmail.com

Escena 2. Distribución óptima. / Rendering (procesado) en 3D



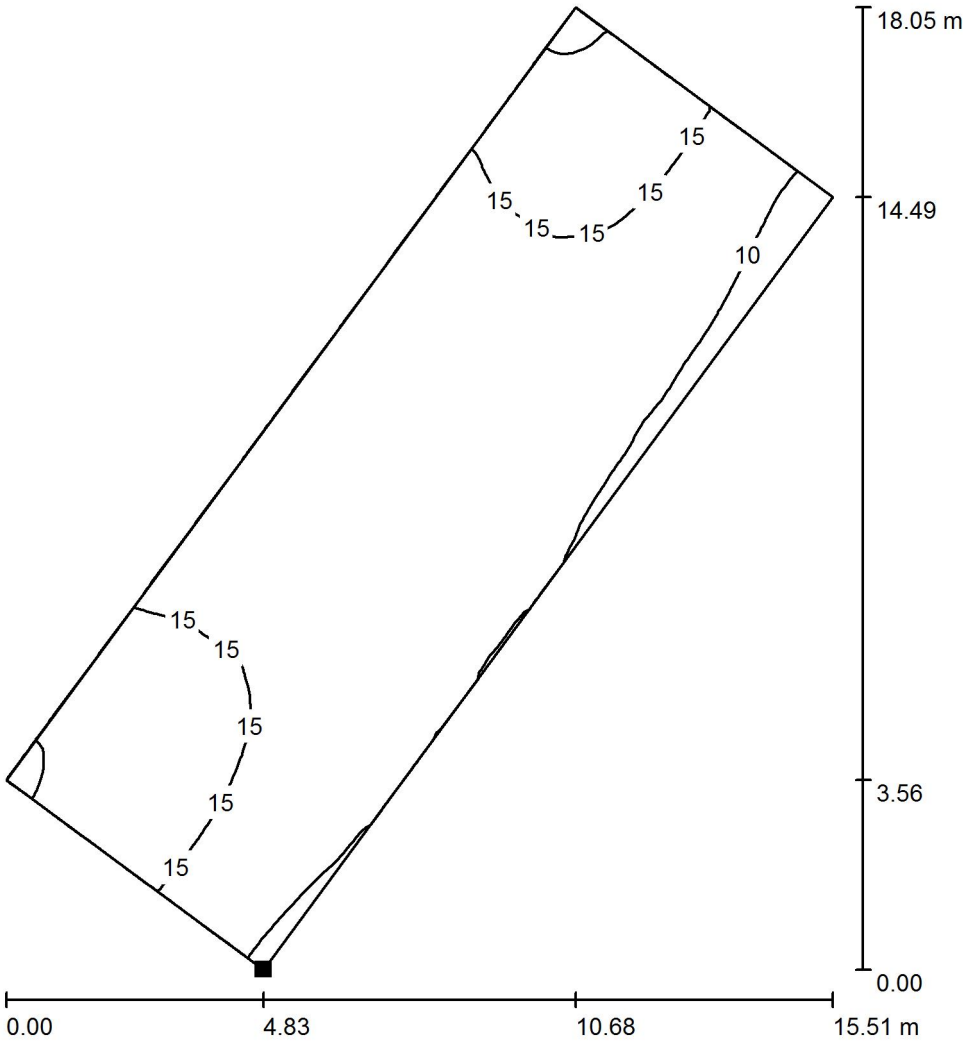
Proyecto elaborado por Luis Nebot Pitarch
Teléfono
Fax
e-Mail lnebotpitarch@gmail.com

Escena 2. Distribución óptima. / Rendering (procesado) de colores falsos



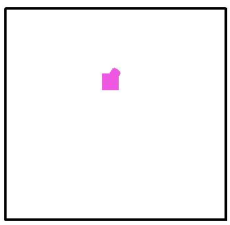
Proyecto elaborado por Luis Nebot Pitarch
Teléfono
Fax
e-Mail lnebotpitarch@gmail.com

Escena 2. Distribución óptima. / Zona 7 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 142

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(293.173 m, 10.817 m, 8.100 m)

