



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA



**ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE
REGULACIÓN DE INTENSIDAD LUMINOSA PARA
ILUMINACIÓN EN EXTERIORES EN EL HOSPITAL HIPÓLITO
UNANUE-TACNA**

TESIS

PRESENTADA POR:

YOJAN BRAUWER LAURA CHAMBI

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

PUNO – PERÚ

2024



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE REGULACIÓN DE INTENSIDAD LUMINOSA PARA ILUMINACIÓN EN EXTERIORES EN EL HOSPITAL HIPÓLITO UNAN UE-TACNA

AUTOR

YOJAN BRAUWER LAURA CHAMBI

RECUENTO DE PALABRAS

17962 Words

RECUENTO DE CARACTERES

96659 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

135 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

11.3MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 25, 2024 1:46 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 25, 2024 1:48 PM GMT-5

● 17% de similitud general

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

- 14% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

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

JOSE MANUEL RAMOS CUTIPA
ING. MECANICO ELECTRICISTA
CIP. 178419

M.Sc. Felipe Condori Chambilla
SUBDIRECTOR DE INVESTIGACIÓN
EPIIME

Resumen



DEDICATORIA

Dedico esta tesis a las personas más importantes en mi vida:

A mis padres, Dorotea Chambi Torres y Octavio Laura Sullca, por su amor, apoyo incondicional y por ser la base sobre la que he construido mis sueños.

A mi compañera de vida, Vanesa, por su constante apoyo, comprensión y por estar a mi lado en cada etapa de este proyecto.

A mi hijo, Ezequiel, por brindarme confianza y motivación, y por ser una fuente constante de inspiración.

*Este logro es un reflejo de su amor y apoyo.
Con todo mi cariño, les dedico este trabajo.*

Yojan Brauwer Laura Chambi



AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que han sido fundamentales en mi vida y en la realización de este proyecto de tesis.

A mis padres, Dorotea Chambi Torres y Octavio Laura Sullca, por su incansable esfuerzo y dedicación. Mi madre, en particular, siempre estuvo presente durante mis años escolares, apoyándome en mis tareas y dándome aliento para mejorar cada día. A mi padre, por su constante apoyo y sacrificio, les estoy eternamente agradecido.

A mis hermanos, especialmente a mi hermano Grober, por su apoyo moral y económico, y por estar siempre a mi lado en los momentos difíciles. Gracias por ser un pilar en mi vida.

A mi tío Venancio Chambi Moscaido, quien ya no está con nosotros, pero cuyo legado de respeto y cortesía sigue vivo en mis recuerdos. Sus enseñanzas han sido clave en mi formación personal.

A mi tío Ricardo, que también ya no está con nosotros, y a mis tíos Hirma y Juan, por su apoyo emocional y motivacional, que me ha dado la fuerza para seguir adelante.

Agradezco, a mi tutor, por los consejos y tips útiles que me ayudaron a orientar mi trabajo. Valoro su disposición para compartir su experiencia.

A mi compañera de vida, Vanesa, por su apoyo constante, y a mi hijo Ezequiel, quien me ha brindado confianza y seguridad a lo largo de estos años.

A todos ustedes, gracias. Este logro es tanto mío como de ustedes, y les dedico con todo mi corazón este proyecto.

Yojan Brauwer Laura Chambi



ÍNDICE DE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE DE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	17
ABSTRACT.....	18
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.2. FORMULACIÓN DE INTERROGANTES.....	19
1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.3.1. Hipótesis general	19
1.3.2. Hipótesis específico	20
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	20
1.4.1. Justificación económica	20
1.4.2. Justificación ambiental.....	21
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
1.5.1. Objetivo general	22
1.5.2. Objetivos específicos	22



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
2.2.	SUSTENTO TEÓRICO	26
2.2.1.	Luminaria	26
2.2.2.	Óptica	27
2.2.3.	Driver	28
2.2.4.	Disipador de calor	29
2.2.5.	Luminaria led	29
2.2.6.	Ventajas de las luminarias led.....	30
2.2.7.	Magnitudes luminosa y unidades	31
2.2.7.1.	Flujo luminoso	31
2.2.7.2.	Iluminancia.....	31
2.2.7.3.	Intensidad luminosa	32
2.2.7.4.	Luminancia.....	33
2.2.8.	Rendimiento de color	34
2.2.8.1.	Temperatura de color	34
2.2.8.2.	Índice de Reproducción cromática (CRI)	35
2.2.9.	Criterios de calidad	37
2.2.9.1.	Contaminación lumínica	37
2.2.9.2.	Efectos de la contaminación lumínica en los animales.....	38
2.2.9.3.	Deslumbramiento	38

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	40
-------------	----------------------------------	-----------



3.1.1. Ubicación	40
3.1.2. Planimetría general.....	41
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	42
3.2.1. Población.....	42
3.2.2. Muestra.....	42
3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN	42
3.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	43
3.5. PROCEDIMIENTO DE RECOJO DE DATOS	43
3.5.1. Etapa de diseño y modelado del sistema.....	43
3.5.1.1. Software DIALux evo	43
3.5.1.2. Normativa.....	45
3.5.1.3. Luminarias.....	45
3.5.1.4. Datos eléctricos	46
3.5.1.5. Información general	46
3.5.1.6. Datos ópticos	46
3.5.1.7. Conformidades	47
3.5.1.8. Curvas de haz de luz	48
3.5.1.9. Forma de iluminación	48
3.5.2. Implementación de sistema de regulación de intensidad lumínica	48
3.5.2.1. Luminaria led regulable	49
3.5.2.2. Control de encendido y apagado	50
3.5.2.3. Altura de instalación de las luminarias	51
3.5.2.4. Análisis del nivel de iluminación.....	51
3.5.3. Análisis del ahorro energético.....	52
3.5.3.1. Recopilación de datos	53



3.5.3.2.	Cálculo de consumo energético	54
3.5.3.3.	Potencia instalada.....	54
3.5.3.4.	Máxima demanda	55
3.5.3.5.	Factor de simultaneidad (ks)	55
3.5.3.6.	Energía eléctrica consumida	56
3.5.3.7.	Ahorro económico.....	56
3.5.4.	Evaluación financiera.....	57
3.6.	VARIABLES	57
3.6.1.	Variables independientes	57
3.6.2.	Variables dependientes.....	57
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1.	ANÁLISIS DEI NIVEL DE ILUMINACIÓN DEL SISTEMA	58
4.1.1.	Comparación de niveles de iluminación del sistema de iluminación.....	58
4.1.2.	Comparación de alumbrado general de la edificación	96
4.2.	CALCULO DE ANÁLISIS DE CONSUMO ENERGÉTICO.....	100
4.2.1.	Potencia instalada.....	100
4.2.2.	Máxima demanda	102
4.2.3.	Energía eléctrica consumida	102
4.2.4.	Costo del consumo mensual.....	104
4.3.	CÁLCULO DE VIABILIDAD DEL PROYECTO.....	105
4.3.1.	Costo de inversión de los sistemas	105
4.3.2.	Análisis financiero	107
4.3.3.	Cálculo de VAN, TIR, PAYBACK	108
V.	CONCLUSIONES.....	110



VI. RECOMENDACIONES	112
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113
ANEXOS.....	115

ÁREA: Ingeniería eléctrica

TEMA: Eficiencia energética

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 30 de noviembre del 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Niveles de índice de reproducción cromática	36
Tabla 2 Niveles de índice de reproducción cromática de tipo de lámpara.	37
Tabla 3 Norma técnica EM.010	45
Tabla 4 Datos técnicos de las luminarias utilizadas.....	53
Tabla 5 Horario de atención del hospital HHU.....	53
Tabla 6 Valores de factor de simultaneidad.....	55
Tabla 7 Pliego tarifario de mt2	56
Tabla 8 Cuadro comparativo de la figura 18 y 19.....	60
Tabla 9 Cuadro comparativo de la figura 20 y 21.....	62
Tabla 10 Cuadro comparativo de la figura 22 y 23.....	64
Tabla 11 Cuadro comparativo de la figura 24 y 25.....	66
Tabla 12 Cuadro comparativo de la figura 26 y 27.....	68
Tabla 13 Cuadro comparativo de la figura 28 y 29.....	70
Tabla 14 Cuadro comparativo de la figura 30 y 31.....	72
Tabla 15 Cuadro comparativo de la figura 32 y 33.....	74
Tabla 16 Cuadro comparativo de la figura 34 y 35.....	76
Tabla 17 Cuadro comparativo de la figura 36 y 37.....	78
Tabla 18 Cuadro comparativo de la figura 38 y 39.....	80
Tabla 19 Cuadro comparativo de la figura 40 y 41.....	81
Tabla 20 Cuadro comparativo de la figura 42 y 43.....	83
Tabla 21 Cuadro comparativo de la figura 44 y 45.....	85
Tabla 22 Cuadro comparativo de la figura 46 y 47.....	87
Tabla 23 Cuadro comparativo de la figura 48 y 49.....	89



Tabla 24	Cuadro comparativo de la figura 50 y 51.....	91
Tabla 25	Cuadro comparativo de la figura 52 y 53.....	93
Tabla 26	Cuadro comparativo de la figura 54 y 55.....	95
Tabla 27	Resumen comparativo valores de alumbrado regulación de 100% y 30% ..	99
Tabla 28	Cálculo de la potencia instalada al 100% de la capacidad lumínica.....	100
Tabla 29	Cálculo de la potencia instalada con regulación de intensidad.....	101
Tabla 30	Cálculo de la potencia instalada con regulación de intensidad.....	101
Tabla 31	Cálculo de consumo de energía eléctrica.....	103
Tabla 32	Cálculo de consumo mensual.....	105
Tabla 33	Costos de luminarias con sensores de movimiento.....	106
Tabla 34	Costos de luminarias sin sensores de movimiento.....	106
Tabla 35	Resumen de la inversión del proyecto	107
Tabla 36	Cálculo del flujo neto.....	107
Tabla 37	Calculo del VAN y el TIR	108



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Luminaria tipo led modelo urbano de la marca LUG Light Factory.....	27
Figura 2 Óptica de la luminaria tipo led.	28
Figura 3 Driver Dalí de la marca ledvance	28
Figura 4 Aletillas disipadoras de calor.....	29
Figura 5 Diodo led	30
Figura 6 Representación del flujo luminoso	31
Figura 7 Representación de la iluminancia	32
Figura 8 Representación de la intensidad luminosa.....	33
Figura 9 Representación de la luminancia.	34
Figura 10 Temperatura de color.....	35
Figura 11 Diferencia de índice de reproducción cromática en pistas.	36
Figura 12 Ubicación geográfica del proyecto.	40
Figura 13 Planimetría general del HHU	41
Figura 14 Curva de haz de luz de la luminaria de marca lug light factory	48
Figura 15 Forma de iluminación de la luminaria de marca lug light factory	48
Figura 16 Luminaria de marca lug light factory	49
Figura 17 Altura de instalación de las luminarias tipo led.....	51
Figura 18 Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg1-estacionamiento	59
Figura 19 Distribución de iluminancia con regulación en el área cg1-estacionamiento	59
Figura 20 Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg2-estacionamiento	61
Figura 21 Distribución de iluminancia con regulación en el área cg2-estacionamiento	61
Figura 22 Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg3-estacionamiento para discapacitados	63
Figura 23 Distribución de iluminancia con regulación en el área cg3-estacionamiento para discapacitados	63



Figura 24	Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg4-patio de maniobra	65
Figura 25	Distribución de iluminancia con regulación en el área cg4-patio de maniobra	65
Figura 26	Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg5-acceso vehicular	67
Figura 27	Distribución de iluminancia con regulación en el área cg5-acceso vehicular	67
Figura 28	Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg6-camineria.....	69
Figura 29	Distribución de iluminancia con regulación en el área cg6-camineria.....	69
Figura 30	Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg7-camineria.....	71
Figura 31	Distribución de iluminancia con regulación en el área cg7-camineria.....	71
Figura 32	Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg8-estacionamiento de ambulancias	73
Figura 33	Distribución de iluminancia con regulación en el área cg8-estacionamiento de ambulancias	73
Figura 34	Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg9-calles exteriores	75
Figura 35	Distribución de iluminancia con regulación en el área cg9- calles exteriores	75
Figura 36	Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg10-estacionamiento de emergencia	77
Figura 37	Distribución de iluminancia con regulación en el área cg10-estacionamiento de emergencia	77
Figura 38	Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg11-camineria.....	79
Figura 39	Distribución de iluminancia con regulación en el área cg11-camineria.....	79
Figura 40	Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg12-camineria.....	80
Figura 41	Distribución de iluminancia con regulación en el área cg12-camineria.....	81
Figura 42	Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg13-calles interiores	82
Figura 43	Distribución de iluminancia con regulación en el área cg13-calles interiores	83
Figura 44	Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg14-calles interiores	84



Figura 45	Distribución de iluminancia con regulación en el área cg14-calles interiores	85
Figura 46	Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg15-patio de maniobra	86
Figura 47	Distribución de iluminancia con regulación en el área cg15-patio de maniobra	86
Figura 48	Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg16-calles interiores	88
Figura 49	Distribución de iluminancia con regulación en el área cg16-calles interiores	88
Figura 50	Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg17-calles interiores	90
Figura 51	Distribución de iluminancia con regulación en el área cg17-camineria.....	90
Figura 52	Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg18-rampa vehicular	92
Figura 53	Distribución de iluminancia con regulación en el área cg18-rampa vehicular	92
Figura 54	Distribución de iluminancia sin regulación en el área CG19-estacionamiento	94
Figura 55	Distribución de iluminancia con regulación en el área cg19-estacionamiento	94
Figura 56	Vista general del sistema de alumbrado sin regulación lumínica.....	96
Figura 57	Vista general del sistema de alumbrado al 30% de regulación lumínica ...	97
Figura 58	Vista general método de colores falsos sin regulación lumínica.....	98
Figura 59	Vista general método de colores falsos al 30% de regulación lumínica. ...	98
Figura 60	Curva de comparación del consumo energético	103
Figura 61	Diagrama de horas punta y horas fuera de punta	104
Figura 62	Diagrama de periodo de recuperación (payback).....	109



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Cotización de luminarias sin sensor de movimiento	115
ANEXO 2 Cotización de luminarias sin sensor de movimiento	116
ANEXO 3 Resultado de la simulación en el software DIALux evo	117
ANEXO 4 Declaración jurada de autenticidad de la tesis.....	134
ANEXO 5 Autorización para el depósito de tesis en el repositorio institucional	135



ACRÓNIMOS

IR:	Radiación infrarroja
LED:	Diodo emisor de luz
CRI:	Índice de reproducción cromática
DALI:	Interfaz de iluminación digital dirigible
H.P.:	Hora punta
H.F.P.:	Hora fuera de punta
EM:	Iluminancia media
UGRL:	Índice de deslumbramiento
Uo:	Uniformidad
P.I:	Potencia instalada
NI:	Número de luminarias
P:	Potencia de las luminarias
MD:	Máxima demanda
KS:	Factor de simultaneidad
H:	Horas de funcionamiento
ND:	Número de días
Cm:	Consumo mensual
Te:	Tarifa eléctrica



RESUMEN

Este trabajo de tesis se centra en el estudio e implementación de un sistema de regulación de intensidad luminosa para la iluminación en exteriores del Hospital Hipólito Unanue de Tacna. El problema identificado radica en que el sistema convencional de encendido y apagado no optimiza el consumo energético, especialmente durante las horas de baja actividad. El objetivo principal es mejorar la eficiencia energética mediante la implementación de un sistema que ajuste automáticamente la intensidad de la iluminación según la actividad. La metodología empleada en este estudio es de tipo cuantitativo y aplicada, ya que busca proponer y aplicar una mejora directa en la eficiencia energética a través del análisis y comparación de datos entre dos sistemas. Se utilizó el software DIALux evo para crear un modelo tridimensional del sistema de alumbrado, cumpliendo con las normativas vigentes y optimizando los niveles de iluminancia en las áreas exteriores del hospital. Se realizó una comparación entre el sistema de regulación de intensidad lumínica y un sistema convencional de encendido y apagado, evaluando el ahorro energético al ajustar automáticamente la iluminación al 30% en ausencia de actividad y al 100% cuando se detecta actividad. Los resultados indicaron que el sistema de regulación es más eficiente, logrando un ahorro mensual de 4,675.73 soles. Además, la evaluación financiera mostró un Valor Actual Neto positivo de 139,327.99 soles y una Tasa Interna de Retorno del 13%, con un período de recuperación de inversión de 3.74 años, lo que confirma que la implementación del sistema es rentable y sostenible a mediano plazo. Este estudio proporciona una solución efectiva para mejorar la eficiencia energética del alumbrado exterior del hospital, contribuyendo al ahorro energético.

Palabras clave: Ahorro energético, DIALux evo, Iluminación exterior, Luminarias led, Regulación lumínica.



ABSTRACT

This thesis focuses on the study and implementation of a light intensity regulation system for outdoor lighting at the Hipólito Unanue Hospital in Tacna. The identified issue lies in the fact that the conventional on-off system does not optimize energy consumption, particularly during periods of low activity. The main objective is to improve energy efficiency by implementing a system that automatically adjusts the lighting intensity according to activity levels. The methodology used in this study is quantitative and applied, aiming to propose and implement a direct improvement in energy efficiency through the analysis and comparison of data between two systems. DIALux evo software was used to create a three-dimensional model of the lighting system, ensuring compliance with current regulations and optimizing illuminance levels in the hospital's outdoor areas. A comparison was made between the light intensity regulation system and a conventional on-off system, evaluating energy savings by automatically adjusting the lighting to 30% when there is no activity and to 100% when activity is detected. The results indicated that the regulation system is more efficient, achieving a monthly savings of 4,675.73 soles. Additionally, the financial evaluation showed a positive Net Present Value of 139,327.99 soles and an Internal Rate of Return of 13%, with a payback period of 3.74 years, confirming that the implementation of the system is both cost-effective and sustainable in the medium term. This study provides an effective solution to enhance energy efficiency in the hospital's outdoor lighting, contributing to significant energy savings.

Keywords: Energy savings, DIALux evo, Exterior lighting, LED luminaires, Light regulation.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, el sistema de alumbrado del Hospital Hipólito Unanue de Tacna se encuentra instalado con luminarias de vapor de sodio. Estas luminarias son comunes en el alumbrado de parques, avenidas y espacios privados, pero son ineficientes en términos de consumo energético. Además, tienen un bajo índice de reproducción cromática, lo que distorsiona el color de los alrededores, y una vida útil corta. también, funcionan a plena potencia durante toda la noche, independientemente de la necesidad de iluminación.

1.2. FORMULACIÓN DE INTERROGANTES

¿Qué software es el más adecuado para simular y analizar el sistema de alumbrado del Hospital Hipólito Unanue?

¿Cómo se podría optimizar el consumo energético del sistema de alumbrado?

¿Cuál sería el porcentaje de ahorro energético entre un sistema de alumbrado convencional (ON/OFF) y uno regulable?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis general

La implementación de un sistema de alumbrado exterior con luminarias LED y regulación de intensidad lumínica en el Hospital Hipólito Unanue reducirá



significativamente el consumo energético, contribuyendo a una mayor sostenibilidad ambiental y económica.

1.3.2. Hipótesis específico

- El uso de luminarias LED con regulación de intensidad reducirá el consumo energético en al menos un 40% en comparación con un sistema de alumbrado de encendido y apagado.
- La implementación de un sistema de regulado prolongará la vida útil de las luminarias al operar a menor intensidad durante horas de baja actividad, reduciendo los costos de mantenimiento.
- El sistema de iluminación con LED mejorará la calidad de iluminación, proporcionando un índice de reproducción cromática más alto, lo que optimizará la visibilidad y percepción en las áreas exteriores del hospital.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La implementación de un sistema de alumbrado basado en tecnología LED y regulación de intensidad lumínica representa una alternativa altamente eficiente. Esto no solo genera ahorro de energía eléctrica, lo que se traduce en una reducción en el costo de la factura eléctrica, sino que también tiene beneficios ambientales significativos. Al adoptar esta solución, contribuiremos a la protección del medio ambiente al reducir la contaminación lumínica y las emisiones de CO₂.

1.4.1. Justificación económica

En la actualidad, el crecimiento de la demanda energética a nivel industrial, comercial y doméstico ha generado una crisis energética considerable. En los últimos años, el costo de la energía eléctrica ha ido en aumento, lo que nos



obliga a considerar alternativas más eficientes para su uso. Una de estas alternativas es el ahorro de energía, ya que cada energía ahorrada se convierte en energía disponible para otros fines. Esto se traduce en una reducción significativa en la facturación del consumo eléctrico.

Aunque la implementación inicial de un sistema de alumbrado regulable puede tener un costo elevado, es importante considerar que este gasto se podrá recuperar en el corto plazo. ¿Cómo? Principalmente a través de dos factores:

- **Reducción del Mantenimiento:** Al utilizar tecnologías más eficientes, como las luminarias LED, se disminuye la necesidad de mantenimiento. Las lámparas LED tienen una vida útil más larga, lo que reduce los costos asociados con reemplazos frecuentes.
- **Menor Consumo Energético:** Al regular la intensidad lumínica y utilizar sistemas de control inteligente, como sensores de presencia o programación horaria, se logra una disminución significativa en el consumo de energía (kilovatios-hora, Kw/h). Esta reducción permite ahorros económicos a lo largo del tiempo.

1.4.2. Justificación ambiental

Al utilizar luminarias LED y controlar la intensidad lumínica, reduciremos la dispersión de luz innecesaria a los alrededores como el cielo. Esto contribuye a preservar la oscuridad natural de la noche, beneficiando a la fauna nocturna de la zona. Además, al disminuir el consumo eléctrico, contribuimos a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, evitando así la quema de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica.



1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo general

Estudiar e implementar un sistema de regulación de intensidad lumínica para la iluminación en exteriores, con el fin de mejorar la eficiencia energética en el Hospital Hipólito Unanue de Tacna.

1.5.2. Objetivos específicos

- Análisis de los niveles de iluminación del sistema exterior tanto al 100% como al 30% de su capacidad lumínica, para evaluar su eficiencia.
- Implementar un sistema de regulación de intensidad lumínica que ajuste automáticamente los niveles de iluminación según la actividad, reduciendo el consumo energético durante horas de baja actividad.
- Realizar un análisis comparativo entre el sistema de alumbrado con regulación de intensidad lumínica y un sistema convencional de encendido y apagado, evaluando el consumo energético y el impacto económico para determinar la implementación del sistema regulado.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

PRIMER ANTECEDENTE

Fontana et al. (2021), en su artículo titulado “CONTAMINACIÓN LUMÍNICA: LA ILUMINACIÓN LED. UN ANÁLISIS DEL CONOCIMIENTO ACTUAL DE SUS EFECTOS SOBRE PLANTAS Y ANIMALES”

Presenta las siguientes conclusiones:

La contaminación lumínica tiene múltiples efectos comprobados que afectan al medio ambiente, a las plantas, a los animales y, por supuesto, al ser humano. A lo largo de la evolución, los organismos se han adaptado a la alternancia natural entre la luz y la oscuridad. Sin embargo, con la introducción de tecnologías de iluminación artificial en poco más de un siglo, hemos alterado esta situación original. Aunque hemos logrado sistemas de iluminación cada vez más eficientes, también hemos incrementado la contaminación lumínica. Curiosamente, este tipo de contaminación ha recibido menos atención que otros tipos, quizás porque se percibe como menos perjudicial. La llegada masiva de sistemas de iluminación LED y el aumento exponencial de áreas iluminadas han exacerbado los problemas. Por tanto, ha surgido un gran interés en investigar y abordar estos efectos, al menos de manera parcial. Las especies y los ecosistemas han sufrido consecuencias en sus ritmos biológicos, patrones de descanso y actividad, reproducción, alimentación y salud en general.



Además, estas tecnologías emergentes desempeñan un papel crucial en la conservación de energía, lo que a su vez reduce significativamente nuestra huella de carbono. Las soluciones ya están disponibles y muchas están en proceso de desarrollo, mientras se establecen regulaciones relacionadas con su aplicación, uso y materiales.

La creación de organizaciones científicas como la International Dark Sky Association refleja un creciente interés en encontrar un equilibrio entre las fuentes de luz artificial y el entorno natural. Estas instituciones promueven prácticas responsables para reducir la contaminación lumínica. Además, se enfatiza la importancia de concienciar sobre el uso racional de los recursos.

SEGUNDO ANTECEDENTES

Ríos et al. (2019), presenta un artículo titulado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLATAFORMA CLOUDIOT DE CONTROL INTELIGENTE DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN INTERIOR CON SUMINISTRO EN LVDC.”

Presenta las siguientes conclusiones:

Mediante un análisis comparativo entre luminarias fluorescentes y LED utilizando el software de diseño y simulación DIALux, se concluyó que las luminarias LED son más eficientes en términos de iluminación y consumo energético que las luminarias fluorescentes. Las luminarias LED utilizadas garantizan un nivel de iluminancia constante de 300 lux en diversas superficies de trabajo, cumpliendo con los estándares establecidos en la normativa de iluminación para espacios interiores (UNE-EN 12464-1)

El prototipo tiene la capacidad de mejorar la eficiencia energética del sistema de iluminación al encender la luminaria solo cuando detecta presencia en el espacio interior



evaluado, y apagarla cuando no hay usuarios presentes. Además, optimiza el uso de la luz natural mediante la apertura automática de la persiana, lo que resulta en una reducción adicional del consumo eléctrico.

Al evaluar el prototipo de control de iluminación inteligente en un espacio interior con una iluminación de 350 lux, se encontró que, durante días soleados y parcialmente nublados, se logra un ahorro del 73% en el consumo eléctrico. En días completamente nublados, el ahorro es del 62.5%. Estos porcentajes se obtuvieron al comparar la luminaria LED controlada con la luminaria fluorescente existente.

Los estudios comparativos realizados para evaluar el ahorro en consumo eléctrico y el impacto económico de diferentes propuestas de reemplazo de luminarias en la sala de investigación confirman que sustituir las luminarias ineficientes por luminarias LED resulta en un significativo ahorro económico. En la sala evaluada, solo al cambiar las luminarias fluorescentes por luminarias LED Lithonia, se lograría un ahorro de \$2,223.22 en un período de análisis de 15 años. Esto representa una reducción anual del consumo eléctrico en la sala de investigación del 52.38%

TERCER ANTECEDENTE

Chacón-Avilés et al. (2017), en su artículo titulado “PROCESO DE DISEÑO DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN LED ENERGÉTICAMENTE AUTÓNOMOS”.

Presenta las siguientes conclusiones:

En este artículo, se examinaron tanto teórica como experimentalmente las características físicas clave de los dispositivos LED. Se confirmó la eficiencia lumínica y el índice de reproducción del color en algunos de estos dispositivos.



En relación al color de algunos de estos dispositivos, es importante destacar que las diferencias en el flujo luminoso pueden cuantificarse y afectan directamente la eficiencia del sistema. Estas diferencias nos proporcionan información sobre la cantidad real de luz que emiten en comparación con sus especificaciones nominales. Además, la eficacia luminosa tiene un impacto directo en la calidad de la luz, aunque su medición precisa requiere la instrumentación adecuada.

Mediante el uso de reguladores PI, es posible lograr un control preciso de la corriente en los LED aplicando un modelo lineal basado en su resistencia dinámica y su tensión de corte. Sin embargo, es importante destacar que este modelo no es válido para valores bajos de corriente debido a la dinámica no lineal inherente a los LED. Estos reguladores también permiten diseñar circuitos de carga para baterías de iones de litio, respetando los ciclos de carga. Por otro lado, mediante el uso de convertidores elevadores, se puede obtener una alta eficiencia, transfiriendo prácticamente toda la energía al LED. Es relevante mencionar que, para lograr un control adecuado de la corriente en el LED, es necesario dimensionar un dispositivo de disipación (ya sea activo o pasivo), ya que la temperatura tiene un impacto directo en el funcionamiento del LED.

2.2. SUSTENTO TEÓRICO

2.2.1. Luminaria

Según la Norma UNE-EN 60598-1, se define luminaria como aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de lámparas, (excluyendo las propias lámparas) y, en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación (Aenor, 2005).

Las luminarias están formadas por un conjunto de elementos diseñados para proporcionar suficiente radiación luminosa en base a la energía eléctrica. (Luminotecnia, 2002).

Figura 1

Luminaria tipo led modelo urbano de la marca LUG Light Factory



Nota: Tomado de

<https://www.luglightfactory.com/en/products/infrastructurallighting/variant/130222.5L781.181>

2.2.2. Óptica

La óptica se ocupa de diseñar y construir cosas como espejos y lentes para controlar la luz. Imagina que las fuentes de luz pueden usar estos trucos para ser más eficientes. Por ejemplo, los faros utilizan lentes especiales para hacer que la luz se extienda más lejos y guiar a los barcos hacia el puerto. Las ópticas ayudan a “poner la luz donde queremos”, aumentar la intensidad lumínica, protegernos de deslumbramientos, y en el caso del LED, cuidan al chip del contacto con el ambiente, entre otras ventajas (iluminet, 2015).

Figura 2

Óptica de la luminaria tipo led.



Nota: Tomado de <https://evolux.cl/blog/tag/%C3%93ptica+LED>

2.2.3. Driver

El led, al no poder conectarse directamente a tensión de red, requiere de un sistema de fuente de alimentación, denominado Driver (osinergmin, 2013).

El led es un dispositivo de voltaje bajo y necesita un valor continuo de tensión aplicado entre su ánodo y cátodo para emitir luz, Los drivers utilizados para la alimentación led pueden ser de tensión constante o de corriente constante además de regulables o domables (Ferri, 2020).

Los drivers constantes actuales fijan la corriente o la tensión y modifican el valor del parámetro no fijado en función de la carga de leds (Fernández Ferri, 2020).

Figura 3

Driver Dalí de la marca ledvance



Nota: Tomado de <https://www.ledvance.es/profesional/productos/tiras-led--modulos-y-electronica/drivers-led-para-tiras-y-modulos-led/corriente-constante-interior/corriente-constante-interior/driver-led-de-corriente-constante-compacto-con-interfaz-de-regulacion-dali-c7638?productId=109065>

2.2.4. Disipador de calor

La principal causa de la depreciación del flujo luminoso es el calor producido en el interfaz de unión del LED, por el proceso de generación de la luz, al no emitir radiación infrarroja (IR), el calor producido en el proceso de generación de la luz debe ser disipado por conducción o convección (osinergmin, 2013).

Figura 4

Aletillas disipadoras de calor



Nota: Tomado de <https://sp.schreder.com/es/producto/iluminacion-vial-led-avento>

2.2.5. Luminaria led

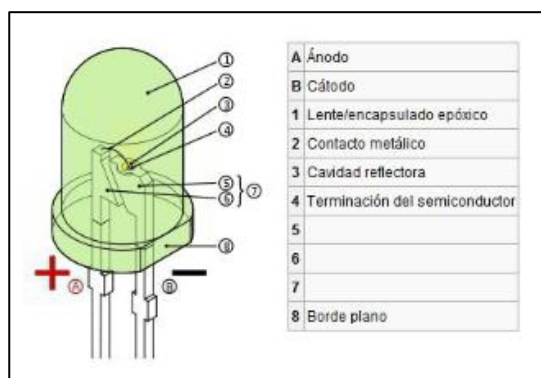
Un LED (de la sigla inglesa LED: Light-Emitting Diode: „diodo emisor de luz“) es un diodo semiconductor que emite luz y funciona como un dispositivo de tipo unión pn; cuando una corriente eléctrica pasa a través de él, impulsada por una fuente externa y fluyendo en una sola dirección desde la parte p a la parte n, los electrones se combinan con los huecos en el semiconductor y liberan energía en forma de fotones, generando luz mediante un proceso llamado electroluminiscencia, donde el color de la luz emitida está determinado por la banda de energía del semiconductor, resultando en una luz casi monocromática.(Oscco et al., 2012).

2.2.6. Ventajas de las luminarias led

- Son más eficientes que otras formas de iluminación, lo que significa que usan menos electricidad, lo que ayuda a mantener bajas sus facturas de electricidad.
- Tienen una vida útil más larga que otros tipos de iluminación, lo que significa que no es necesario reemplazarlas con frecuencia y reduce el mantenimiento del sistema.
- Son más duraderas y resistentes a las vibraciones y los golpes que otras formas de iluminación, lo que las hace ideales para ambientes exteriores.
- Son más versátiles y pueden generar una amplia variedad de colores y efectos de iluminación.
- No emiten calor, lo que significa que no contribuyen al calentamiento global y no aumentan la temperatura ambiente.
- Son más seguras porque no contienen mercurio u otros materiales tóxicos que se encuentran en algunas bombillas fluorescentes.

Figura 5

Diodo led



Nota: Tomado de <https://www.luglightfactory.com/en/products/infrastructural-lighting/variant/130222.5L781.181>

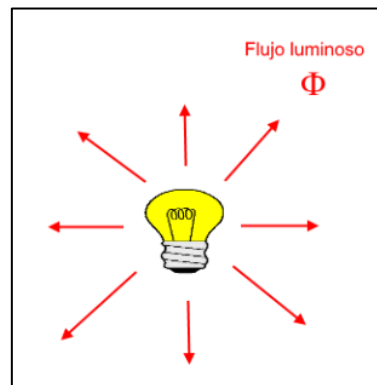
2.2.7. Magnitudes luminosa y unidades

2.2.7.1. Flujo luminoso

El flujo luminoso se refiere a la cantidad total de luz que emite una fuente, abarcando tanto la producción completa de luz de la fuente como la cantidad que llega a una superficie determinada (Meza, 2021).

Figura 6

Representación del flujo luminoso



Nota: Tomado de

<https://www.comparalux.es/www/apuntes/magnitudesFundamentales.php>

El flujo luminoso se representa por la siguiente formula:

$$\phi = \frac{Q}{t} \dots \dots \dots (Ec. 1)$$

donde:

ϕ : flujo luminoso (lm)

Q: cantidad de luz emitida en lúmenes por segundo

T: tiempo de emisión de luz en segundos (s)

2.2.7.2. Iluminancia

La iluminancia describe la cantidad de flujo luminoso que cae sobre una superficie u objeto (Meza, 2021).

La iluminancia se representa por la siguiente formula:

$$E = \frac{\phi}{A} \dots\dots\dots (Ec. 2)$$

donde:

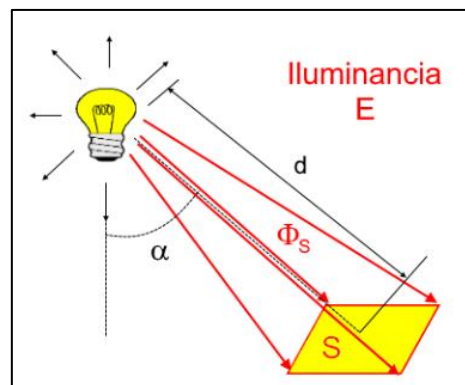
E: iluminancia lux (lx)

ϕ : flujo luminoso sobre una superficie (lm)

A: área de la superficie (m2)

Figura 7

Representación de la iluminancia



Nota: Tomado de

<https://www.comparalux.es/www/apuntes/magnitudesFundamentales.php>

2.2.7.3. Intensidad luminosa

Es la cantidad de flujo luminoso que emite una fuente de luz en una dirección específica por unidad de ángulo sólido refleja cómo se distribuye la luz en el espacio, y se mide en estereorradianes, expresando la magnitud del flujo luminoso en un ángulo sólido determinado (Giménez et al., 2013).

La intensidad luminosa se representa por la siguiente formula

$$I = \frac{\phi}{A} \dots\dots\dots (Ec. 3)$$

donde:

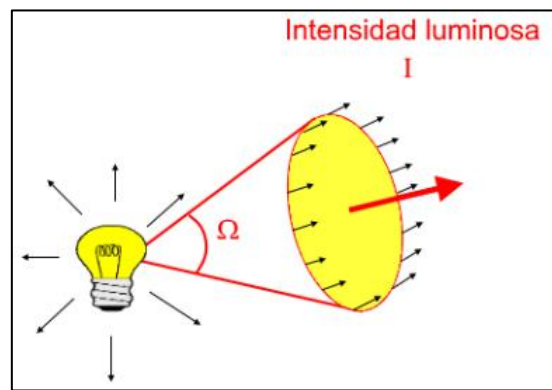
I: intensidad luminosa en candela (cd)

ϕ : flujo luminoso sobre una superficie (lm)

A: Angulo solido en estereorradianes (sr)

Figura 8

Representación de la intensidad luminosa



Nota: Tomado de

<https://www.comparalux.es/www/apuntes/magnitudesFundamentales.php>

2.2.7.4. Luminancia

La luminancia es el único parámetro básico de iluminación que es percibido por el ojo; describe, por un lado, la impresión de brillo que emite una fuente de luz, y por otro, la apariencia de una superficie, por lo que depende en gran medida del grado de reflexión, incluyendo el color y la textura de la superficie) (Meza, 2021).

La luminancia se representa por las siguientes formulas:

$$L = \frac{I}{A \times \cos(E)} \dots\dots\dots (Ec. 4)$$

donde:

L: luminancia en (cd/m²)

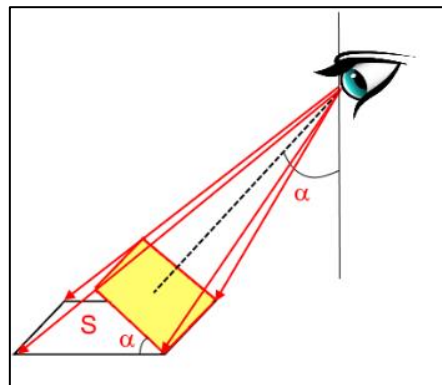
I: intensidad luminosa (cd)

E: iluminancia lux (lx)

A: área de la superficie (m²)

Figura 9

Representación de la luminancia.



Nota: Tomado de

<https://www.comparalux.es/www/apuntes/magnitudesFundamentales.php>

2.2.8. Rendimiento de color

2.2.8.1. Temperatura de color

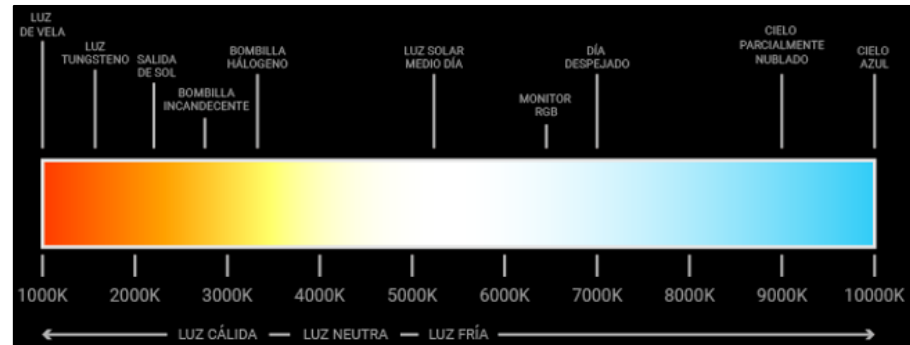
Las fuentes de luz suelen emitir una amplia gama de longitudes de onda, pero generalmente se percibe un solo color, conocido como la «temperatura de color» de la fuente. Esta temperatura de color se refiere al color de un cuerpo negro idealizado que se calienta a una temperatura específica medida en kelvins; por ejemplo, el sol tiene una temperatura de color de 5780 K cuando se observa al mediodía, lo que lo aproxima al color de un radiador del cuerpo negro idealizado (Austrian Energy Agency, 2018).

La iluminación LED, a diferencia de muchas tecnologías de iluminación tradicionales, permite ajustar o seleccionar la temperatura de color de manera flexible para diversas aplicaciones, aunque es crucial considerar que esta temperatura puede afectar la eficiencia energética del sistema de iluminación y tener impactos fisiológicos en humanos y animales; en general, una luz blanca fría con una temperatura de color alta mejora la eficiencia energética del sistema.(Austrian Energy Agency, 2018).

En otras palabras, es el color de luz que emite cada tipo de luminaria y su unidad de medida es en grados Kelvin (K).

Figura 10

Temperatura de color



Nota: Tomado de <https://www.luglightfactory.com/en/products/infrastructural-lighting/variant/130222.5L781.181>

2.2.8.2. Índice de Reproducción cromática (CRI)

Las fuentes de luz con la misma temperatura de color pueden reproducir de manera diferente los colores de los objetos y áreas iluminadas, ya que la reproducción del color no depende únicamente de la temperatura de color de una fuente, sino de las longitudes de onda espectrales que emite. Las fuentes de luz que proporcionan un espectro

completo de longitudes de onda reproducen los colores de los objetos iluminados de forma muy natural, mientras que las fuentes que solo emiten ciertos colores predeterminados solo favorecen la reproducción de esos colores específicos (Austrian Energy Agency, 2018).

Tabla 1

Niveles de índice de reproducción cromática

índice de reproducción cromática	Nivel de reproducción cromático
IRC de 85 a 100	excelente
IRC de 70 a 84	bueno
IRC de 400 a 69	aceptable
IRC menor de 40	limitado

Nota: Tomado de

https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/75442/ILUMINACION_GIE-3_2en1.pdf

Figura 11

Diferencia de índice de reproducción cromática en pistas.



Nota: Tomado de <https://blog.ledalmacen.com/2017/12/28/indice-reproduccion-cromatica-la-iluminacion-led/>

Tanto el color de la luz (temperatura del color) como la reproducción cromática de una fuente de luz son relevantes para la visibilidad y percepción de los objetos de nuestro entorno (Austrian Energy Agency, 2018).

Tabla 2

Niveles de índice de reproducción cromática de tipo de lámpara.

Tipo de lámpara	CRI
Mercurio	40-60
Halógenos metálicos	70-95
Vapor de sodio a baja presión (SBP)	monocromático
Vapor de sodio a alta presión (SAP)	20
LED	más de 80

Nota: Fuente (Austrian Energy Agency, 2018)

2.2.9. Criterios de calidad

2.2.9.1. Contaminación lumínica

Según la ley española 34/2017 define la contaminación lumínica como “El resplandor luminoso nocturno o brillo producido por la difusión y reflexión de la luz en los gases, aerosoles y partículas en suspensión en la atmósfera, que altera las condiciones naturales de las horas nocturnas y dificultan las observaciones astronómicas de los objetos celestes, debiendo distinguirse el brillo natural, atribuible a la radiación de fuentes u objetos celestes y a la luminiscencia de las capas altas de la atmósfera, del resplandor luminoso debido a las fuentes de luz instaladas en el alumbrado exterior” (Gobierno de España, 2007).