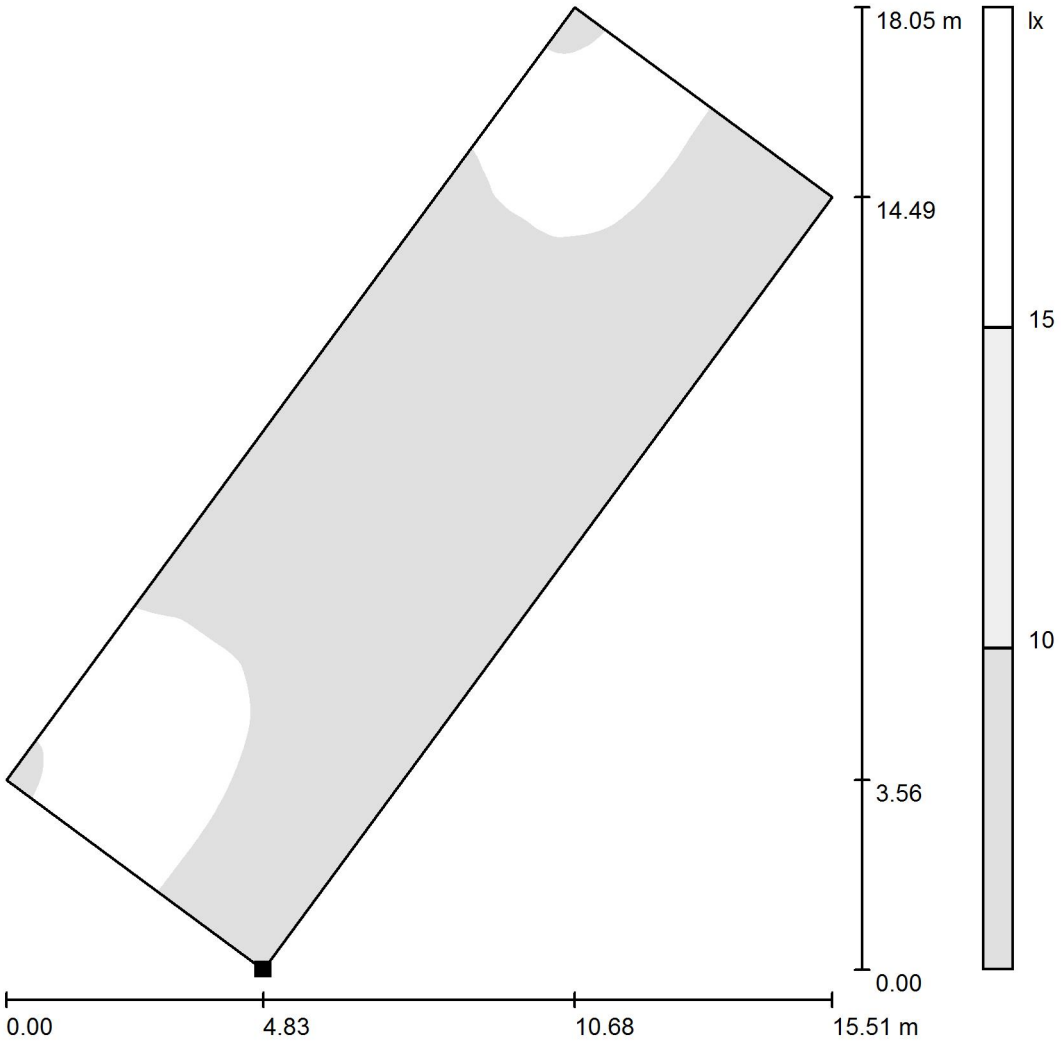


Trama: 128 x 64 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
13	8.75	19	0.665	0.456

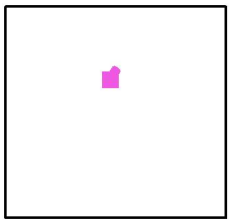
Proyecto elaborado por Luis Nebot Pitarch
Teléfono
Fax
e-Mail lnebotpitarch@gmail.com

Escena 2. Distribución óptima. / Zona 7 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 142

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(293.173 m, 10.817 m, 8.100 m)



Trama: 128 x 64 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
13	8.75	19	0.665	0.456

ANEXO IV: DOCUMENTACIÓN DE LOS FABRICANTES

El presente anexo recoge la documentación que los fabricantes de las luminarias seleccionadas proporcionan para promocionar y detallar sus productos. Se ha seguido el mismo orden que en el desarrollo del trabajo, primero se introduce la documentación referente a la luminaria Philips, seguida de la luminaria Disano, para finalizar con la luminaria de la marca Lamp.