La contaminación lumínica, típicamente asociada con áreas urbanas, se origina del alumbrado nocturno excesivo o inadecuado y afecta no solo la visibilidad del cielo, sino que también tiene efectos negativos en el entorno urbano, como alteraciones en la biodiversidad de los ecosistemas, mayor consumo energético y generación de residuos. Este problema va más allá del despilfarro energético y los subproductos de la



generación de energía o el reciclaje de metales pesados y tóxicos en bombillas y lámparas (como mercurio y cadmio) (Moreno García & Martín Moreno, 2016).

2.2.9.2. Efectos de la contaminación lumínica en los animales

La luz artificial nocturna altera los ciclos biológicos de los animales y puede causar un significativo desequilibrio ecológico en los insectos, que dependen del ciclo lunar para sus procesos vitales como el estado larvario, la alimentación, el crecimiento y la reproducción. Esta alteración puede interrumpir sus ciclos vitales, llevando a menudo a su muerte. La disminución de ciertas especies de insectos afecta a los animales insectívoros y a las plantas que dependen de ellos para su reproducción, lo que provoca un desequilibrio en la funcionalidad de los ecosistemas y biomas (Sanhueza, 2019)

2.2.9.3. Deslumbramiento

El deslumbramiento, es una forma de contaminación lumínica, ocurre cuando los rayos de luz dificultan o impiden la visión, y está estrechamente relacionado con la seguridad vial. Este fenómeno puede ser causado tanto por un exceso de luz como por una orientación incorrecta de las luminarias, que proyectan la luz directamente hacia los ojos. A lo largo del tiempo, se ha aumentado la intensidad de la iluminación con la intención de mejorar la seguridad, lo que ha llevado a la percepción errónea de que más luz equivale a mayor seguridad, cuando en realidad, el exceso de iluminación puede aumentar el deslumbramiento. Dado el funcionamiento particular del ojo humano en condiciones nocturnas, es



recomendable evitar un exceso de luz y ajustar los niveles de iluminación para optimizar la visibilidad nocturna, evitando así la proliferación de alumbrados excesivos. (Moreno García & Martín Moreno, 2016).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El proyecto se ubica en la región de Tacna, provincia de Tacna, distrito de Tacna, específicamente en el hospital Hipólito Unanue.

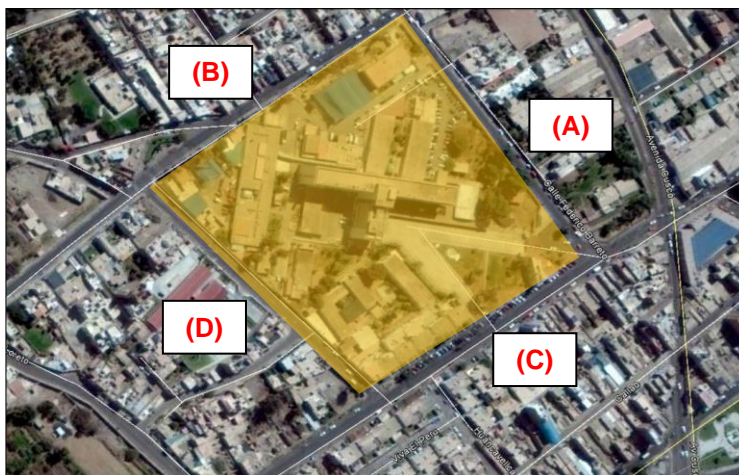
3.1.1. Ubicación

El área del actual hospital tiene los siguientes límites:

- Hacia el Este: Calle Federico Barreto (A) 214.80 ml
- Hacia el norte: Av. Dos de mayo (B) 211.59 ml
- Hacia el sur: calle Blondell (C) 176.65 ml
- Hacia el Oeste: calle Daniel Alcides Carrión (D) 219.23 ml

Figura 12

Ubicación geográfica del proyecto.

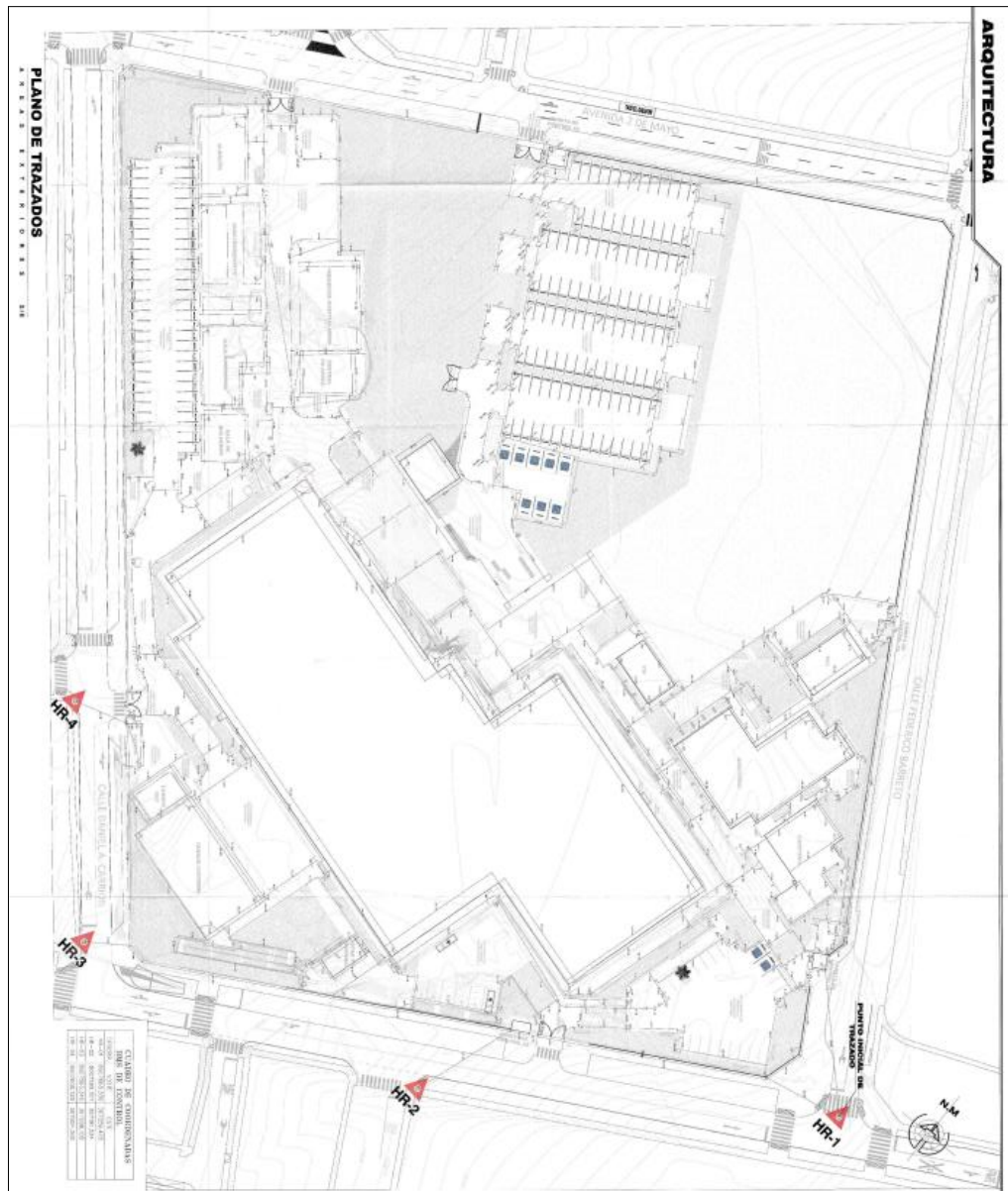


Nota: Fuente Google maps

3.1.2. Planimetría general

Figura 13

Planimetría general del HHU



Nota: Tomado de <https://serviciosonline.regiontacna.gob.pe/expediente/> (especialidad de arquitectura)



3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

La población del presente estudio está constituida por 279 luminarias en las áreas exteriores del hospital, esta cantidad de luminarias corresponden al total de dispositivos a evaluar. El análisis se centrará en su desempeño energético y en la implementación de un sistema de regulación de intensidad lumínica, con el objetivo de mejorar la eficiencia energética.

3.2.2. Muestra

Dado que la población está conformada por un total de 279 luminarias, el estudio se realizará sobre la totalidad de las luminarias para garantizar que los resultados reflejen de manera precisa la realidad del sistema de iluminación exterior.

3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La metodología propuesta para el desarrollo de este proyecto de tesis se enmarca en una investigación de tipo cuantitativo dado que se basa en el análisis de datos numéricos relacionados con el consumo energético, el costo de la energía y los indicadores financieros (VAN, TIR, Payback. La cual busca evaluar el impacto del sistema de regulación de intensidad lumínica en comparación con el sistema convencional.

Además, la investigación es de tipo aplicada ya que se busca implementar una solución que optimice el consumo eléctrico a través de la instalación de un sistema de regulación de intensidad lumínica, para mejorar la eficiencia energética y así reducir los costos de la factura eléctrica.



3.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es del tipo no experimental, ya que no se manipulan las variables de manera directa. Sino que, se observarán y analizarán los efectos del sistema de alumbrado con regulación de intensidad mediante simulaciones y comparaciones entre un sistema con encendido/apagado y un sistema regulado.

El enfoque es transversal, dado que se evaluarán los datos en un momento específico, y comparativo, ya que se realizará una comparación entre dos sistemas: uno de encendido/apagado y otro con regulación de intensidad lumínica, esto nos permitirá analizar las diferencias en consumo energético y económicos. Las simulaciones con el software DIALux evo permitirá modelar el sistema de alumbrado, evaluar la eficiencia energética, y analizar cómo las diferentes intensidades lumínicas (30% y 100%) afectan el consumo de energía.

3.5. PROCEDIMIENTO DE RECOJO DE DATOS

3.5.1. Etapa de diseño y modelado del sistema

El primer paso en el proyecto es el diseño y modelado del sistema de alumbrado utilizando DIALux evo, una herramienta avanzada que permite simular y planificar sistemas de iluminación en una vista 3D.

3.5.1.1. Software DIALux evo

DIAL, la empresa creadora de DIALux, fue fundada en 1989 y desde entonces ha proporcionado una extensa gama de servicios en desarrollo de software, diseño de iluminación, luminotecnia y automatización de edificios.



DIALux es un programa de código abierto para el desarrollo de proyectos basados en iluminación. Facilita la documentación de los resultados obtenidos a través de visualizaciones realistas y viene equipado con bibliotecas de los principales fabricantes del mundo. Toma datos CAD de varios softwares de arquitectura como base, los procesa y los envía de vuelta al programa principal. Además, permite la utilización de modelos 3D obtenidos de la web. También evalúa los sistemas de iluminación para garantizar la conformidad con los estándares nacionales e internacionales existentes, dichos software puede ser descargado a través de su página oficial (<https://www.dialux.com/es-ES/>).

DIALux evo es una herramienta de diseño de sistemas de iluminación, que permite crear modelos 3D detallados de los espacios a iluminar. Para el Hospital Hipólito Unanue, el software ayudará a:

- Crear un modelo en 3D del área exterior del hospital incluyendo, caminerías. Estacionamiento, pase vehicular entre otros.
- Simular diferentes escenarios de iluminación con luminarias tipo LED para encontrar una distribución óptima para el sistema.
- Calcular niveles de iluminancia cumpliendo con normativas y estándares de alumbrado exterior.
- Optimizar la ubicación de las luminarias asegurando una distribución uniforme y así evitar puntos oscuros.

3.5.1.2. Normativa

Según la norma “NORMA TÉCNICA EM.010 INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERIORES DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES – 2019”

Tabla 3

Norma técnica EM.010

10. ESTACIONAMIENTOS						
Nº Ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	EM lux	UG RL	Uo	Ra	Requisitos específicos
	Rampas entrada / salida (durante el día)	300	25	0.4	40	1. Iluminancias a nivel del suelo 2. Se deben reconocer los colores de seguridad
	Rampas entrada / salida (durante la noche)	75	25	0.4	40	1. Iluminancias a nivel del suelo 2. Se deben reconocer los colores de seguridad
	Calles interiores	75	25	0.4	40	1. Iluminancias a nivel del suelo 2. Se deben reconocer los colores de seguridad
	Áreas de parqueo	75	-	0.4	40	1. Iluminancias a nivel del suelo 2. Se deben reconocer los colores de seguridad 3. Una elevada iluminancia vertical aumenta el reconocimiento de las caras de las personas y, por ello, la sensación de seguridad

Nota: Fuente (Ministerio de Vivienda, 2019)

3.5.1.3. Luminarias

Las luminarias a emplearse serán del tipo led de la marca LUG Light Factory la Tolerancia de flujo luminoso +/- 10%; tolerancia de potencia +/- 5%; tolerancia a la temperatura de color +/- 5%. El haz de luz, la distribución de la intensidad de la luz y la eficiencia de la luz se examinaron de acuerdo con la norma EN ISO 17025:2005 para la serie de normas EN13032 y la norma LM-79. dichas luminarias tienen las siguientes características:



3.5.1.4. Datos eléctricos

- Eficiencia de la fuente de alimentación: $\leq 93\%$
- Alimentación: 220-240V 50/60Hz
- Incluye fuente de luz: si
- Tipo de equipo: ED-DALI
- Fuente de luz: lámpara LED

3.5.1.5. Información general

- LED de por vida (L90): 100 000 h
- Tipo de driver: DALI 2 o D4i, sensor crepuscular, interruptor de cuchilla, protección contra sobretensiones 10kV, NTC, conector NEMA, conector ZHAGA, Temperatura de color – 4000k.
- Aplicación: Vías rápidas, vías locales, vías urbanas, vías de zonas residenciales, pasos de peatones, iluminación de zonas, avenidas, paseo marítimo, ciclovías, espacios públicos, zonas de aparcamiento
- Información adicional: Ajuste de inclinación: -15° a $+15^\circ$ (cada 5°), CRI/Ra >70

3.5.1.6. Datos ópticos

- Forma de iluminación directa
- Tipo de óptica O33 - para vías rápidas
- Difusor de vidrio templado
- IRC/Ra: >70
- Temperatura de color[K]: 4000
- ULT/DLOR: 0%/100%



- Número de LED: 48

3.5.1.7. Conformidades

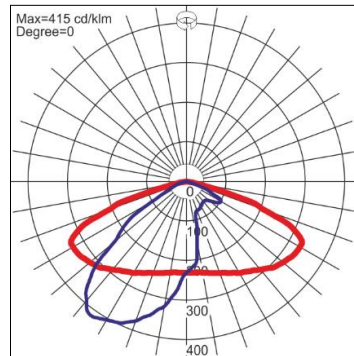
- Grupo de riesgo fotobiológico de no más de RG1, de acuerdo con la norma IEC 62471,
- Temperatura de Color – CT: 4000K
- Vida útil $\geq 100\ 000$ h por L90 según TM21.
- II clase de protección eléctrica según EN 61140.
- Grado de hermeticidad de la luminaria completa \geq IP66 según EN 60529.
- Resistencia a daños mecánicos \geq IK09 según EN 62262.
- Clase energética A++

Las luminarias de la marca LUG fueron seleccionadas principalmente por la accesibilidad de información técnica y por contar con certificaciones internacionales requeridas para el proyecto. Otro punto fue su integración con el software DIALux evo, ya que los plugin proporcionados por LUG son compatibles con el software, Estos plugin incluyen bibliotecas con especificaciones técnicas de las luminarias, permitiendo realizar simulaciones precisas y optimizar el diseño según las características reales de los productos. Además, facilitan la inserción de luminarias en el entorno de diseño, asegurando que se cumplan las normativas y los estándares específicos del proyecto.

3.5.1.8. Curvas de haz de luz

Figura 14

Curva de haz de luz de la luminaria de marca lug light factory

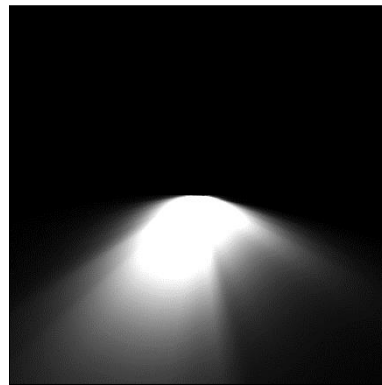


Nota: Tomado de <https://www.luglightfactory.com/en/products/infrastructural-lighting/urbino/urbino-led/130222.5L751.121>

3.5.1.9. Forma de iluminación

Figura 15

Forma de iluminación de la luminaria de marca lug light factory



Nota: Tomado de <https://www.luglightfactory.com/en/products/infrastructural-lighting/urbino/urbino-led/130222.5L751.121>

3.5.2. Implementación de sistema de regulación de intensidad lumínica

En el proyecto se implementaron luminarias de la marca LUG equipadas con un sensor de movimiento y un driver DALI (Digital Addressable Lighting Interface). Este tipo de luminarias permite una regulación precisa de la iluminación en dos niveles. Cuando se detecta movimiento, las luminarias operan

al 100% de su capacidad para asegurar una iluminación óptima. En ausencia de movimiento, la intensidad de la luz se reduce automáticamente al 30%, contribuyendo significativamente al ahorro de energía.

El driver DALI permite una comunicación bidireccional con un sistema de control, facilitando la programación personalizada de los niveles de iluminación según las necesidades específicas del entorno. Además, estos drivers vienen equipados con sensores de movimiento integrados, lo que permite monitorear la actividad en el área sin necesidad de instalar equipos adicionales ni conductores eléctricos extras, Esto no solo facilita la instalación, sino que también mejora la eficiencia operativa y reduce los costos de mantenimiento.

3.5.2.1. Luminaria led regulable

Las luminarias regulables, ofrece una solución eficiente y adaptable para el control de la iluminación en diversas zonas, como caminerías, estacionamientos, patios de maniobra entre otros.

Figura 16

Luminaria de marca lug light factory



Nota: Fuente (<https://www.luglightfactory.com/en/products/infrastructural-lighting/urbino/urbino-led/130222.5L751.121>)



3.5.2.2. Control de encendido y apagado

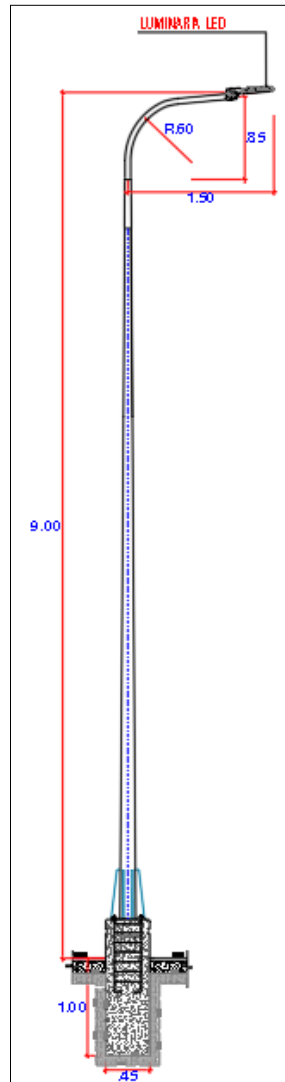
Para el control del encendido del sistema los equipos más comunes son los siguientes:

- **Reloj horario:** permiten programar horarios específicos para el encendido y apagado de las luminarias.
- **Reloj astronómico:** Los relojes astronómicos se sincronizan automáticamente con la hora local y las coordenadas geográficas, lo que les permite programar encendidos y apagados de luminarias según la posición del sol y la hora del día.
- **Reloj crepuscular:** los relojes crepusculares son dispositivos que detectan automáticamente el nivel de luz ambiental y regulan el encendido o apagado de las luminarias según la cantidad de luz natural presente.

3.5.2.3. Altura de instalación de las luminarias

Figura 17

Altura de instalación de las luminarias tipo led



Nota: Elaboración propia

3.5.2.4. Análisis del nivel de iluminación

Para realizar un análisis adecuado de los niveles de iluminación en distintos puntos de una superficie de cálculo, hemos empleado una combinación de dos métodos:



- Curvas isolux: son mapas gráficos que nos proporcionan información sobre la distribución de la luz en una superficie iluminada.
- Método de colores falsos: consiste en la degradación de colores para visualizar y analizar la distribución de la iluminación en un espacio, permite una visualización de manera grafica las variaciones de iluminancia en una superficie de cálculo.

Estas opciones, disponibles en el software utilizado, facilitan el análisis de la cantidad de luz y la uniformidad en cada punto de la superficie de trabajo.

3.5.3. Análisis del ahorro energético

El ahorro energético se logra con la reducción de la potencia eléctrica. Al disminuir los niveles de iluminación, se requiere menos corriente y voltaje para hacer funcionar las luminarias, por ende, se requiere un menor consumo de energía eléctrica, esta reducción permite optimizar el uso de la electricidad sin afectar la capacidad del sistema para iluminar adecuadamente las áreas, garantizando que la funcionalidad se mantenga sin desperdiciar recursos.

Para evaluar el ahorro energético derivado de la implementación de un sistema de alumbrado con regulación de intensidad en comparación con un sistema convencional de tipo on/off, se sigue un enfoque metódico. Este enfoque incluye los siguientes pasos:

3.5.3.1. Recopilación de datos

Para el sistema se instaló distintos tipos de luminarias en la cual se detallan las cantidades y potencia de consumo en la tabla 4.

Tabla 4

Datos técnicos de las luminarias utilizadas

Cantidad	Fabricante	Nombre del artículo	Potencia (w)	flujo luminoso Φ (lm)	Rendimiento lumínico
100	LUG Light Factory	POWERLUG MINI LED ED 3600lm/740 IP65 as szeroki szary	25	3600	144.0 lm/W
8	LUG Light Factory	URBINO LED ED 5200lm/740 O36 szary	35	5200	148.6 lm/W
25	LUG Light Factory	URBINO LED ED 7650lm/740 O36 szary	51	7650	150.0 lm/W
3	LUG Light Factory	URBINO LED ED 7800lm/740 O38 szary	51	7800	152.9 lm/W
15	LUG Light Factory	URBINO LED ED 10000lm/740 O36 szary	68	10000	147.1 lm/W
13	LUG Light Factory	URBINO LED ED 10200lm/740 O38 szary	68	10200	150.0 lm/W
112	LUG Light Factory	URBINO LED ED 14450lm/740 O36 szary	102	14450	141.7 lm/W
3	LUG Light Factory	URBINO LED ED 14750lm/740 O38 szary	102	14750	144.6 lm/W

Nota: elaboración propia

Para determinar las horas de funcionamiento del sistema se tomó como referencia el horario de atención del hospital.

Tabla 5

Horario de atención del hospital HHU

Horario de atención	
Admisión	Lunes – viernes, a partir de las 6:30
Consultorios Externos:	Lunes – viernes, 7:30 – 13:30
Horario de Visitas:	15:00 - 17:00
Mesa de Partes:	Lunes – viernes, 8:00 – 15:00



Emergencia: 24 horas

Farmacia 24 horas

Nota: Tomado de <https://www.hospitaltacna.gob.pe/web/>

– Horario de Funcionamiento del sistema de alumbrado:

El sistema funcionara durante 12 horas, estas 12 horas serán desde las 18:00 horas hasta las 06:00 horas del día siguiente, Esto se aplicará durante 30 días.

– Luminarias en el Área de Emergencia:

Las luminarias en el área de emergencia se consideró un encendido permanente durante toda la noche regulado al 100%. Esto garantiza una iluminación constante en caso de emergencia.

– Horas de funcionamiento:

Al ser un sistema regulado no se sabe con exactitud cuándo habrá actividad en diferentes áreas del hospital durante la noche. Por lo tanto, se considera que cada luminaria tiene 3 horas de funcionamiento regulado al 100% durante toda la noche, cada día.

3.5.3.2. Cálculo de consumo energético

Para obtener el consumo energético utilizaremos las siguientes formulas:

3.5.3.3. Potencia instalada

$$P.I = NI \times P \dots\dots\dots (Ec. 5)$$

P. I : Potencia instalada (w)

NI : Número de luminarias



P : Potencia de las luminarias (w)

3.5.3.4. Máxima demanda

$$MD = \frac{Q \times Ks}{1000} \dots\dots\dots (Ec. 6)$$

MD : Máxima demanda (kw)

Ks : Factor de simultaneidad

3.5.3.5. Factor de simultaneidad (ks)

Es común asumir que todas las cargas instaladas en una instalación operan simultáneamente, aunque en la práctica esto rara vez ocurre, ya que siempre hay un grado de variabilidad. Para estimar esta variabilidad, se utiliza el factor de simultaneidad, que se aplica a cada grupo de cargas, como las que se conectan a un tablero. El diseñador es responsable de determinar estos factores, ya que necesita un conocimiento detallado de las condiciones de funcionamiento de la instalación y de los circuitos individuales, por lo que no es posible proporcionar valores exactos para aplicaciones generales (Schneider Electric España, 2010)

Tabla 6

Valores de factor de simultaneidad.

Función del circuito	Factor de simultaneidad (Ks)
alumbrado	1
calefacción y aire acondicionado	1
tomas de corriente	de 0.1a 0.2

Nota: Fuente (Schneider Electric España, 2010)

Se tuvo en cuenta la construcción y certificación de conjuntos de conformidad con IEC 61439-1 y 2, según las normas internacionales IEC,



para la aplicación de los factores de la demanda máxima de la carga. Este manual está disponible en la página web: (<https://www.legrand.es/sites/g/files/ocwmcr651/files/2022-08/Guia-Normativas-Potencia-Legrand.pdf>)

3.5.3.6. Energía eléctrica consumida

$$Ec = MD \times H \dots\dots\dots (Ec. 7)$$

Ec : Energía consumida (kwh)

H : Horas de funcionamiento

3.5.3.7. Ahorro económico

$$Cm = Te \times Ec \dots\dots\dots (Ec. 8)$$

Cm : costo mensual (S/)

Te : tarifa energética

En el caso del hospital esta pertenece a la tarifa MT2 actualmente por ende se realizó el cálculo con la tarifa mencionada.

Tabla 7

Pliego tarifario de mt2

DESCRIPCION	UNIDAD	TARIFA
cargo por energia activa en punta (EAP)	ctm.S//kW.h	33.97
cargo por energia activa fuera de punta (EAFP)	ctm.S//kW.h	28.44
cargo por potencia activa de generacion en hp (PAG)	s//kw-mes	67.28
cargo por potencia activa de distribucion en hp (PAD)	s//kw-mes	17.64
cargo por exceso de potencia activa de distribucion en hfp (PADHFP)	s//kw-mes	18.97

Nota: Tomado de osinergmin.gob.pe/Tarifas/Electricidad/PliegoTarifario?Id=230000



3.5.4. Evaluación financiera

Se utilizó el cálculo para realizar la evaluación económica del proyecto, calculando el VAN, la TIR y el periodo de recuperación de la inversión (payback).

- Valor actual neto (VAN): Es una medida que calcula el valor presente de los flujos de caja futuros generados por una inversión, descontados a una tasa específica. El VAN indica cuánto valor agrega un proyecto en términos monetarios. Un VAN positivo significa que la inversión es rentable.
- Tasa interna de retorno (TIR): Es la tasa de descuento que hace que el valor actual neto (VAN) de un proyecto sea igual a cero. La TIR representa la tasa de retorno anualizada esperada de una inversión. Si la TIR es mayor que la tasa de descuento, el proyecto es considerado viable.
- Payback: Es el período de tiempo necesario para recuperar la inversión inicial a partir de los flujos de caja generados por el proyecto.

3.6. VARIABLES

3.6.1. Variables independientes

El tipo de sistema de iluminación (encendido / apagado vs regulado)

3.6.2. Variables dependientes

- Consumo energético (medido en kWh).
- Ahorro energético (%).
- Nivel de iluminación (lux).
- Impacto financiero (VAN, TIR, Payback).



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN DEL SISTEMA

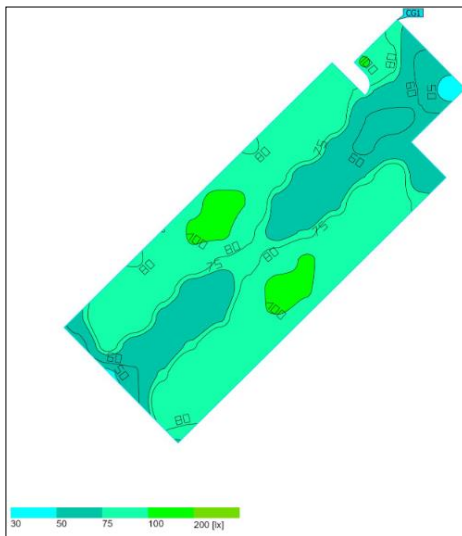
El análisis del nivel de iluminación del sistema de a iluminación permite verificar cómo se distribuye la luz en un área determinada, asegurando que cumpla con los requisitos técnicos según la norma EM. 010 (ver tabla 03). Este estudio evalúa si la iluminación media y la uniformidad cumpla según la norma establecida, garantizando visibilidad adecuada y seguridad. Además, se revisan escenarios de funcionamiento, como cuando el sistema opera al 100% y al 30% de su capacidad lumínica, lo que nos permite entender cómo el ajuste de la intensidad afecta tanto el rendimiento del sistema como el ahorro de energía.

4.1.1. Comparación de niveles de iluminación del sistema de iluminación

La comparación de los niveles de iluminación entre los dos modos de operación del sistema permite evaluar su eficiencia según las necesidades. Al analizar los niveles de iluminación al 100% y al 30% de su capacidad, se puede observar cómo el sistema responde ante variaciones en la intensidad lumínica, manteniendo uniformidad y asegurando que las áreas sigan cumpliendo con los requisitos de visibilidad. Este análisis es crucial para identificar no solo el ahorro energético que se logra con la regulación, sino también para garantizar que el sistema mantenga niveles adecuados de iluminación en todo momento.

Figura 18

Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg1-estacionamiento

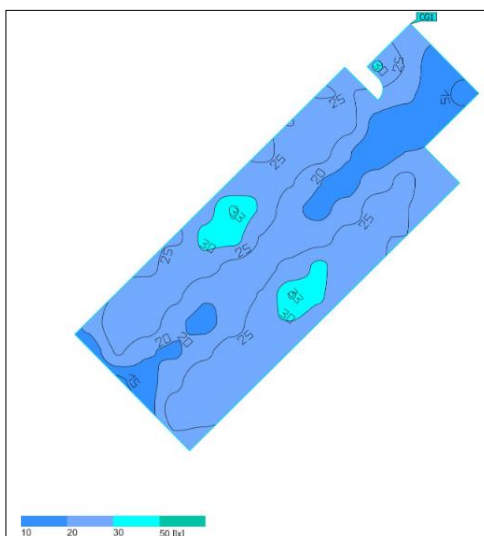


Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 18 muestra, el área (CG1), con la iluminación al 100% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 45.00 lux y un valor máximo de 109.00 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para garantizar la visibilidad y seguridad en el área, especialmente durante horas de alta actividad.

Figura 19

Distribución de iluminancia con regulación en el área cg1-estacionamiento



Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 19 muestra, el área (CG1), con la iluminación al 30% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 13.50 lux y un valor máximo de 32.70 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para momentos de baja actividad en el espacio, donde no se requiere el mismo nivel de visibilidad que en horas de actividad.

Tabla 8

Cuadro comparativo de la figura 18 y 19

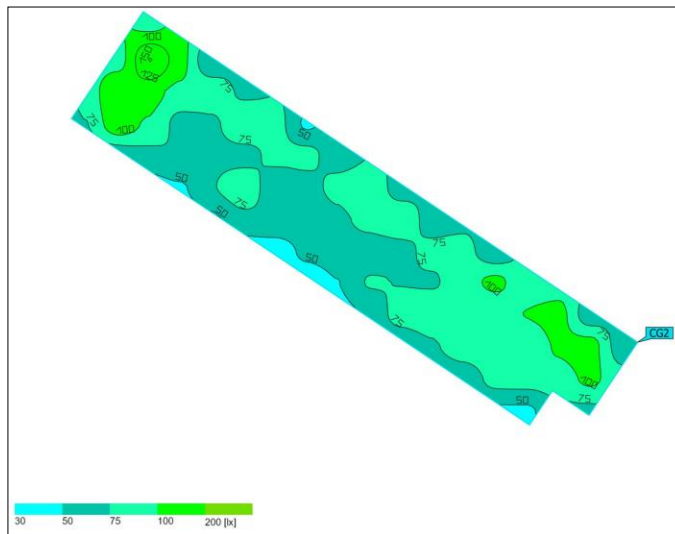
índice	superficie de cálculo	nivel de regulación (%)	E (lux)	Emín (lux)	Emáx (lux)	g ¹
CG1	estacionamiento	100	81.80	45.00	109.00	0.55
CG1		30	24.60	13.50	32.70	0.55

Nota: fuente elaboración propia.

La tabla 8 muestra una comparación clara entre ambos sistemas de iluminación. A pesar de la reducción de la intensidad lumínica, la uniformidad (g1) se mantiene constante en 0.55, lo que indica que el sistema sigue funcionando de manera uniforme. Además, los niveles de iluminación media se reducen significativamente de 81.80 lux a 24.60 lux. Aun con esta reducción, la variación en la iluminancia es moderada, lo que evidencia la eficacia del sistema de regulación de intensidad para optimizar el consumo energético sin afectar la seguridad ni la visibilidad en el área iluminada.

Figura 20

Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg2-estacionamiento

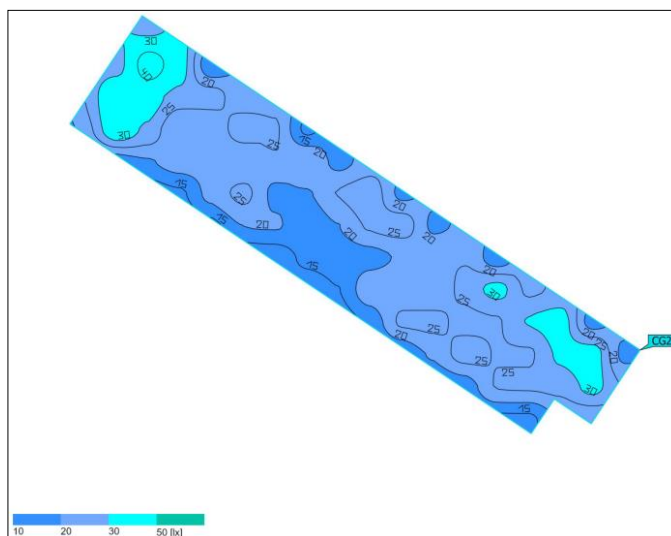


Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 20 muestra, el área (CG2), con la iluminación al 100% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 35.4 lux y un valor máximo de 151 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para garantizar la visibilidad y seguridad en toda el área, especialmente durante horas de alta actividad.

Figura 21

Distribución de iluminancia con regulación en el área cg2-estacionamiento



Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 21 muestra, el área (CG2), con la iluminación al 30% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 10.6 lux y un valor máximo de 45.3 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para momentos de baja actividad en el área, donde no se requiere el mismo nivel de visibilidad que en horas de actividad.

Tabla 9

Cuadro comparativo de la figura 20 y 21

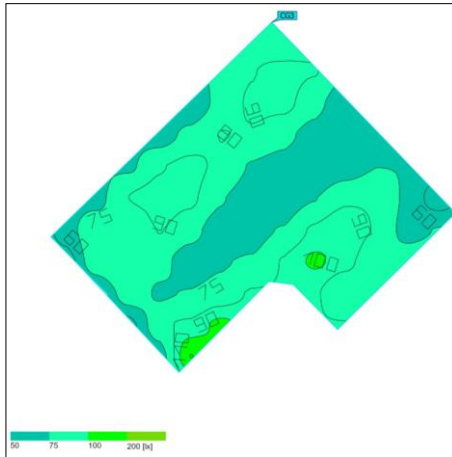
índice	superficie de cálculo	nivel de regulación (%)	E (lux)	Emín (lux)	Emáx (lux)	g ¹
CG2	estacionamiento	100.0	78.3	35.4	151.0	0.45
CG2		30.0	23.5	10.6	45.3	0.45

Nota: fuente elaboración propia.

La tabla 9 muestra una comparación clara entre ambos sistemas de iluminación. A pesar de la reducción de la intensidad lumínica, la uniformidad (g1) se mantiene constante en 0.45, lo que indica que el sistema sigue funcionando de manera uniforme. Además, los niveles de iluminación media se reducen significativamente de 78.3 lux a 23.5 lux. Aun con esta reducción, la variación en la iluminancia es moderada, lo que evidencia la eficacia del sistema de regulación de intensidad para optimizar el consumo energético sin afectar la seguridad ni la visibilidad en el área iluminada.

Figura 22

Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg3-estacionamiento para discapacitados

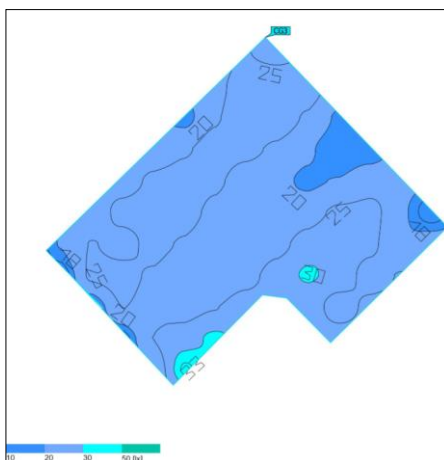


Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 22 muestra, el área (CG3), con la iluminación al 100% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 52.3 lux y un valor máximo de 110 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para garantizar la visibilidad y seguridad en todo el espacio, especialmente durante horas de alta actividad.

Figura 23

Distribución de iluminancia con regulación en el área cg3-estacionamiento para discapacitados



Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 23 muestra, el área (CG3), con la iluminación al 30% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 13.50 lux y un valor máximo de 32.70 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para momentos de baja actividad en el estacionamiento, donde no se requiere el mismo nivel de visibilidad que en horas de actividad.

Tabla 10

Cuadro comparativo de la figura 22 y 23

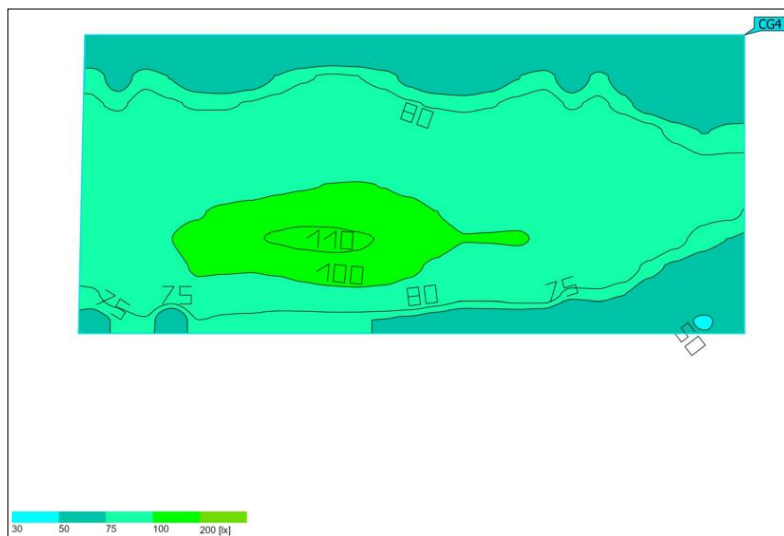
índice	superficie de calculo	nivel de regulacion (%)	E (lux)	Emín (lux)	Emáx (lux)	g ¹
CG3	Estacionamient	100.0	80.7	52.3	110.0	0.65
CG3	o para discapacitados	30.0	24.2	15.7	33.1	0.65

Nota: fuente elaboración propia.

La tabla 10 muestra una comparación clara entre ambos sistemas de iluminación. A pesar de la reducción de la intensidad lumínica, la uniformidad (g¹) se mantiene constante en 0.65, lo que indica que el sistema sigue funcionando de manera uniforme. Además, los niveles de iluminación media se reducen significativamente de 80.7 lux a 24.2 lux. Aun con esta reducción, la variación en la iluminancia es moderada, lo que evidencia la eficacia del sistema de regulación de intensidad para optimizar el consumo energético sin afectar la seguridad ni la visibilidad en el área iluminada.

Figura 24

Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg4-patio de maniobra

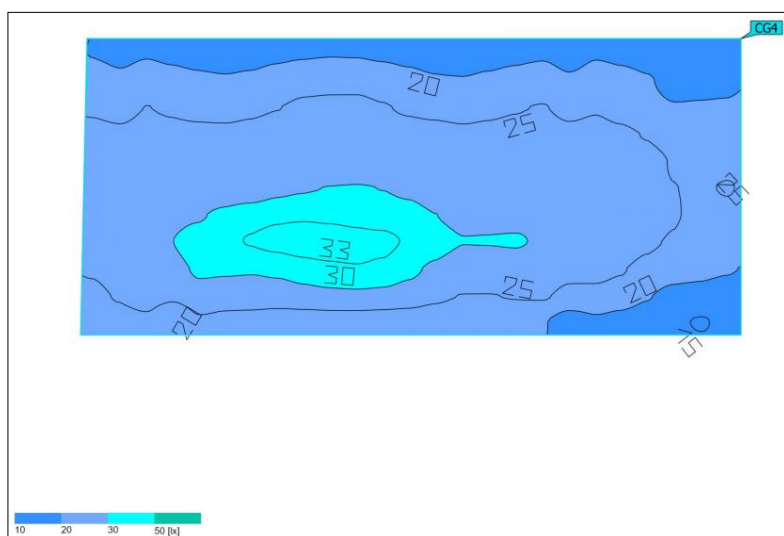


Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 24 muestra, el área (CG4), con la iluminación al 100% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 48.9 lux y un valor máximo de 112 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para garantizar la visibilidad y seguridad en el área, especialmente durante horas de alta actividad.

Figura 25

Distribución de iluminancia con regulación en el área cg4-patio de maniobra



Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 25 muestra, el área (CG4), con la iluminación al 30% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 14.7 lux y un valor máximo de 33.6 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para momentos de baja actividad en el área, donde no se requiere el mismo nivel de visibilidad que en horas de actividad.