2014, October 14
data subject to change



Metronomis LED – a play of light and shadow

Metronomis LED Fluid

Metronomis LED is the first post-top range in the world to offer a palette of environmental lighting effects to give projects a unique contextual or aesthetic touch. An innovative play of reflection, light and shadow creates an environmental pattern on the ground or on the bowl to create additional ambience. Four new iconic designs – with a visual and modular link to Metronomis I – are reduced to the essential elements. During the day, the discreet, transparent design blends into its context, be it contemporary or classical, while its night-time appearance is both functional and decorative. The flexible, modular Metronomis LED comes with a range of columns and a wide variety of optics and effects, enabling architects and lighting designers to create a unified, consistent lighting design that still reflects the differences in urban culture and history.

Benefits

- Pure design and palette of lighting effects to make your city unique
- Offers exceptional visual comfort while also optimizing safety
- Complete and innovative lighting solution with a shared design identity for both mast and luminaire

PHILIPS

Features

- A palette of lighting effects on the ground or on the inside or outside of the bowl makes it possible to create different atmospheres and to give streets and cityscapes a distinctive visual touch
- All the benefits of LEDGINE (high energy saving, serviceable and upgradable, maintains excellent light quality over lifetime, versatile in application)
- Five dedicated aluminum and wooden masts – heights of 3.5 and 4 meters – enhance the pure, simplified style of the luminaires

Application

- City centers and squares
- Commercial and business centers
- Residential and architectural areas

Specifications

• Type	BDS670
• Light source	Build-in LED-module
• Power (+/-10%)	16 up to 130 W
• Luminous flux	GreenLine: 1400 up to 7100 lm Economyline: 2250 up to 10650 lm
• Luminaire efficacy	Up to 90 lm/W (3000 K, Warm White) Up to 105 lm/W (4000 K, Neutral White)
• Correlated Color Temperature	3000 or 4000 K
• Color Rendering Index	80 (3000 K, Warm White) 70 (4000 K, Neutral White)
• Maintenance of lumen output - L80F10	GreenLine: 100,000 hours EconomyLine: 70,000 hours
• Operating temperature range	-20 to +35 °C
• Driver	Built-in (self ballasted LED-module)
• Mains voltage	220-240 V / 50-60 Hz
• Inrush current	108 A at 140 µs
• Controls system input	1-10 V
• Options	Possibility to create dynamic light effects inside the bowl. Three different effects available: diamond appearances, waves and circles. Possibility to create personalized patterns on the ground; four different patterns available.
• Optic	Metronomis Distribution Medium (MDM), Wide (MDW), Asymmetrical (MDA), Symmetrical (MDS) and Vertical (MDV)
• Optical element	Diffusing plate, prismatic plates (Circular, Lines, Diamond)
• Optical cover	Polycarbonate bowl, transparant
• Material	Housing: high-pressure aluminum Optical cover: polycarbonate, reinforced against UV
• Color	Ultra-dark grey Topaze and light grey Other RAL colors available on request
• Connection	Wieland connector 3-pole mains (and 2-pole control signal)
• Maintenance	One tool to open the luminaire for all maintenance activities (Standard Philips head screws) To open the top: six screws in order to change patterns and optics To open the gear tray: two screws and tool-less connectors
• Installation	Dedicated range of masts Post top Ø 60 and 76 mm Recommended mounting height: 3.5-4 m Max SCx: 0.2441 m^2

Related products



Metronomis LED Fluid BDS670 urban-lighting luminaire

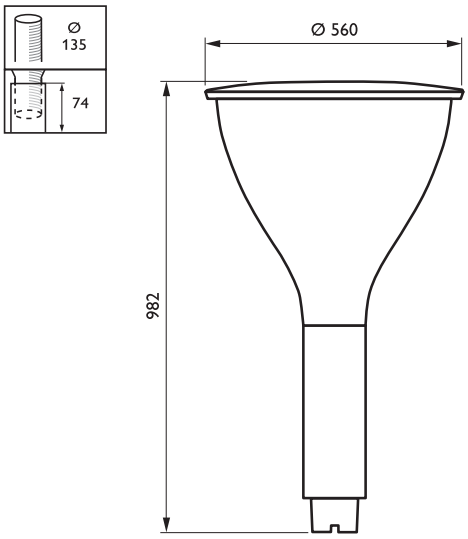


Metronomis LED Fluid BDS670 urban-lighting luminaire with diffuser



Metronomis LED Fluid BDS670 urban-lighting luminaire with prismatic effect

Dimensional drawing



BDS670 GRN80--2S/740 PSR I MDS D9 76

Product details



Decorative mirror effect for increased comfort



Dynamic effect creating mysterious waves inside the bowl



Dynamic effect creating mysterious blinking lights inside the bowl



Dynamic effect creating a mysterious pattern of circles inside the bowl



The Washlight is available in three colors: blue, warm white and neutral white

General information (1/2)

Order code	Product family code	Number of light sources	Lamp family code	Lamp version	Light source color	Light source replace-able	Driver included	Mech. impact protec-tion code	Optic type	Optical element	Optical cover/ lens type
910925437956	BDS670	1	GRN80	2S	740	true	true	IK10	MDS	No	PC
910925437957	BDS670	1	GRN80	2S	740	true	true	IK10	MDA	No	PC
910925437958	BDS670	1	GRN80	2S	740	true	true	IK10	MDW	No	PC
910925437959	BDS670	1	GRN40	2S	740	true	true	IK10	MDS	No	PC
910925437960	BDS670	1	GRN40	2S	740	true	true	IK10	MDA	No	PC
910925437961	BDS670	1	GRN40	2S	740	true	true	IK10	MDW	No	PC
910925437962	BDS670	1	ECO120	2S	740	true	true	IK10	MDS	No	PC
910925437963	BDS670	1	ECO120	2S	740	true	true	IK10	MDA	No	PC
910925437964	BDS670	1	ECO120	2S	740	true	true	IK10	MDW	No	PC
910925437968	BDS670	1	ECO100	2S	740	true	true	IK10	MDM	No	PC
910925437969	BDS670	1	ECO90	2S	740	true	true	IK10	MDW	No	PC
910925437970	BDS670	1	ECO70	2S	740	true	true	IK10	MDW	No	PC
910925437971	BDS670	1	ECO40	2S	830	true	true	IK10	MDS	No	PC
910925437973	BDS670	1	GRN80	2S	740	true	true	IK10	MDW	No	PC

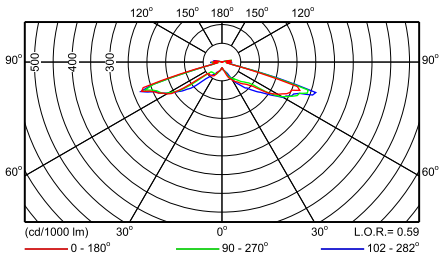
Order code	Product family code	Number of light sources	Lamp family code	Lamp version	Light source color	Light source replace-able	Driver included	Mech. impact protec-tion code	Optic type	Optical element	Optical cover/ lens type
910925437975	BDS670	1	GRN15	2S	830	true	true	IK10	MDS	No	PC
910925437977	BDS670	1	GRN15	2S	830	true	true	IK10	MDS	No	PC
910925437978	BDS670	1	GRN20	2S	830	true	true	IK10	MDS	No	PC
910925437979	BDS670	1	GRN30	2S	830	true	true	IK10	MDS	No	PC
910925437980	BDS670	1	GRN40	2S	830	true	true	IK10	MDS	No	PC
910925437981	BDS670	1	GRN50	2S	830	true	true	IK10	MDS	No	PC
910925437982	BDS670	1	GRN15	2S	830	true	true	IK10	MDM	No	PC
910925437983	BDS670	1	GRN20	2S	830	true	true	IK10	MDM	No	PC
910925437984	BDS670	1	GRN30	2S	830	true	true	IK10	MDM	No	PC
910925437985	BDS670	1	GRN40	2S	830	true	true	IK10	MDM	No	PC
910925437986	BDS670	1	GRN50	2S	830	true	true	IK10	MDM	No	PC
910925437987	BDS670	1	ECO25	2S	740	true	true	IK10	MDS	No	PC
910925437988	BDS670	1	ECO40	2S	740	true	true	IK10	MDS	No	PC
910925437989	BDS670	1	ECO60	2S	740	true	true	IK10	MDS	No	PC
910925437990	BDS670	1	ECO80	2S	740	true	true	IK10	MDS	No	PC
910925438034	BDS670	1	ECO40	2S	740	true	true	IK10	MDS	No	PC
910925438035	BDS670	1	ECO80	2S	740	true	true	IK10	MDS	No	PC
910925438036	BDS670	1	ECO40	2S	740	true	true	IK10	MDS	No	PC
910925438037	BDS670	1	ECO80	2S	740	true	true	IK10	MDS	No	PC
910925438086	BDS670	1	GRN20	2S	830	true	true	IK10	MDW	No	PC
910925438095	BDS670	1	ECO120	2S	740	true	true	IK08	MDA	No	PC
910925438127	BDS670	1	ECO80	2S	740	true	true	IK08	MDM	No	PC
910925438154	BDS670	1	ECO70	2S	740	true	true	IK08	MDS	No	PC
910925438156	BDS670	1	GRN50	2S	740	true	true	IK08	MDM	No	PC
910925438157	BDS670	1	GRN50	2S	740	true	true	IK08	MDA	No	PC
910925437965	BDS670	1	GRN15	2S	830	true	true	IK10	MDV	DF	PC
910925437966	BDS670	1	GRN40	2S	740	true	true	IK10	MDV	DF	PC
910925437967	BDS670	1	ECO50	2S	740	true	true	IK10	MDV	DF	PC
910925437976	BDS670	1	GRN30	2S	740	true	true	IK10	MDM	DF	PC
910925438089	BDS670	1	GRN30	2S	740	true	true	IK10	MDS	DF	PC
910925438097	BDS670	1	GRN15	2S	830	true	true	IK08	MDS	DF	PC
910925438129	BDS670	1	GRN50	2S	740	true	true	IK08	MDS	DF	PC
910925438130	BDS670	1	GRN40	2S	830	true	true	IK08	MDS	DF	PC
910925437972	BDS670	1	GRN15	2S	830	true	true	IK10	MDS	CIR	PC
910925437974	BDS670	1	GRN15	2S	830	true	true	IK10	MDS	STAR	PC
910925438084	BDS670	1	ECO30	2S	830	true	true	IK10	MDS	WAV	PC
910925438085	BDS670	1	ECO30	2S	830	true	true	IK10	MDS	DIA	PC
910925438087	BDS670	1	GRN20	2S	830	true	true	IK10	MDS	STAR	PC
910925438120	BDS670	1	GRN15	2S	830	true	true	IK08	MDM	DIA	PC
910925438121	BDS670	1	ECO30	2S	740	true	true	IK08	MDS	CON	PC
910925438122	BDS670	1	GRN15	2S	830	true	true	IK08	MDS	DIA	PC
910925438155	BDS670	1	ECO30	2S	740	true	true	IK08	MDS	FM	PC