Tabla 11

Cuadro comparativo de la figura 24 y 25

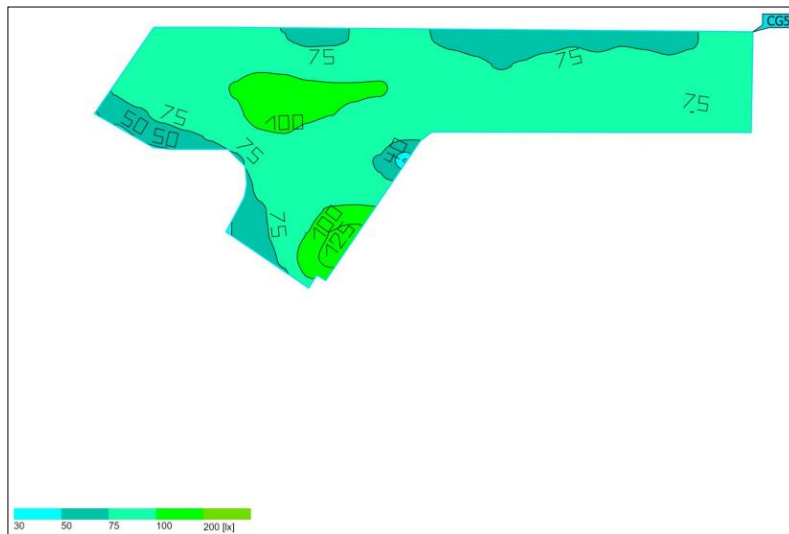
índice	superficie de cálculo	nivel de regulación (%)	E (lux)	Emín (lux)	Emáx (lux)	g ¹
CG4	Patio de	100.0	84.0	48.9	112.0	0.58
CG4	maniobra	30.0	25.2	14.7	33.6	0.58

Nota: fuente elaboración propia.

La tabla 11 muestra una comparación clara entre ambos sistemas de iluminación. A pesar de la reducción de la intensidad lumínica, la uniformidad (g1) se mantiene constante en 0.58, lo que indica que el sistema sigue funcionando de manera uniforme. Además, los niveles de iluminación media se reducen significativamente de 84 lux a 25.2 lux. Aun con esta reducción, la variación en la iluminancia es moderada, lo que evidencia la eficacia del sistema de regulación de intensidad para optimizar el consumo energético sin afectar la seguridad ni la visibilidad en el área iluminada.

Figura 26

Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg5-acceso vehicular

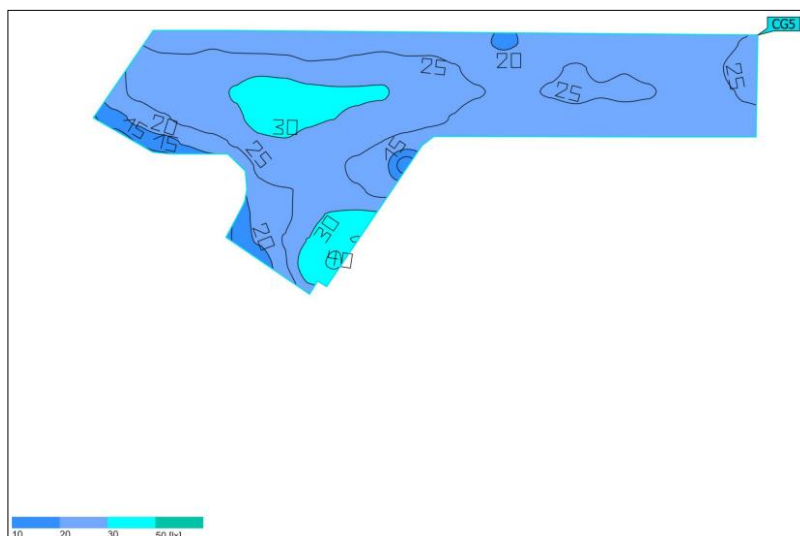


Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 26 muestra, el área de (CG5), con la iluminación al 100% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 39 lux y un valor máximo de 139 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para garantizar la visibilidad y seguridad en toda el área, especialmente durante horas de alta actividad.

Figura 27

Distribución de iluminancia con regulación en el área cg5-acceso vehicular



Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 27 muestra, el área de acceso vehicular (CG5), con la iluminación al 30% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 11.7 lux y un valor máximo de 41.7 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para momentos de baja actividad en el área, donde no se requiere el mismo nivel de visibilidad que en horas de actividad.

Tabla 12

Cuadro comparativo de la figura 26 y 27

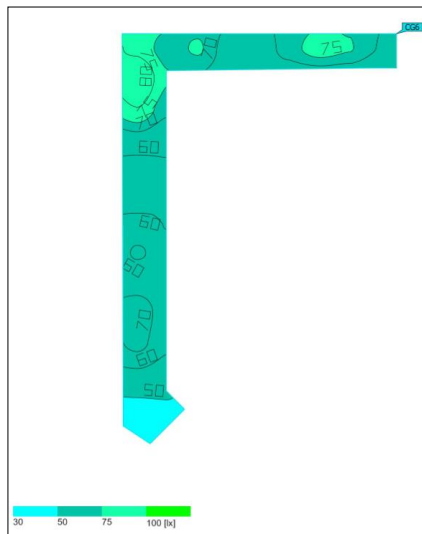
índice	superficie de calculo	nivel de regulacion (%)	E (lux)	Emín (lux)	Emáx (lux)	g ¹
CG5	Acceso	100.0	85.0	39.0	139.0	0.46
CG5	vehicular	30.0	25.5	11.7	41.7	0.46

Nota: fuente elaboración propia.

La tabla 12 muestra una comparación clara entre ambos sistemas de iluminación. A pesar de la reducción de la intensidad lumínica, la uniformidad (g1) se mantiene constante en 0.46, lo que indica que el sistema sigue funcionando de manera uniforme. Además, los niveles de iluminación media se reducen significativamente de 85 lux a 25.5 lux. Aun con esta reducción, la variación en la iluminancia es moderada, lo que evidencia la eficacia del sistema de regulación de intensidad para optimizar el consumo energético sin afectar la seguridad ni la visibilidad en el área iluminada.

Figura 28

Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg6-camineria

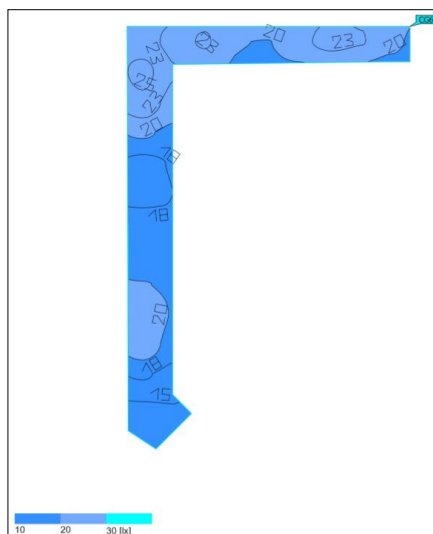


Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 28 muestra, el área (CG6), con la iluminación al 100% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 42.9 lux y un valor máximo de 66.9 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para garantizar la visibilidad y seguridad en el área, especialmente durante horas de alta actividad.

Figura 29

Distribución de iluminancia con regulación en el área cg6-camineria



Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 29 muestra, el área (CG6), con la iluminación al 30% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 12.9 lux y un valor máximo de 25.9 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para momentos de baja actividad en el área, donde no se requiere el mismo nivel de visibilidad que en horas de actividad.

Tabla 13

Cuadro comparativo de la figura 28 y 29

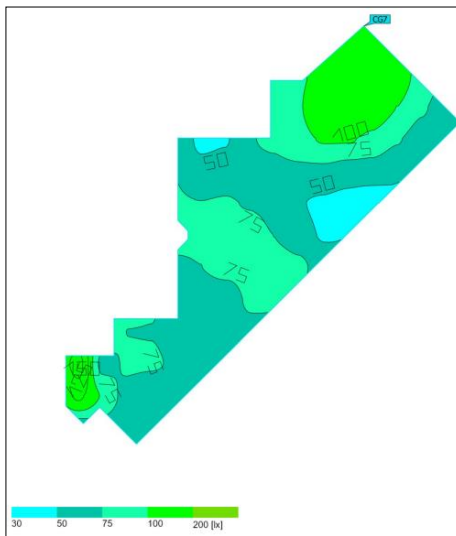
índice	superficie de calculo	nivel de regulacion (%)	E (lux)	Emín (lux)	Emáx (lux)	g ₁
CG6	caminería	100.0	66.9	42.9	86.2	0.64
CG6		30.0	20.1	12.9	25.9	0.64

Nota: fuente elaboración propia.

La tabla 13 muestra una comparación clara entre ambos sistemas de iluminación. A pesar de la reducción de la intensidad lumínica, la uniformidad (g₁) se mantiene constante en 0.64, lo que indica que el sistema sigue funcionando de manera uniforme. Además, los niveles de iluminación media se reducen significativamente de 66.9 lux a 20.1 lux. Aun con esta reducción, la variación en la iluminancia es moderada, lo que evidencia la eficacia del sistema de regulación de intensidad para optimizar el consumo energético sin afectar la seguridad ni la visibilidad en el área iluminada.

Figura 30

Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg7-camineria

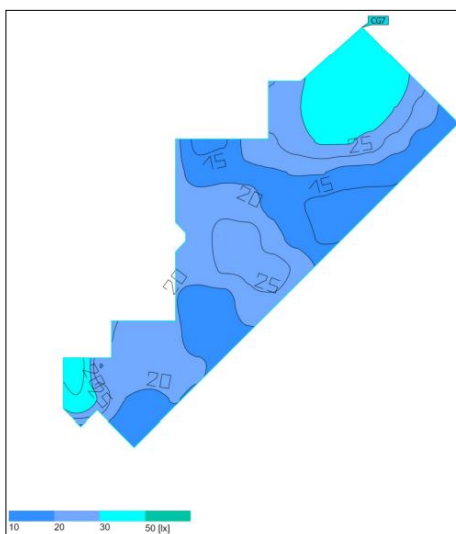


Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 30 muestra, el área (CG7), con la iluminación al 100% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 38.4 lux y un valor máximo de 158 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para garantizar la visibilidad y seguridad en el área, especialmente durante horas de alta actividad.

Figura 31

Distribución de iluminancia con regulación en el área cg7-camineria



Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 31 muestra, el área (CG7), con la iluminación al 30% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 11.5 lux y un valor máximo de 47.5 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para momentos de baja actividad en el área, donde no se requiere el mismo nivel de visibilidad que en horas de actividad.

Tabla 14

Cuadro comparativo de la figura 30 y 31

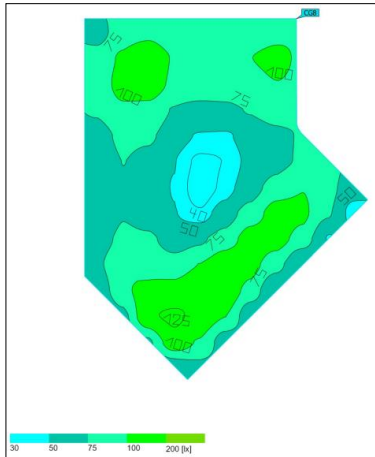
índice	superficie de calculo	nivel de regulacion (%)	E (lux)	Emín (lux)	Emáx (lux)	g ₁
CG7	caminería	100.0	78.3	38.4	158.0	0.49
CG7		30.0	23.5	11.5	47.5	0.49

Nota: fuente elaboración propia.

La tabla 14 muestra una comparación clara entre ambos sistemas de iluminación. A pesar de la reducción de la intensidad lumínica, la uniformidad (g₁) se mantiene constante en 0.49, lo que indica que el sistema sigue funcionando de manera uniforme. Además, los niveles de iluminación media se reducen significativamente de 78.3 lux a 23.5 lux. Aun con esta reducción, la variación en la iluminancia es moderada, lo que evidencia la eficacia del sistema de regulación de intensidad para optimizar el consumo energético sin afectar la seguridad ni la visibilidad en el área iluminada.

Figura 32

Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg8-estacionamiento de ambulancias

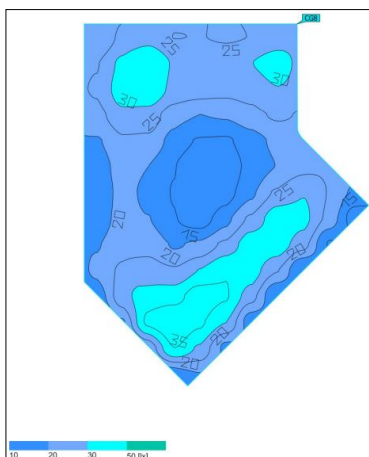


Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 32 muestra, el área (CG8), con la iluminación al 100% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 34.1 lux y un valor máximo de 128 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para garantizar la visibilidad y seguridad en el área, especialmente durante horas de alta actividad.

Figura 33

Distribución de iluminancia con regulación en el área cg8-estacionamiento de ambulancias



Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 33 muestra, el área (CG8), con la iluminación al 30% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 10.2 lux y un valor máximo de 38.3 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para momentos de baja actividad en el área, donde no se requiere el mismo nivel de visibilidad que en horas de actividad.

Tabla 15

Cuadro comparativo de la figura 32 y 33

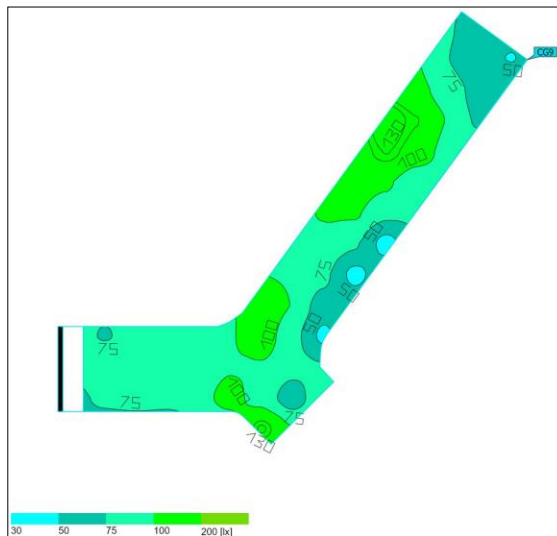
índice	superficie de calculo	nivel de regulacion (%)	E (lux)	Emín (lux)	Emáx (lux)	g ₁
CG8	estacionamiento	100.0	80.9	34.1	128.0	0.42
CG8	de ambulancias	30.0	24.3	10.2	38.3	0.42

Nota: fuente elaboración propia.

La tabla 15 muestra una comparación clara entre ambos sistemas de iluminación. A pesar de la reducción de la intensidad lumínica, la uniformidad (g₁) se mantiene constante en 0.42, lo que indica que el sistema sigue funcionando de manera uniforme. Además, los niveles de iluminación media se reducen significativamente de 80.9 lux a 24.3 lux. Aun con esta reducción, la variación en la iluminancia es moderada, lo que evidencia la eficacia del sistema de regulación de intensidad para optimizar el consumo energético sin afectar la seguridad ni la visibilidad en el área iluminada.

Figura 34

Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg9-calles exteriores

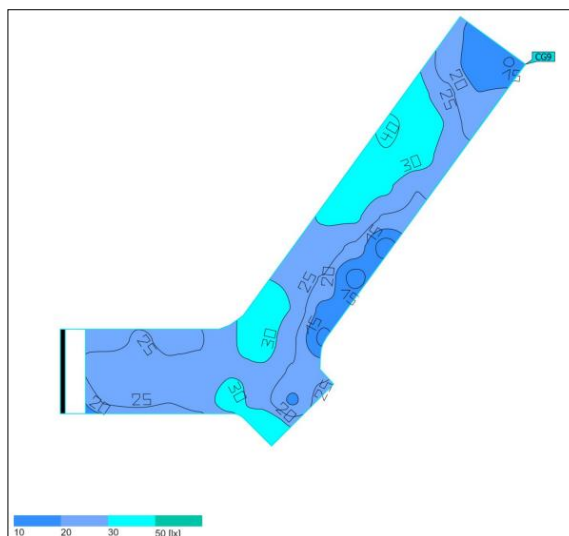


Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 34 muestra, el área (CG9), con la iluminación al 100% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 42.6 lux y un valor máximo de 138 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para garantizar la visibilidad y seguridad en toda el área, especialmente durante horas de alta actividad.

Figura 35

Distribución de iluminancia con regulación en el área cg9- calles exteriores



Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 35 muestra, el área del estacionamiento (CG9), con la iluminación al 30% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 12.8 lux y un valor máximo de 41.5 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para momentos de baja actividad en el estacionamiento, donde no se requiere el mismo nivel de visibilidad que en horas de actividad.

Tabla 16

Cuadro comparativo de la figura 34 y 35

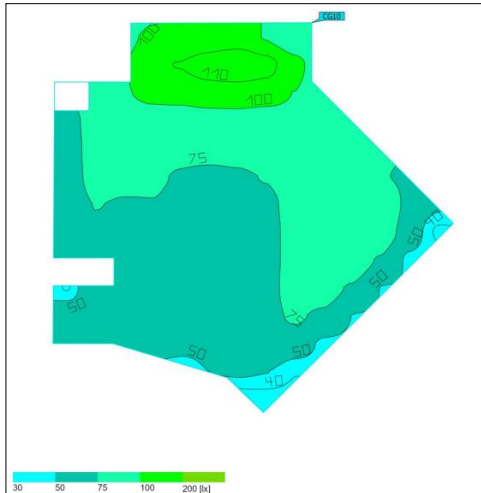
índice	superficie de calculo	nivel de regulacion (%)	E (lux)	Emín (lux)	Emáx (lux)	g ¹
CG9	calles exteriores	100.0	88.9	42.6	138.0	0.48
CG9		30.0	26.7	12.8	41.5	0.48

Nota: fuente elaboración propia.

La tabla 16 muestra una comparación clara entre ambos sistemas de iluminación. A pesar de la reducción de la intensidad lumínica, la uniformidad (g1) se mantiene constante en 0.48, lo que indica que el sistema sigue funcionando de manera uniforme. Además, los niveles de iluminación media se reducen significativamente de 88.9 lux a 26.7 lux. Aun con esta reducción, la variación en la iluminancia es moderada, lo que evidencia la eficacia del sistema de regulación de intensidad para optimizar el consumo energético sin afectar la seguridad ni la visibilidad en el área iluminada.

Figura 36

Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg10-estacionamiento de emergencia

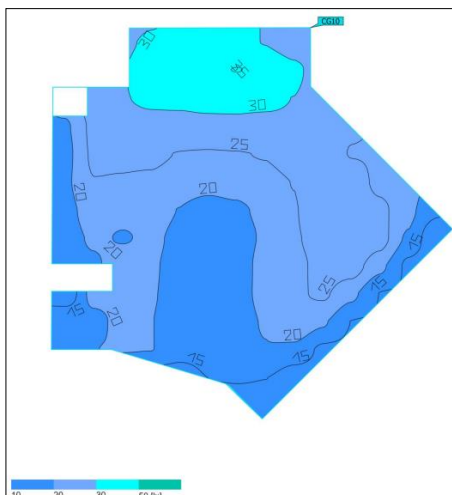


Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 36 muestra, el área (CG10), con la iluminación al 100% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 33.8 lux y un valor máximo de 117 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para garantizar la visibilidad y seguridad en toda el área, especialmente durante horas de alta actividad.

Figura 37

Distribución de iluminancia con regulación en el área cg10-estacionamiento de emergencia



Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 37 muestra, el área (CG10), con la iluminación al 30% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 10.1 lux y un valor máximo de 35.1 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para momentos de baja actividad en el área, donde no se requiere el mismo nivel de visibilidad que en horas de actividad.

Tabla 17

Cuadro comparativo de la figura 36 y 37

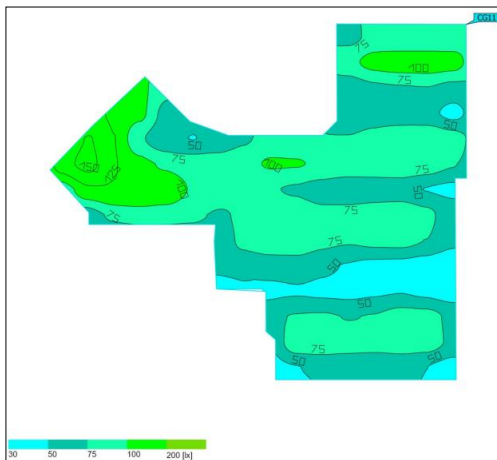
índice	superficie de cálculo	nivel de regulación (%)	E (lux)	Emín (lux)	Emáx (lux)	g ₁
CG10	estacionamiento	100.0	76.6	33.8	117.0	0.44
CG10	de emergencias	30.0	23.0	10.1	35.1	0.44

Nota: fuente elaboración propia.

La tabla 17 muestra una comparación clara entre ambos sistemas de iluminación. A pesar de la reducción de la intensidad lumínica, la uniformidad (g₁) se mantiene constante en 0.44, lo que indica que el sistema sigue funcionando de manera uniforme. Además, los niveles de iluminación media se reducen significativamente de 76.6 lux a 23 lux. Aun con esta reducción, la variación en la iluminancia es moderada, lo que evidencia la eficacia del sistema de regulación de intensidad para optimizar el consumo energético sin afectar la seguridad ni la visibilidad en el área iluminada.

Figura 38

Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg11-camineria

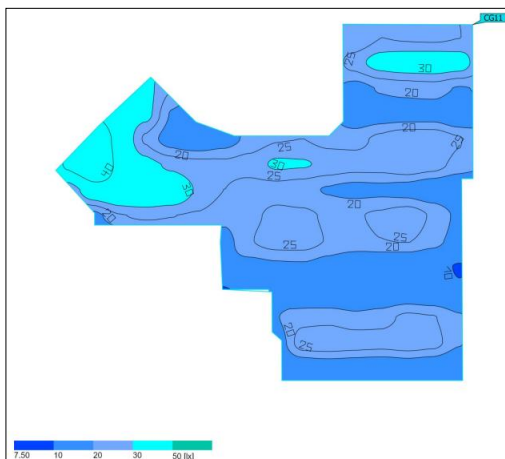


Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 38 muestra, el área (CG11), con la iluminación al 100% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 32.5 lux y un valor máximo de 157 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para garantizar la visibilidad y seguridad en todo el estacionamiento, especialmente durante horas de alta actividad.