General information (2/2)

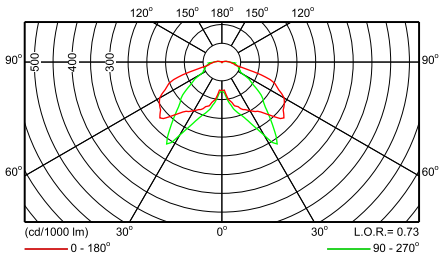
Order code	Product family code	Color	Coating	Dimmable	Light regulation percentage	Surge protection	Glow-wire test	CE mark	ENEC mark
910925437956	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437957	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437958	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437959	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437960	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437961	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437962	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437963	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437964	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437968	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437969	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437970	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437971	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437973	BDS670	GR-10714	No	No	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437975	BDS670	GR-10714	No	No	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437977	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437978	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437979	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437980	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437981	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437982	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437983	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437984	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437985	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437986	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437987	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437988	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437989	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437990	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925438034	BDS670	GR-10714	No	No	-	No	650/5	CE	ENEC
910925438035	BDS670	GR-10714	No	No	-	No	650/5	CE	ENEC
910925438036	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925438037	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925438086	BDS670	GR-10714	No	No	-	No	650/5	CE	ENEC
910925438095	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925438127	BDS670	GR-10714	No	Yes	66	No	650/5	CE	ENEC
910925438154	BDS670	GR-10714	No	No	-	No	650/5	CE	ENEC
910925438156	BDS670	GR-10714	MSP	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925438157	BDS670	GR-10714	MSP	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437965	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437966	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437967	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437976	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925438089	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925438097	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925438129	BDS670	GR-10714	No	No	-	No	650/5	CE	ENEC
910925438130	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925437972	BDS670	GR-10714	No	No	-	No	650/5	CE	ENEC

Order code	Product family code	Color	Coating	Dimmable	Light regulation percentage	Surge protection	Glow-wire test	CE mark	ENEC mark
910925437974	BDS670	GR-10714	No	No	-	No	650/5	CE	ENEC
910925438084	BDS670	GR-10714	No	No	-	No	650/5	CE	ENEC
910925438085	BDS670	GR-10714	No	No	-	No	650/5	CE	ENEC
910925438087	BDS670	GR-10714	No	No	-	No	650/5	CE	ENEC
910925438120	BDS670	GR-10714	No	Yes	-	No	650/5	CE	ENEC
910925438121	BDS670	GR-10714	No	No	-	No	650/5	CE	ENEC
910925438122	BDS670	GR-10714	No	No	-	No	650/5	CE	ENEC
910925438155	BDS670	GR-10714	No	No	-	No	650/5	CE	ENEC