Figura 39

Distribución de iluminancia con regulación en el área cg11-camineria



Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 39 muestra, el área (CG11), con la iluminación al 30% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 9.7 lux y un valor máximo de 47 lux.

Este nivel de iluminación es adecuado para momentos de baja actividad en el área, donde no se requiere el mismo nivel de visibilidad que en horas de actividad.

Tabla 18

Cuadro comparativo de la figura 38 y 39

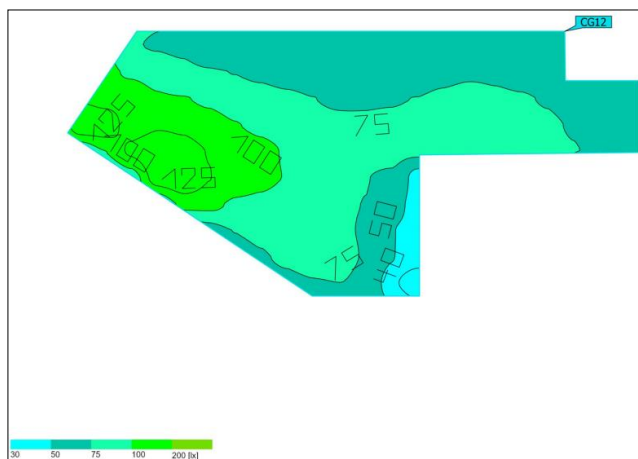
índice	superficie de calculo	nivel de regulacion (%)	E (lux)	Emín (lux)	Emáx (lux)	g1
CG11	caminería	100.0	77.8	32.5	157.0	0.42
CG11		30.0	23.3	9.7	47.0	0.42

Nota: fuente elaboración propia.

La tabla 18 muestra una comparación clara entre ambos sistemas de iluminación. A pesar de la reducción de la intensidad lumínica, la uniformidad (g1) se mantiene constante en 0.42, lo que indica que el sistema sigue funcionando de manera uniforme. Además, los niveles de iluminación media se reducen significativamente de 77.8 lux a 23.3 lux. Aun con esta reducción, la variación en la iluminancia es moderada, lo que evidencia la eficacia del sistema de regulación de intensidad para optimizar el consumo energético sin afectar la seguridad ni la visibilidad en el área iluminada.

Figura 40

Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg12-camineria

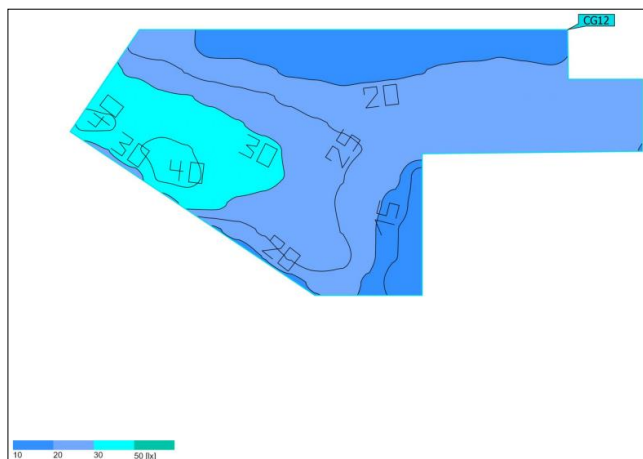


Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 40 muestra, el área (CG12), con la iluminación al 100% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 34.4 lux y un valor máximo de 146 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para garantizar la visibilidad y seguridad en el área, especialmente durante horas de alta actividad.

Figura 41

Distribución de iluminancia con regulación en el área cg12-camineria



Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 41 muestra, el área (CG12), con la iluminación al 30% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 14.40 lux y un valor máximo de 36.20 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para momentos de baja actividad en el área, donde no se requiere el mismo nivel de visibilidad que en horas de actividad.

Tabla 19

Cuadro comparativo de la figura 40 y 41

índice	superficie de calculo	nivel de regulacion (%)	E (lux)	Emín (lux)	Emáx (lux)	g ₁
CG12	caminería	100.0	81.8	34.4	146.0	0.42
CG12		30.0	24.5	10.3	43.8	0.42

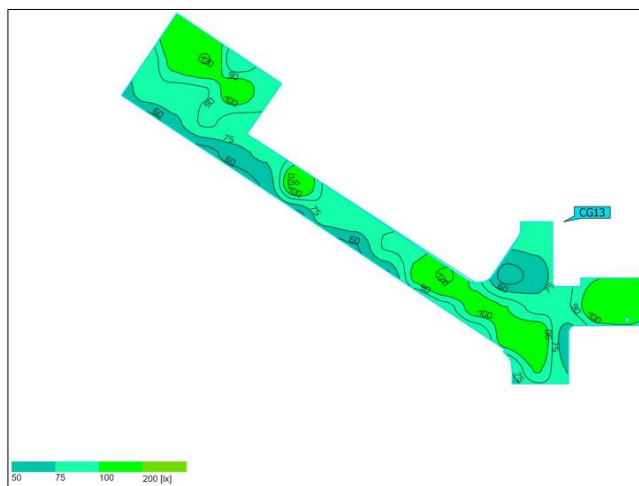
Nota: fuente elaboración propia.

La tabla 19 muestra una comparación clara entre ambos sistemas de iluminación. A pesar de la reducción de la intensidad lumínica, la uniformidad

(g1) se mantiene constante en 0.42, lo que indica que el sistema sigue funcionando de manera uniforme. Además, los niveles de iluminación media se reducen significativamente de 81.8 lux a 24.5 lux. Aun con esta reducción, la variación en la iluminancia es moderada, lo que evidencia la eficacia del sistema de regulación de intensidad para optimizar el consumo energético sin afectar la seguridad ni la visibilidad en el área iluminada.

Figura 42

Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg13-calles interiores

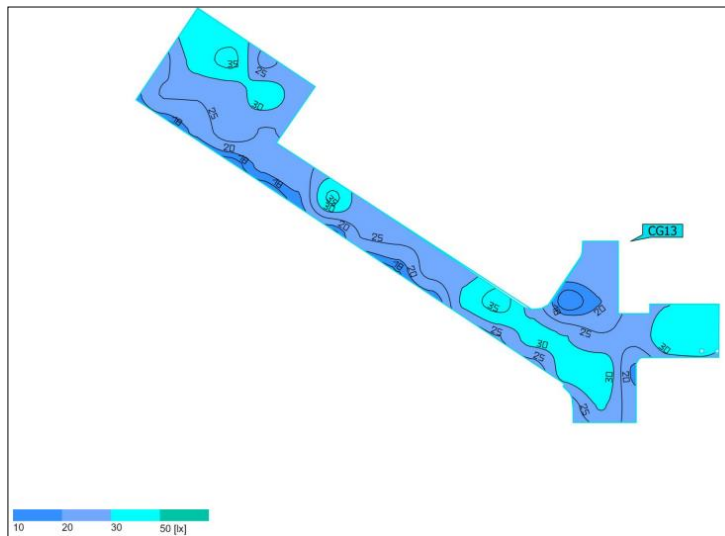


Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 42 muestra, el área (CG13), con la iluminación al 100% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 51.5 lux y un valor máximo de 124 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para garantizar la visibilidad y seguridad en toda el área, especialmente durante horas de alta actividad.

Figura 43

Distribución de iluminancia con regulación en el área cg13-calles interiores



Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 43 muestra, el área (CG13), con la iluminación al 30% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 15.5 lux y un valor máximo de 37.1 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para momentos de baja actividad en el área, donde no se requiere el mismo nivel de visibilidad que en horas de actividad.

Tabla 20

Cuadro comparativo de la figura 42 y 43

índice	superficie de calculo	nivel de regulacion (%)	E (lux)	Emín (lux)	Emáx (lux)	g ¹
CG13	calles interiores	100.0	90.7	51.5	124.0	0.57
CG13	cruce vial	30.0	27.2	15.5	37.1	0.57

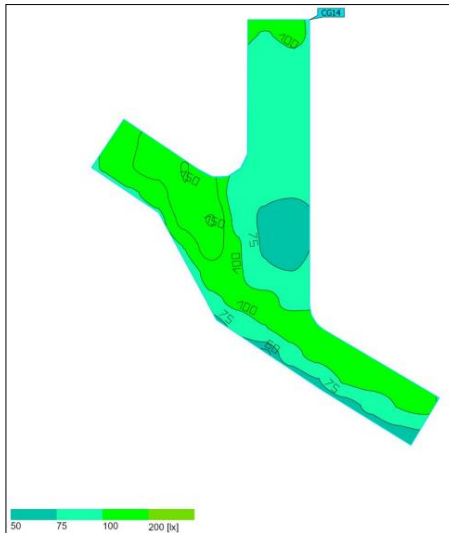
Nota: fuente elaboración propia.

La tabla 20 muestra una comparación clara entre ambos sistemas de iluminación. A pesar de la reducción de la intensidad lumínica, la uniformidad (g¹) se mantiene constante en 0.57, lo que indica que el sistema sigue funcionando de manera uniforme. Además, los niveles de iluminación media se reducen significativamente de 90.7 lux a 27.2 lux. Aun con esta reducción, la variación en

la iluminancia es moderada, lo que evidencia la eficacia del sistema de regulación de intensidad para optimizar el consumo energético sin afectar la seguridad ni la visibilidad en el área iluminada.

Figura 44

Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg14-calles interiores

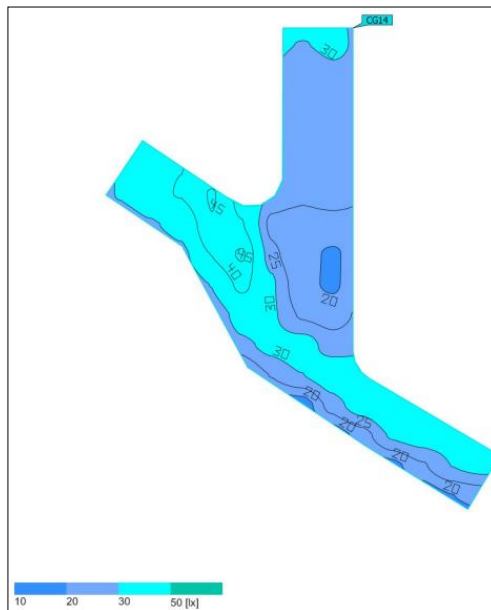


Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 44 muestra, el área (CG14), con la iluminación al 100% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 55.2 lux y un valor máximo de 151 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para garantizar la visibilidad y seguridad en el área, especialmente durante horas de alta actividad.

Figura 45

Distribución de iluminancia con regulación en el área cg14-calles interiores



Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 45 muestra, el área (CG14), con la iluminación al 30% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 16.6 lux y un valor máximo de 45.4 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para momentos de baja actividad en el área, donde no se requiere el mismo nivel de visibilidad que en horas de actividad.

Tabla 21

Cuadro comparativo de la figura 44 y 45

índice	superficie de cálculo	nivel de regulación (%)	E (lux)	Emín (lux)	Emáx (lux)	g ₁
CG14	calles interiores	100.0	98.7	55.2	151.0	0.56
CG14	cruce vial	30.0	29.6	16.6	45.4	0.56

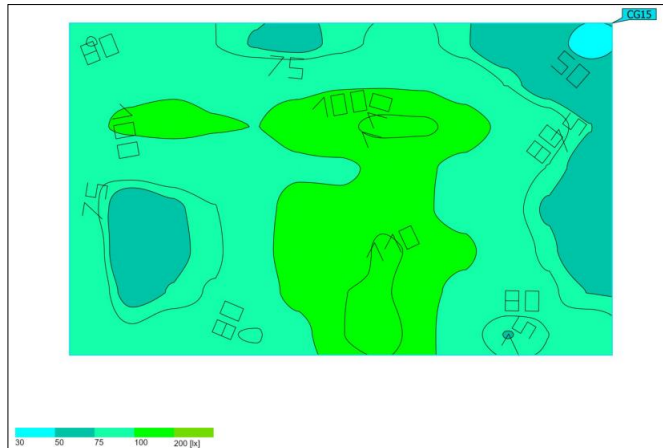
Nota: fuente elaboración propia.

La tabla 21 muestra una comparación clara entre ambos sistemas de iluminación. A pesar de la reducción de la intensidad lumínica, la uniformidad (g₁) se mantiene constante en 0.56, lo que indica que el sistema sigue funcionando de manera uniforme. Además, los niveles de iluminación media se reducen significativamente de 98.7 lux a 29.6 lux. Aun con esta reducción, la variación en

la iluminancia es moderada, lo que evidencia la eficacia del sistema de regulación de intensidad para optimizar el consumo energético sin afectar la seguridad ni la visibilidad en el área iluminada.

Figura 46

Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg15-patio de maniobra

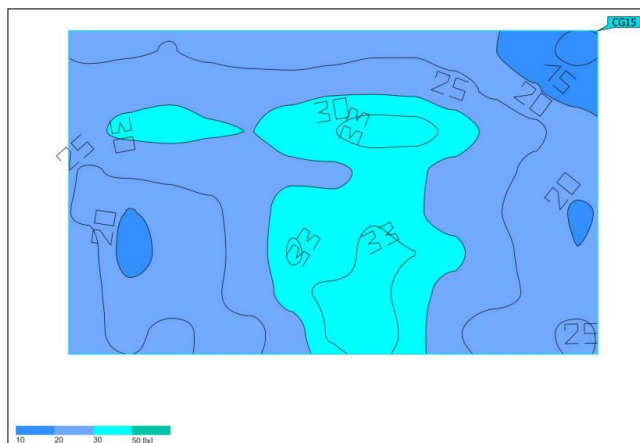


Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 46 muestra, el área (CG15), con la iluminación al 100% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 46.1 lux y un valor máximo de 114 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para garantizar la visibilidad y seguridad en el área, especialmente durante horas de alta actividad.

Figura 47

Distribución de iluminancia con regulación en el área cg15-patio de maniobra



Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 47 muestra, el área (CG15), con la iluminación al 30% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 13.8 lux y un valor máximo de 34.2 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para momentos de baja actividad en el área, donde no se requiere el mismo nivel de visibilidad que en horas de actividad.

Tabla 22

Cuadro comparativo de la figura 46 y 47

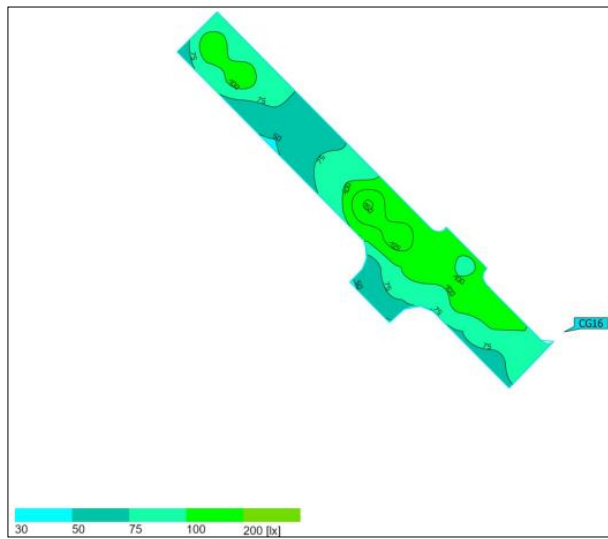
índice	superficie de cálculo	nivel de regulación (%)	E (lux)	Emín (lux)	Emáx (lux)	g ₁
CG15	patio de	100.0	88.8	46.1	114.0	0.52
CG15	maniobra	30.0	26.6	13.8	34.2	0.52

Nota: fuente elaboración propia.

La tabla 22 muestra una comparación clara entre ambos sistemas de iluminación. A pesar de la reducción de la intensidad lumínica, la uniformidad (g₁) se mantiene constante en 0.52, lo que indica que el sistema sigue funcionando de manera uniforme. Además, los niveles de iluminación media se reducen significativamente de 88.8 lux a 26.6 lux. Aun con esta reducción, la variación en la iluminancia es moderada, lo que evidencia la eficacia del sistema de regulación de intensidad para optimizar el consumo energético sin afectar la seguridad ni la visibilidad en el área iluminada.

Figura 48

Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg16-calles interiores

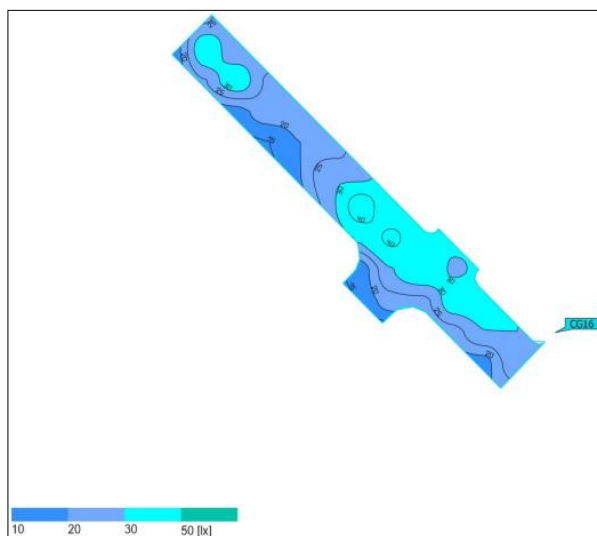


Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 48 muestra, el área (CG16), con la iluminación al 100% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 48.6 lux y un valor máximo de 154 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para garantizar la visibilidad y seguridad en el área, especialmente durante horas de alta actividad.

Figura 49

Distribución de iluminancia con regulación en el área cg16-calles interiores



Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 49 muestra, el área (CG16), con la iluminación al 30% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 14.6 lux y un valor máximo de 46.1 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para momentos de baja actividad en el estacionamiento, donde no se requiere el mismo nivel de visibilidad que en horas de actividad.

Tabla 23

Cuadro comparativo de la figura 48 y 49

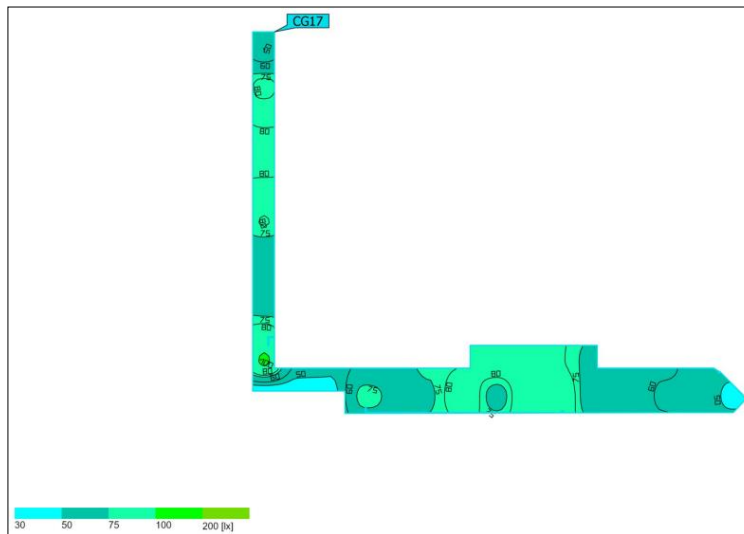
índice	superficie de calculo	nivel de regulacion (%)	E (lux)	Emín (lux)	Emáx (lux)	g ¹
CG16	calles interiores	100.0	89.3	48.6	154.0	0.54
CG16		30.0	26.8	14.6	46.1	0.54

Nota: fuente elaboración propia.

La tabla 23 muestra una comparación clara entre ambos sistemas de iluminación. A pesar de la reducción de la intensidad lumínica, la uniformidad (g¹) se mantiene constante en 0.54, lo que indica que el sistema sigue funcionando de manera uniforme. Además, los niveles de iluminación media se reducen significativamente de 89.3 lux a 26.8 lux. Aun con esta reducción, la variación en la iluminancia es moderada, lo que evidencia la eficacia del sistema de regulación de intensidad para optimizar el consumo energético sin afectar la seguridad ni la visibilidad en el área iluminada.

Figura 50

Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg17-calles interiores

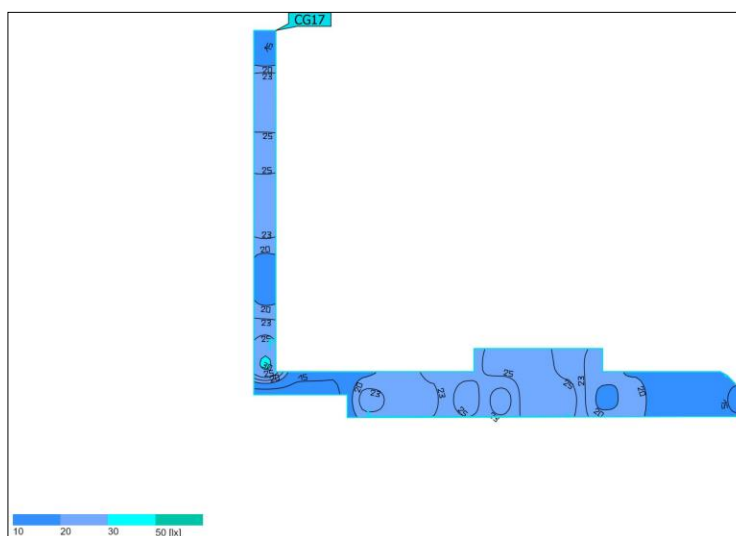


Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 50 muestra, el área (CG17), con la iluminación al 100% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 47.8 lux y un valor máximo de 103 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para garantizar la visibilidad y seguridad en el área, especialmente durante horas de alta actividad.