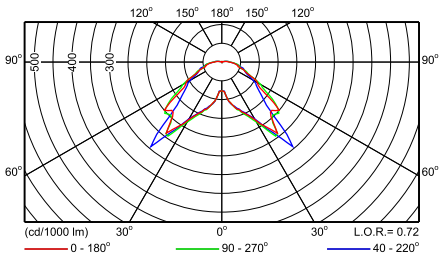
Photometric data



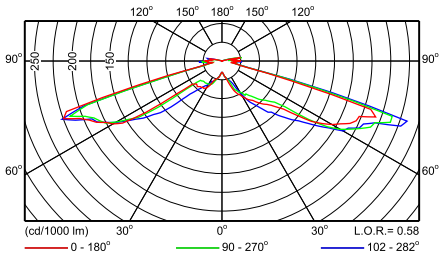
BDS670 1xGRN15-2S/830 MDS STAR



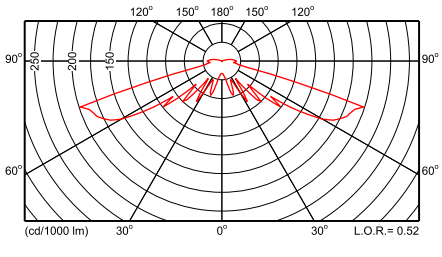
BDS670 1xECO30-2S/830 MDS WAV



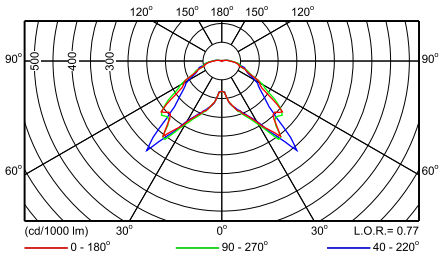
BDS670 1xECO30-2S/830 MDS DIA



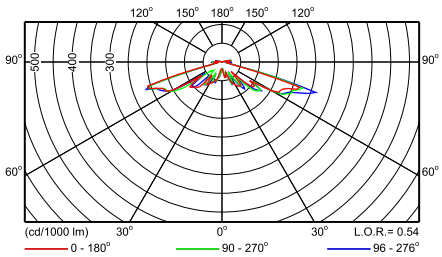
BDS670 1xGRN20-2S/830 MDS STAR



BDS670 1xECO30-2S/740 MDS CON



BDS670 1xGRN15-2S/830 MDS DIA



BDS670 1xECO30-2S/740 MDS FM

Light technical

Order code	Product family code	Std. deviation color matching
910925437956	BDS670	5
910925437957	BDS670	5
910925437958	BDS670	5
910925437959	BDS670	5
910925437960	BDS670	5

Order code	Product family code	Std. deviation color matching
910925437961	BDS670	5
910925437962	BDS670	5
910925437963	BDS670	5
910925437964	BDS670	5
910925437968	BDS670	5

Order code	Product family code	Std. deviation color matching
910925437969	BDS670	5
910925437970	BDS670	5
910925437971	BDS670	5
910925437973	BDS670	5
910925437975	BDS670	5
910925437977	BDS670	5
910925437978	BDS670	5
910925437979	BDS670	5
910925437980	BDS670	5
910925437981	BDS670	5
910925437982	BDS670	5
910925437983	BDS670	5
910925437984	BDS670	5
910925437985	BDS670	5
910925437986	BDS670	5
910925437987	BDS670	5
910925437988	BDS670	5
910925437989	BDS670	5
910925437990	BDS670	5
910925438034	BDS670	5
910925438035	BDS670	5
910925438036	BDS670	5
910925438037	BDS670	5

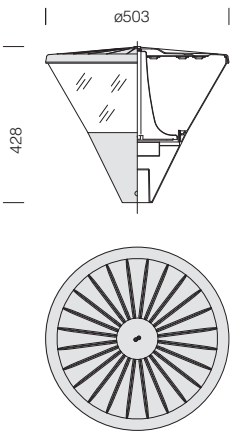
Order code	Product family code	Std. deviation color matching
910925438086	BDS670	5
910925438095	BDS670	5
910925438127	BDS670	5
910925438154	BDS670	5
910925438156	BDS670	5
910925438157	BDS670	5
910925437965	BDS670	5
910925437966	BDS670	5
910925437967	BDS670	5
910925437976	BDS670	5
910925438089	BDS670	5
910925438097	BDS670	5
910925438129	BDS670	5
910925438130	BDS670	5
910925437972	BDS670	5
910925437974	BDS670	5
910925438084	BDS670	5
910925438085	BDS670	5
910925438087	BDS670	5
910925438120	BDS670	5
910925438121	BDS670	5
910925438122	BDS670	5
910925438155	BDS670	5

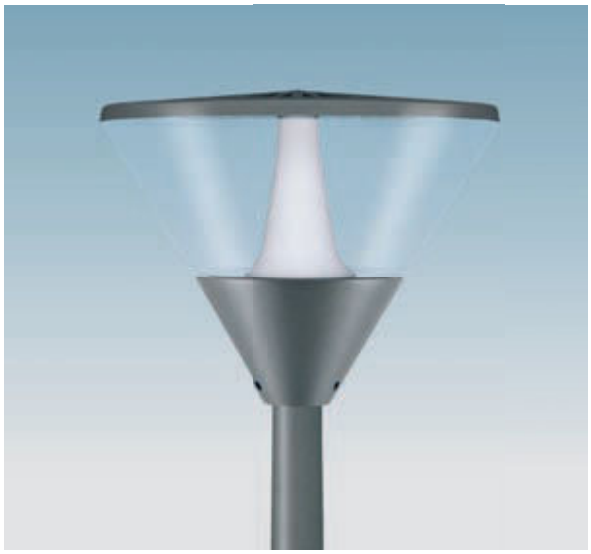
© 2014 Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips)
All rights reserved.

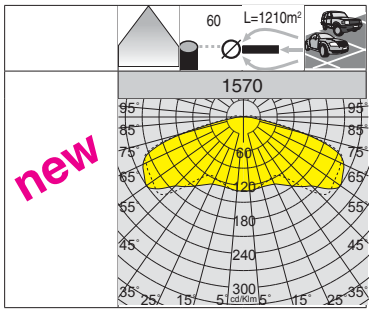
Specifications are subject to change without notice. Trademarks are the property of Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips) or their respective owners.



IP65 IK08









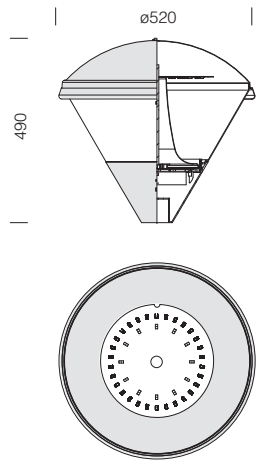
Cuerpo/Cubierta: de aluminio fundido inyectado a presión.
Difusor: de policarbonato transparente irrompible y autoextenguible V2, estabilizado a los rayos UV.
Dotacion: estas luminarias incorporan un dispositivo automático de control de la temperatura interna, para la protección de cada uno de los LEDs a las tensiones punta de la red. Conector de conexión rapida.
LED: Mantenimiento del flujo luminoso al 70% 60000h (L70B20).

1570 Clima - LED

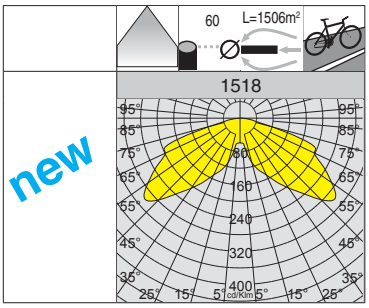
		CLD CELL			LED (Tj=25°C)
potencia (700mA)	color	peso	código	W	K - ølm 700mA - CRI
LED	plata est.	5.90	422400-00	**93**	4000K - **12960lm** - CRI 70
LED	grafito	5.90	422401-00		
LED	plata est.	5.90	422400-0016		
LED	grafito	5.90	422401-0016		

Bajo pedido: posibilidad de gestionar el punto de suministro (ver cuadro de la página XVII).

IP65 IK08









Cubierta: De plancha de aluminio

LED: Clima LED está equipada con 30/42 módulos LED de última generación con lente de 130°x70° para obtener un rendimiento luminoso elevado.

Mantenimiento del flujo luminoso al 70% 60000h (L70B20).

1517 Clima - LED

		CLD CELL			LED (Tj=25°C)
potencia (350mA)	color	peso	código	W	K - ølm 350mA - CRI
LED	plata est.	5.90	422372-00	**29**	4000K - **4620lm** - CRI 70
LED	grafito	5.90	422373-00		
LED	plata est.	5.90	422370-00	**40**	4000K - **6468lm** - CRI >70
LED	grafito	5.90	422371-00		

Bajo pedido: posibilidad de gestionar el punto de suministro (ver cuadro de la página XVII).