Figura 51

Distribución de iluminancia con regulación en el área cg17-camineria



Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.



La figura 51 muestra, el área (CG17), con la iluminación al 30% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 14.3 lux y un valor máximo de 31 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para momentos de baja actividad en el área, donde no se requiere el mismo nivel de visibilidad que en horas de actividad.

Tabla 24

Cuadro comparativo de la figura 50 y 51

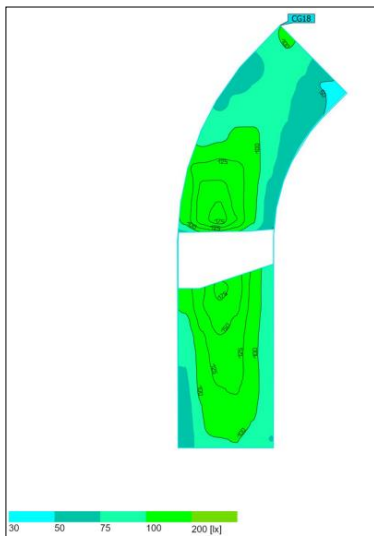
índice	superficie de calculo	nivel de regulacion (%)	E (lux)	Emín (lux)	Emáx (lux)	g ₁
CG17	caminería	100.0	75.5	47.8	103.0	0.63
CG17		30.0	22.7	14.3	31.0	0.63

Nota: fuente elaboración propia.

La tabla 24 muestra una comparación clara entre ambos sistemas de iluminación. A pesar de la reducción de la intensidad lumínica, la uniformidad (g₁) se mantiene constante en 0.63, lo que indica que el sistema sigue funcionando de manera uniforme. Además, los niveles de iluminación media se reducen significativamente de 75.5 lux a 22.7 lux. Aun con esta reducción, la variación en la iluminancia es moderada, lo que evidencia la eficacia del sistema de regulación de intensidad para optimizar el consumo energético sin afectar la seguridad ni la visibilidad en el área iluminada.

Figura 52

Distribución de iluminancia sin regulación en el área cg18-rampa vehicular

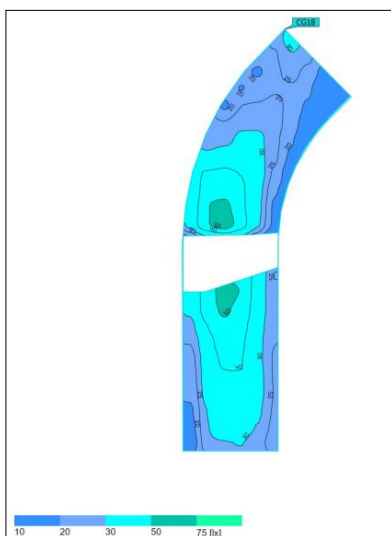


Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 52 muestra, el área (CG18), con la iluminación al 100% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 49.4 lux y un valor máximo de 188 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para garantizar la visibilidad y seguridad en el área, especialmente durante horas de alta actividad.

Figura 53

Distribución de iluminancia con regulación en el área cg18-rampa vehicular



Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 53 muestra, el área (CG18), con la iluminación al 30% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 14.8 lux y un valor máximo de 56.5 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para momentos de baja actividad en el área, donde no se requiere el mismo nivel de visibilidad que en horas de actividad.

Tabla 25

Cuadro comparativo de la figura 52 y 53

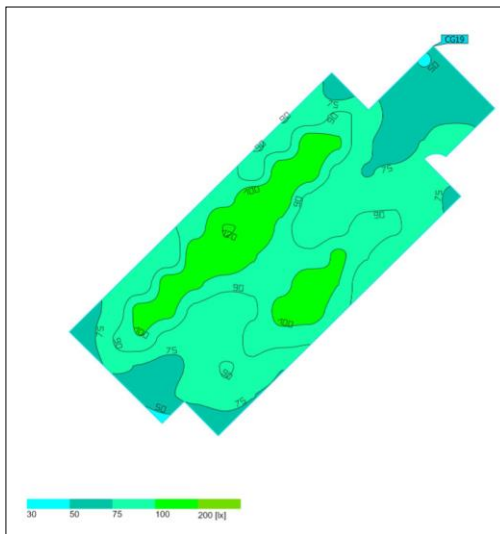
índice	superficie de calculo	nivel de regulacion (%)	E (lux)	Emín (lux)	Emáx (lux)	g ₁
CG18	rampa vehicular	100.0	103.0	49.4	188.0	0.48
CG18		30.0	30.8	14.8	56.5	0.48

Nota: fuente elaboración propia.

La tabla 25 muestra una comparación clara entre ambos sistemas de iluminación. A pesar de la reducción de la intensidad lumínica, la uniformidad (g₁) se mantiene constante en 0.48, lo que indica que el sistema sigue funcionando de manera uniforme. Además, los niveles de iluminación media se reducen significativamente de 103 lux a 30.8 lux. Aun con esta reducción, la variación en la iluminancia es moderada, lo que evidencia la eficacia del sistema de regulación de intensidad para optimizar el consumo energético sin afectar la seguridad ni la visibilidad en el área iluminada.

Figura 54

Distribución de iluminancia sin regulación en el área CG19-estacionamiento

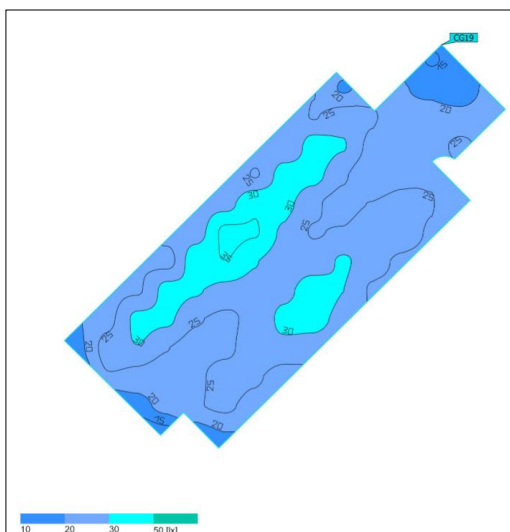


Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 54 muestra, el área del estacionamiento (CG19), con la iluminación al 100% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 47.9 lux y un valor máximo de 121 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para garantizar la visibilidad y seguridad en todo el estacionamiento, especialmente durante horas de alta actividad.

Figura 55

Distribución de iluminancia con regulación en el área cg19-estacionamiento



Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La figura 55 muestra, el área del estacionamiento (CG19), con la iluminación al 30% de su capacidad, se observa un valor mínimo de 14.4 lux y un valor máximo de 36.2 lux. Este nivel de iluminación es adecuado para momentos de baja actividad en el estacionamiento, donde no se requiere el mismo nivel de visibilidad que en horas de actividad.

Tabla 26

Cuadro comparativo de la figura 54 y 55

índice	superficie de calculo	nivel de regulacion (%)	E (lux)	Emín (lux)	Emáx (lux)	g ¹
CG19	estacionamiento	100.0	86.9	47.9	121.0	0.55
CG19	estacionamiento	30.0	26.1	14.4	36.2	0.55

Nota: fuente elaboración propia.

La tabla 26 muestra una comparación clara entre ambos sistemas de iluminación. A pesar de la reducción de la intensidad lumínica, la uniformidad (g1) se mantiene constante en 0.55, lo que indica que el sistema sigue funcionando de manera uniforme. Además, los niveles de iluminación media se reducen significativamente de 86.90 lux a 26.10 lux. Aun con esta reducción, la variación en la iluminancia es moderada, lo que evidencia la eficacia del sistema de regulación de intensidad para optimizar el consumo energético sin afectar la seguridad ni la visibilidad en el área iluminada.

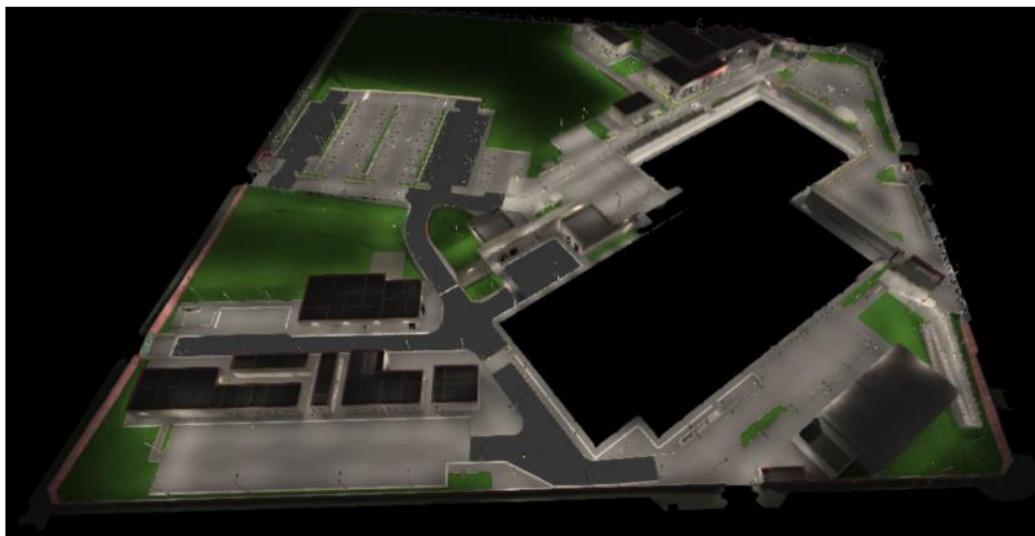
En conclusión, la reducción lumínica en todas las áreas analizadas es del 70% del nivel media de iluminación, pero la uniformidad se mantiene, asegurando que el espacio no quede completamente a oscuras, sino que se conserva una visibilidad moderada adecuada para momentos de baja circulación o necesidad de vigilancia.

4.1.2. Comparación de alumbrado general de la edificación

La comparación del sistema de alumbrado puede visualizarse de forma general, mostrando una vista estándar en la figura 56 el nivel de alumbrado al 100% y en la figura 57 al 30% de la capacidad lumínica. Esta visualización permite evaluar los puntos de menor y mayor iluminación de manera general. Para un análisis más detallado, las figuras 58 y 59 presentan el resultado utilizando el método de colores falsos, el cual indica cómo se comporta la luz mediante la degradación de colores. En una vista general, este método muestra la intensidad lumínica en distintos puntos del hospital, destacando visualmente las diferencias que podrían no ser perceptibles en una visualización estándar, como las presentadas en las figuras 56 y 57.

Figura 56

Vista general del sistema de alumbrado sin regulación lumínica



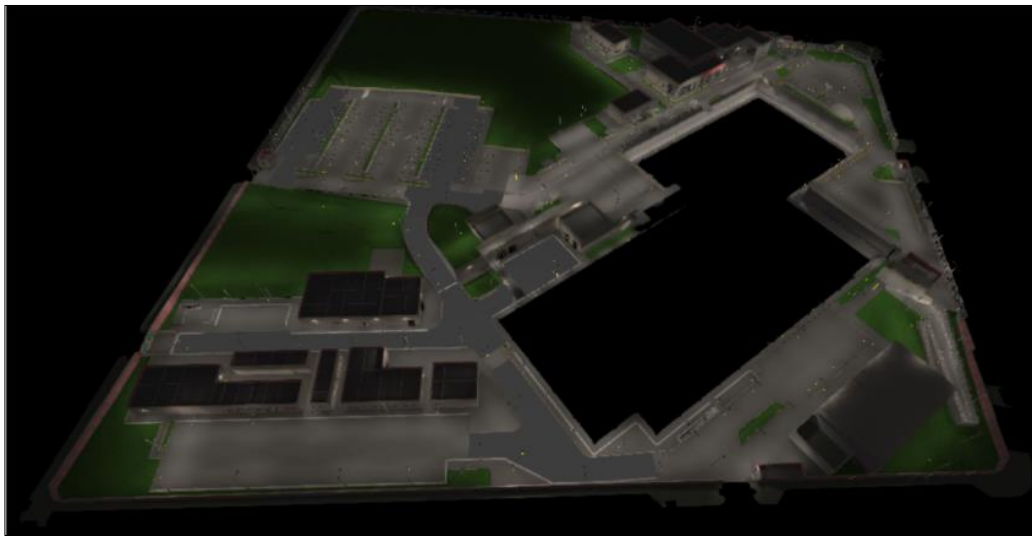
Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

En la figura 56 correspondiente a la simulación del 100% de la capacidad lumínica, se puede observar una cobertura total y uniforme del área. Esta configuración es comúnmente utilizada en escenarios donde se requiere un nivel

de iluminación según indica la norma EM 0.10 (ver tabla 3), que regula los niveles de iluminación para entornos de trabajo, es esencial que la iluminación garantice una visibilidad adecuada para las personas que transitan en el área. Esta normativa sugiere que, dependiendo del tipo de espacio y actividad, la iluminancia media durante la noche debería estar como mínimo en 75 lux y una uniformidad mínima de 0.40 para asegurar un entorno seguro y funcional.

Figura 57

Vista general del sistema de alumbrado al 30% de regulación lumínica

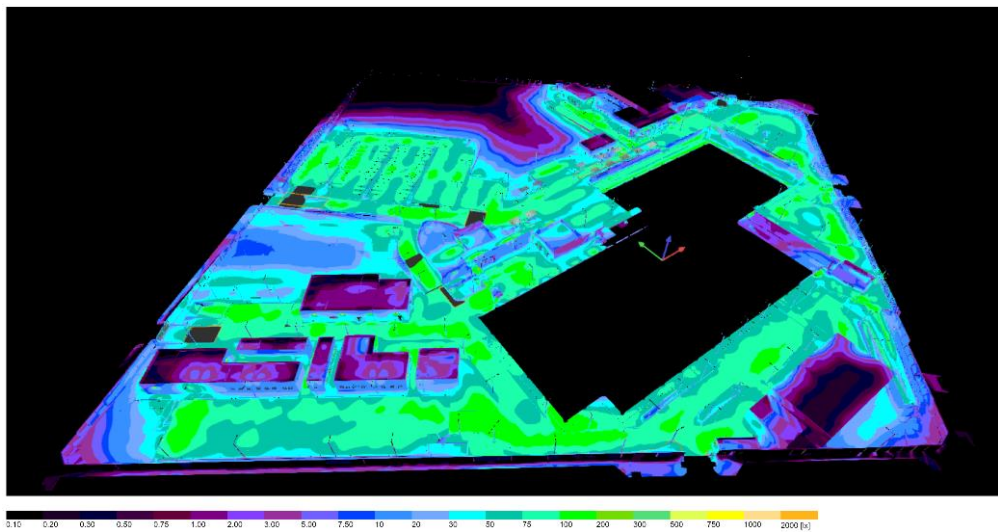


Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

En la figura 57 muestra la simulación al 30% de la capacidad lumínica muestra una disminución considerable en la intensidad de la luz, lo que genera áreas más oscuras y una menor visibilidad general. Este escenario está diseñado para momentos de inactividad, donde la reducción del consumo energético es prioritaria y la visibilidad total no es estrictamente necesaria, como podría ser en las horas de baja circulación o en situaciones donde se busca mantener un mínimo de iluminación para la vigilancia y seguridad para optimizar el consumo energético.

Figura 58

Vista general método de colores falsos sin regulación lumínica.

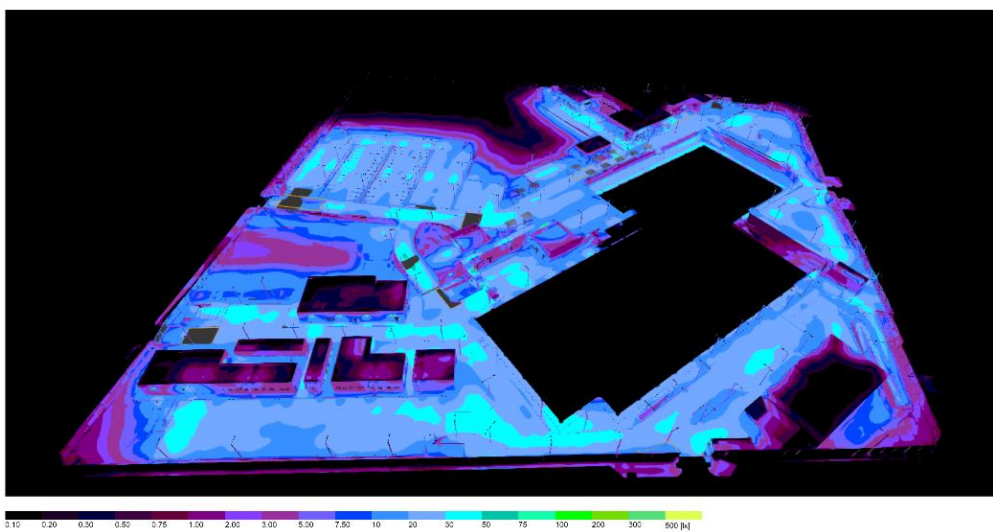


Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La Figura 58 muestra la simulación de una vista general de los niveles lumínicos del hospital al 100% de la capacidad lumínica de las iluminarias, diferenciando las áreas con menor y mayor intensidad lumínica a través de una degradación de colores. En la imagen, se destacan tonos que varían desde el celeste hasta el verde, representando niveles de iluminación de entre 50 y 100 lux.

Figura 59

Vista general método de colores falsos al 30% de regulación lumínica.



Nota: fuente elaboración propia en el software DIALux evo.

La Figura 59 muestra la simulación de una vista general de los niveles lumínicos del hospital al 30% de la capacidad lumínica de las iluminarias, diferenciando las áreas con menor y mayor intensidad lumínica a través de una degradación de colores. En la imagen, se destacan tonos que varían desde el azul hasta el celeste, representando niveles de iluminación de entre 10 y 30 lux.

Tabla 27

Resumen comparativo valores de alumbrado regulación de 100% y 30%

Índice	Superficie de calculo	Nivel de regulación (%)	E (lux)	Emín (lux)	Emáx (lux)	g _t
CG1	estacionamiento	100.0	81.9	45.0	109.0	0.55
		30.0	24.6	13.5	32.7	0.55
CG2	estacionamiento	100.0	78.3	35.4	151.0	0.45
		30.0	23.5	10.6	45.3	0.45
CG3	estacionamiento para discapacitados	100.0	80.7	52.3	110.0	0.65
		30.0	24.2	15.7	33.1	0.65
CG4	patio de maniobra	100.0	84.0	48.9	112.0	0.58
		30.0	25.2	14.7	33.6	0.58
CG5	acceso vehicular	100.0	85.0	39.0	139.0	0.46
		30.0	25.5	11.7	41.7	0.46
CG6	caminería	100.0	66.9	42.9	86.2	0.64
		30.0	20.1	12.9	25.9	0.64
CG7	caminería	100.0	78.3	38.4	158.0	0.49
		30.0	23.5	11.5	47.5	0.49
CG8	estacionamiento de ambulancias	100.0	80.9	34.1	128.0	0.42
		30.0	24.3	10.2	38.3	0.42
CG9	calles exteriores	100.0	88.9	42.6	138.0	0.48
		30.0	26.7	12.8	41.5	0.48
CG10	estacionamiento de emergencias	100.0	76.6	33.8	117.0	0.44
		30.0	23.0	10.1	35.1	0.44
CG11	caminería	100.0	77.8	32.5	157.0	0.42
		30.0	23.3	9.7	47.0	0.42
CG12	caminería	100.0	81.8	34.4	146.0	0.42
		30.0	24.5	10.3	43.8	0.42
CG13	calles interiores cruce vial	100.0	90.7	51.5	124.0	0.57
		30.0	27.2	15.5	37.1	0.57
CG14	calles interiores cruce vial	100.0	98.7	55.2	151.0	0.56
		30.0	29.6	16.6	45.4	0.56
CG15	patio de maniobra	100.0	88.8	46.1	114.0	0.52
		30.0	26.6	13.8	34.2	0.52

Índice	Superficie de calculo	Nivel de regulación (%)	E (lux)	Emín (lux)	Emáx (lux)	g ₁
CG16	calles interiores	100.0	89.3	48.6	154.0	0.54
		30.0	26.8	14.6	46.1	0.54
CG17	caminería	100.0	75.5	47.8	103.0	0.63
		30.0	22.7	14.3	31.0	0.63
CG18	rampa vehicular	100.0	103.0	49.4	188.0	0.48
		30.0	30.8	14.8	56.5	0.48
CG19	estacionamiento	100.0	86.9	47.9	121.0	0.55
		30.0	26.1	14.4	36.2	0.55

Nota: fuente elaboración propia.

En la tabla 28 muestra los niveles de iluminancia en diferentes áreas del hospital, bajo dos escenarios de regulación lumínica: al 100% y 30% de la capacidad lumínica. Se detallan los valores de iluminancia media (E), mínima (E_{mín}) y máxima (E_{máx}), así como la uniformidad lumínica (g₁) en cada área, permitiendo evaluar la efectividad del sistema de regulación en términos de distribución y eficiencia lumínica. Los valores obtenidos son superiores a lo indicado en la norma EM 0.10 obteniendo una iluminancia media superior a los 75 lux requeridos y una uniformidad mínima de 0.40.