1518 Clima - LED - Anticontaminación lumínica

		CLD CELL			LED (Tj=25°C)
potencia (350mA)	color	peso	código	W	K - ølm 350mA - CRI
LED	plata est.	5.90	422380-00	**40**	4000K - **6468lm** - CRI >70
LED	grafito	5.90	422381-00		

Bajo pedido: posibilidad de gestionar el punto de suministro (ver cuadro de la página XVII).

Ficha técnica de producto

NIU

8141573 **NIU LED VIAL 48 LEDS CLASE II GR.**



Descripción:

Luminaria urbana para adaptar a columna troncocónica modelo NIU LED de la marca LAMP. Fabricada en inyección de aluminio lacado color gris texturizado y con lentes para una distribución fotométrica vial. Luminaria Clase II y con un IP66. Equipo electrónico incluido. Con 48 LEDs blanco neutro de 104W de potencia.

Acabado: Gris texturizado

Peso: 12.450 g

IEE : A+ **Superficie máx.expuesta al viento:** 0,18 M2

Instalación: Integrado en baculo



Lámpara:

Tipología:	HI POWER CREE	**ºK :**	4500
Horas de vida led:	50.000 L90	**IRC :**	70
Potencia:	104W	**MacAdam:**	4

Características eléctricas:

Equipo : Electrónico **Alimentación:** 230V-50Hz

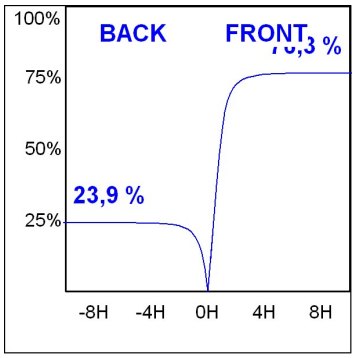
Plum: 110W

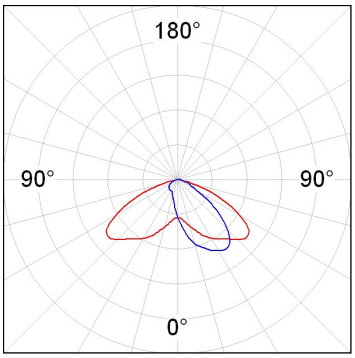
Características técnicas:

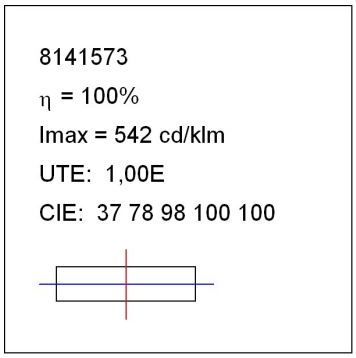


Certificados de Calidad:

Datos fotométricos:







Flujo de salida: 6.118 lm **FHS:** 0 % **Eficacia:** 55,6 lm/w

Tel. +34937366800
Fax +34937861551
Web www.lamp.es

LAMP se reserva el derecho de modificar las especificaciones técnicas de sus productos, que sirvan para su mejora o correspondan a variaciones de las disposiciones legales. Para comprobar la información actualizada visite nuestra página web www.lamp.es.

Cumple con la Directiva 2010/30/UE

Montaje



Cód. producto:	Descripción:
9600313	ACC. NIU BRAZO IND. POST TOP Ø 60MM



Cód. producto:	Descripción:
9600353	ACC. NIU ADAPTADOR COLUMNAS Ø76MM



Cód. producto:	Descripción:
9635873	COLUMNA TRONCOCONICA 4M V2010 GRIS
9636873	COLUMNA TRONCOCONICA 6M V2010 GRIS
9637873	COLUMNA TRONCOCONICA 8M V2010 GRIS
9638873	COLUMNA TRONCOCONICA 10M V2010 GRIS

Soporte



Cód. producto:	Descripción:
9600323	ACC. NIU ABRAZADERA COLUMNA 60-135MM



Cód. producto:	Descripción:
9600333	ACC. NIU SOPORTE A BÁCULO Ø48MM
9600343	ACC. NIU SOPORTE A BÁCULO Ø 60MM



Cód. producto:	Descripción:
9600363	ACC. NIU BRAZO A PARED

Tel. +34937366800
Fax +34937861551
Web www.lamp.es

LAMP se reserva el derecho de modificar las especificaciones técnicas de sus productos, que sirvan para su mejora o correspondan a variaciones de las disposiciones legales. Para comprobar la información actualizada visite nuestra página web www.lamp.es.

Cumple con la Directiva 2010/30/UE