4.2. CALCULO DE ANÁLISIS DE CONSUMO ENERGÉTICO

4.2.1. Potencia instalada

Se realizó un ajuste en Excel basado en la ecuación 05 y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 28

Cálculo de la potencia instalada al 100% de la capacidad lumínica

Luminaria	Puntos	P (w)	Pot. Inst. (w)
powerlug mini led ed 3600lm	100.00	25	2,500
urbino led ed 5200lm	8.00	35	280
urbino led ed 7650lm	25.00	51	1,275
urbino led ed 7800lm	3.00	51	153



Luminaria	Puntos	P (w)	Pot. Inst. (w)
urbino led ed 10000lm	15.00	68	1,020
urbino led ed 10200lm	13.00	68	884
urbino led ed 14450lm	112.00	102	11,424
urbino led ed 14750lm	3.00	102	306
TOTAL			Pot. Inst. (W) 17,842.00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 28, se realizó el cálculo para determinar la potencia instalada sin regulación de intensidad, obteniendo como resultado una potencia de 17,842W, la cual se utilizó para calcular la máxima demanda.

Tabla 29

Cálculo de la potencia instalada con regulación de intensidad

Luminaria	Puntos	P (w)	Pot. Inst. (w)
powerlug mini led ed 3600lm	100.00	7.50	750
urbino led ed 5200lm	8.00	10.50	84
urbino led ed 7650lm	25.00	15.30	383
urbino led ed 7800lm	3.00	15.30	46
urbino led ed 10000lm	15.00	20.40	306
urbino led ed 10200lm	13.00	20.40	265
urbino led ed 14450lm	112.00	30.60	3,427
urbino led ed 14750lm	3.00	30.60	92
TOTAL			Pot. Inst. (W) 5,352.60

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 29, se realizó el cálculo para determinar la potencia instalada con una regulación del 30% de la capacidad intensidad, obteniendo como resultado una potencia de 5,352.60W, la cual se utilizó para calcular la máxima demanda.

Tabla 30

Cálculo de la potencia instalada con regulación de intensidad

Luminaria	Puntos	P. (w)	Pot. Inst. (w)
urbino led ed 7800lm	2.00	51	102



Luminaria	Puntos	P. (w)	Pot. Inst. (w)
urbino led ed 10000lm	19.00	68	1,292
urbino led ed 14450lm	4.00	102	408
TOTAL			Pot. Inst. (W) 1,802.00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 30, se realizó el cálculo para determinar la potencia instalada del área de emergencia donde las luminarias estarán encendidas a su máxima capacidad durante toda la noche, obteniendo como resultado una potencia de 1,802W.

4.2.2. Máxima demanda

reemplazando datos en la ecuación 06, teniendo en consideración la figura 18 donde indica el factor de utilización para alumbrado es de 1 obtendremos los siguientes resultados:

$$MD_{100\%} = \frac{17842 \times 1}{1000} = 17.84KW$$

$$MD_{30\%} = \frac{5352.60 \times 1}{1000} = 5.35KW$$

$$MD_{emergencia} = \frac{1802 \times 1}{1000} = 1.8KW$$

$$MD_{30\%} = 5.35 + 1.8 = 7.15KW$$

4.2.3. Energía eléctrica consumida

Se realizó un ajuste en Excel basado en la ecuación 07 y se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 31

Cálculo de consumo de energía eléctrica

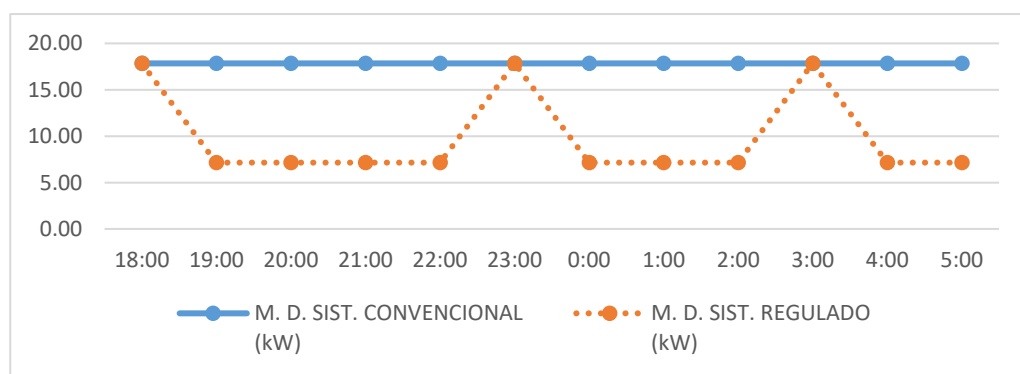
hora	MD 100% (kw)	MD 30% (kw)
18:00	17.84	17.84
19:00	17.84	7.15
20:00	17.84	7.15
21:00	17.84	17.84
22:00	17.84	7.15
23:00	17.84	7.15
0:00	17.84	7.15
1:00	17.84	7.15
2:00	17.84	17.84
3:00	17.84	7.15
4:00	17.84	7.15

Fuente: Elaboración propia

La tabla 31 muestra el consumo energético en diferentes horas de la noche. En la segunda columna, se observa un consumo constante, mientras que, en la tercera columna, el consumo varía debido a la implementación del sistema de regulación de intensidad lumínica.

Figura 60

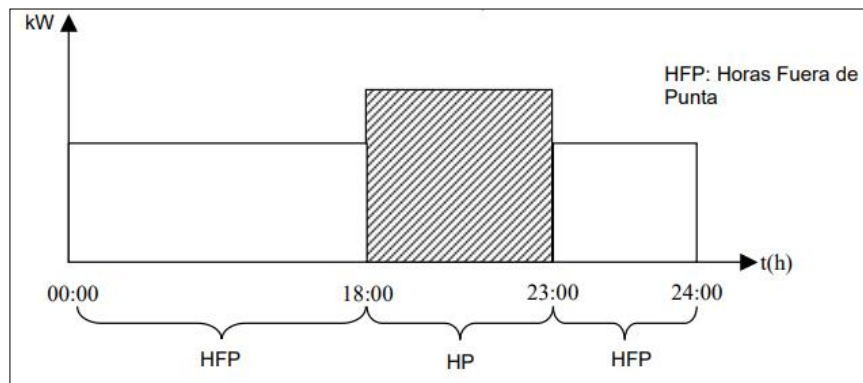
Curva de comparación del consumo energético



Fuente: Elaboración propia

Figura 61

Diagrama de horas punta y horas fuera de punta



Nota: tomado de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5248693/Archivo.PDF>

Horas Punta (HP): periodo comprendido entre las 18:00 horas a 23:00 horas de cada día del año

Horas Fuera de Punta (HFP): al resto de horas del día no comprendidas en las horas de punta (HP).

$$Ec_{100\%} = 124.89 + 89.21$$

$$Ec_{100\%} = 214.10 \text{ kWh}$$

$$Ec_{30\%} = 46.44 + 71.43$$

$$Ec_{30\%} = 117.88 \text{ kWh}$$

4.2.4. Costo del consumo mensual

Para realizar el consumo mensual se realizará la multiplicación de la energía consumida en H.P. y H.F.P. por la opción tarifaria MT2 en la que se especifica en la tabla 7.

Tabla 32*Cálculo de consumo mensual*

M.D.		EAP (CTM.S/ /KW.h)	EAFP (CTM. S//KW. h)	PAG (S//KW- mes)	PAD (S//KW- mes)	PADHFP (S//KW- mes)	TOTAL SOLES (S/)
P.H.P	P.H.F.P						
89.21	124.89	30.30	35.52	6002.05	1573.66	2369.24	10010.78
46.44	71.43	15.78	20.32	3124.62	819.24	1355.10	5335.05

Nota: Elaboración propia

En la tabla 32 se realizaron los cálculos para determinar el costo mensual del sistema. Para ello, se tomó en consideración el pliego tarifario especificado en la tabla 7, que indica el costo de la energía bajo la tarifa MT2, a la cual actualmente pertenece el hospital. A continuación, se presentan los resultados obtenidos de dicho análisis.

- Costo mensual en sistema convencional: 10010.78 S/
- Costo mensual en sistema regulado: 5335.05 S/
- **Costo mensual ahorrado: 4675.73 S/**

4.3. CÁLCULO DE VIABILIDAD DEL PROYECTO

4.3.1. Costo de inversión de los sistemas

Al analizar el costo de implementación entre el sistema de iluminación convencional y el sistema de alumbrado regulado, se observa que los costos asociados a la adquisición de materiales, la mano de obra para la instalación y otros componentes son comparables en ambos casos. La única diferencia significativa radica en el precio de las luminarias.

Tabla 33*Costos de luminarias con sensores de movimiento*

item	Fabricante	Nombre del articulo	Cantidad	Non sensor de movimeinto	Total
1.00	lug light factory	powerlug mini led ed 3600lm/740 ip65 as szeroki szary	100	S/ 506.80	S/ 50,680.00
2.00	lug light factory	urbino led ed 5200lm/740 o36 szary	8	S/ 597.30	S/ 4,778.40
3.00	lug light factory	urbino led ed 7650lm/740 o36 szary	25	S/ 604.90	S/ 15,122.50
4.00	lug light factory	urbino led ed 7800lm/740 o38 szary	3	S/ 604.90	S/ 1,814.70
5.00	lug light factory	urbino led ed 10000lm/740 o36 szary	15	S/ 606.00	S/ 9,090.00
6.00	lug light factory	urbino led ed 10200lm/740 o38 szary	13	S/ 606.00	S/ 7,878.00
7.00	lug light factory	urbino led ed 14450lm/740 o36 szary	112	S/ 614.30	S/ 68,801.60
8.00	lug light factory	urbino led ed 14750lm/740 o38 szary	3	S/ 614.30	S/ 1,842.90
COSTO TOTAL					S/ 160,008.10

Fuente: cotización N° 21425925 de la empresa lug

Tabla 34*Costos de luminarias sin sensores de movimiento*

item	nombre del articulo	cantidad	sin sensor de movimeinto	total
1.00	powerlug mini led ed 3600lm/740 ip65 as szeroki szary	100	S/ 238.40	S/ 23,840.00
2.00	urbino led ed 5200lm/740 o36 szary	8	S/ 308.60	S/ 2,468.80
3.00	urbino led ed 7650lm/740 o36 szary	25	S/ 312.70	S/ 7,817.50
4.00	urbino led ed 7800lm/740 o38 szary	3	S/ 312.70	S/ 938.10
5.00	urbino led ed 10000lm/740 o36 szary	15	S/ 312.70	S/ 4,690.50
6.00	urbino led ed 10200lm/740 o38 szary	13	S/ 312.70	S/ 4,065.10
7.00	urbino led ed 14450lm/740 o36 szary	112	S/ 312.70	S/ 35,022.40
8.00	urbino led ed 14750lm/740 o38 szary	3	S/ 312.70	S/ 938.10
COSTO TOTAL				S/ 79,780.50

Fuente: cotización N° 21426152 de la empresa lug

En la tabla 33 y 34 se observa una diferencia de S/ 80,227.60 en los precios totales de los productos entre las dos opciones.

La implementación del sistema regulado supera en un 50.14% al sistema convencional. Aunque esta cifra pueda parecer considerable, el ahorro energético del sistema permitirá recuperar este monto en un corto plazo.

Tabla 35

Resumen de la inversión del proyecto

TIPO DE SISTEMA	INVERSIÓN	DIF. DE INVERSIÓN	AHORRO C.M.
Sist. convencional	S/ 160,008.10	S/ 80,227.60	S/ 4,675.73
Sist. regulado	S/ 79,780.50		

Nota: Elaboración propia

En la tabla 35 se observa una diferencia de 80,227.60 soles en la inversión debido a la mejora en el sistema, lo que permitió ahorrar 4,675.73S/mes.

Para el cálculo del flujo neto se realizó un cálculo teórico durante 8 años.

4.3.2. Análisis financiero

A continuación, se realizó una evaluación teórica económica que determino la viabilidad del proyecto.

Tabla 36

Cálculo del flujo neto

AÑOS	INGRESOS	FLUJO DE CAJA	FLUJO NETO
1	56108.76	-160008.10	-103899.34
2	56108.76	-103899.34	-47790.58
3	56108.76	-47790.58	8318.18
4	56108.76	8318.18	64426.94
5	56108.76	64426.94	120535.70
6	56108.76	120535.70	176644.46
7	56108.76	176644.46	232753.22



AÑOS	INGRESOS	FLUJO DE CAJA	FLUJO NETO
8	56108.76	232753.22	288861.98

Nota: Elaboración propia

En la tabla 36 muestra el resume la progresión financiera del proyecto, mostrando cómo el flujo de caja negativo inicial se revierte en los primeros años, lo que permite que el flujo neto sea positivo y crezca a lo largo del tiempo.

4.3.3. Cálculo de VAN, TIR, PAYBACK

Para el cálculo se tomó los siguientes datos:

- Tasa de descuento : 10%
- Inversión inicial : 160008.10
- Flujo de caja mensual: 56108.76

Tabla 37

Calculo del VAN y el TIR

VAN	S/ 139,327.99
TIR	13%

Nota: Elaboración propia

Con un VAN positivo, una TIR superior a la tasa de descuento, el proyecto es financieramente viable.

Para el cálculo de payback se realizó lo siguiente:

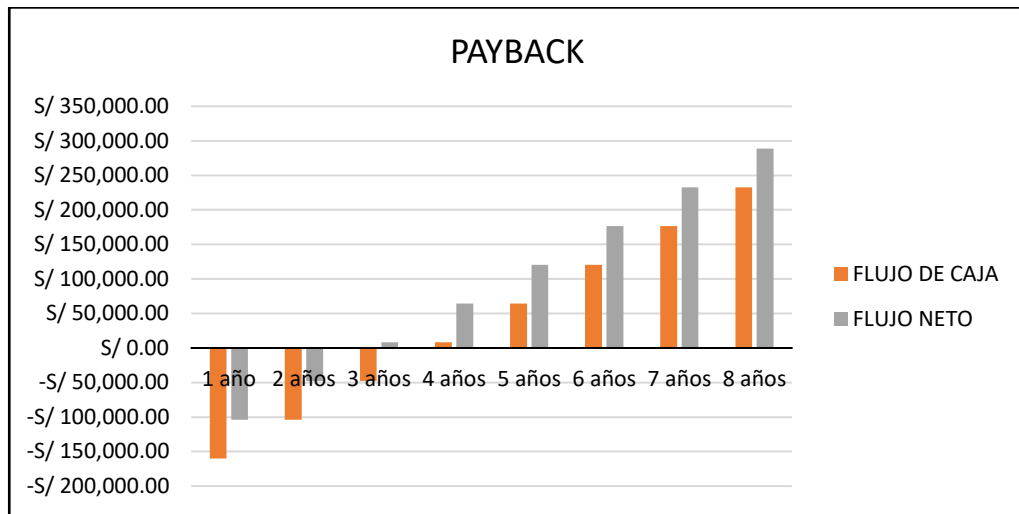
Último año con flujo acumulado negativo + (ultimo valor acumulado negativo / valor de flujo de caja del siguiente año)

$$PAYBACK = 3 + \frac{47790.58}{64426.94}$$

$$PAYBACK = 3.74 \text{ años}$$

Figura 62

Diagrama de periodo de recuperación (payback)



Nota: Elaboración propia

En la figura 62 muestra el periodo de recuperación de la inversión (Payback) se estima en 3.74 años, lo que significa que la inversión inicial se recuperará en un plazo relativamente corto, asegurando un flujo de caja positivo en los años subsiguientes.



V. CONCLUSIONES

- La implementación del sistema de regulación de intensidad lumínica en el Hospital Hipólito Unanue de Tacna ha mejorado la eficiencia energética en la iluminación exterior. El ajuste automático de la iluminación según la actividad ha permitido reducir significativamente el consumo energético y generar ahorros económicos. Además, los resultados financieros confirman que el sistema es rentable y sostenible a mediano plazo.
- Los análisis lumínicos del sistema al 100% y al 30% de su capacidad lumínica mostraron que es posible garantizar niveles adecuados de iluminación superiores a los 75 lux al operar al 100% de la capacidad lumínica de las luminarias mientras que al regular al 30% se obtuvo valores inferiores a los indicado en la norma, diseñado para ausencia de actividad y en ambos escenarios la uniformidad se mantuvo superiores a 0.4 evitando así zonas oscuras lo que contribuye a la seguridad de la zona.
- La implementación del sistema de regulación de intensidad lumínica ha sido exitosa, permitiendo que la iluminación se ajuste automáticamente según la actividad en la zona. logrando una significativa reducción en el consumo energético durante las horas de baja actividad. El sistema regulado ha demostrado ser altamente efectivo, reduciendo el consumo mensual de energía de 10,010.78 S/ a 5,335.05 S/, lo que representa un ahorro mensual de 4,675.73 S/.
- El análisis financiero del sistema de regulación de intensidad lumínica con el sistema convencional, quedó claro que el sistema regulado es mucho más eficiente en términos de energía. No solo consume menos, sino que también es una opción económicamente viable. Los resultados muestran un Valor Actual Neto (VAN) de



139,327.99 S/ y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 13%, con un período de recuperación de la inversión de 3.74 años, lo que indica que esta inversión es rentable y ofrece beneficios a mediano plazo.



VI. RECOMENDACIONES

- Siguiendo la línea de la eficiencia energética, una mejora para el proyecto sería pensar en integrar energía solar. La regulación de intensidad ya les está ayudando a ahorrar, pero si además consideran la posibilidad de alimentar las luminarias exteriores con energía solar, estarían avanzando hacia un hospital más sostenible.
- Realizar auditorías energéticas periódicas permitirá evaluar el desempeño del sistema de alumbrado y cuantificar los ahorros energéticos logrados.
- Con el fin de proponer nuevos proyectos basados en los resultados obtenidos. Este estudio podría servir para explorar más a fondo cómo la reducción del consumo energético impacta en la huella de carbono del hospital, abriendo la puerta a futuras propuestas para mejorar la eficiencia en otras áreas del hospital.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aenor. (2005). norma española. https://www.aserluz.org/wp-content/uploads/2016/03/UNE-EN_60598-12005.pdf
- Austrian Energy Agency. (2018). Iluminación LED exterior Guía práctica: diseño y criterios de compra. www.energia.polimi.it
- Chacón-Avilés, R., Meza-Benavides, C., C-Braga, H. A., -Almeida, P. S., & -Casagrande, C. G. (2017). Proceso de diseño de sistemas de iluminación LED energéticamente autónomos Design process of LED lighting systems energetically autonomous. *Revista Tecnología En Marcha*, 30(4), 52–65. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822017000400052&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Fernández Ferri, S. (2020). Telegestión y optimización del alumbrado del campo de fútbol de Massamagrell. <http://hdl.handle.net/10609/126528>
- Ferri, S. F. (2020). Telegestión y optimización del alumbrado del campo de fútbol de Massamagrell.
- Fontana, J. L., Scozzina, E. F., Marder, V., Ramírez, J. L., & Lin, A. D. J. (2021). Contaminación lumínica: la iluminación Led. Un análisis del conocimiento actual de sus efectos sobre plantas y animales. *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica*, 7, 60. <https://doi.org/10.30972/eitt.704765>
- Giménez, B., Castilla, N., Martínez, A., & Pastor, R. (2013). Luminotecnia: Magnitudes fotométricas básicas. Unidades de medida. 1–9. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12732/LUMINOTECHNICA.pdf?sequence=1>
- Gobierno de España. (2007). Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera. *Boletín Oficial Del Estado*, 275(16 de noviembre de 2007), 16241–16260. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2007/BOE-A-2007-19744-consolidado.pdf>
- iluminet. (2015). Física de la luz. La Óptica En El LED. <https://www.iluminet.com/optica-led-iluminacion/>



- Luminotecnia. (2002). Capítulo 7. 67–86.
https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2015-09-20_03-13-37129512.pdf
- Meza, V. (2021). Iluminación, luminarias y sistemas especiales. 1–57.
- Ministerio de Vivienda, C. y S. (2019). Norma Técnica Em.010 Instalaciones Eléctricas Interiores Del Reglamento Nacional De Edificaciones. Reglamento Nacional de Edificaciones, 20. www.vivienda.gob.pe
- Moreno García, M. C., & Martín Moreno, A. (2016). La contaminación lumínica . Aproximación al problema en el barrio de Sants (Barcelona) además , cómo el aumento de las áreas iluminadas no ha parado de crecer . Se para iluminación de exteriores en los países desarrollados de entre el 5 % y el. 133–163.
- Oscro, F., Salazar, J., Nakama, V., & Horn, M. (2012). EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LAS CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS Y FOTOMÉTRICAS DE LUMINARIAS LEDS. 14–16.
- osinergmin. (2013). Avances Tecnológicos en el Alumbrado Público. Foro Regional, 59.
<https://www.osinergmin.gob.pe/newweb/uploads/Publico/OficinaComunicaciones/EventosRealizados/ForoIca/1/2 Avances Tecnologicos LEDs AP - J.Manuico.pdf>
- Ríos, A., Taípe, D., Otorongo, M., & Guamán, J. (2019). Diseño e Implementación de una Plataforma CloudIoT de Control Inteligente de un Sistema de Iluminación Interior con Suministro en LVDC. Revista Técnica “Energía,” 16(1). <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v16.n1.2019.335>
- Sanhueza, P. (2019). Uso de filtros en el recorte espectral de luminarias led. 54–59.
- Schneider Electric España. (2010). Guía de diseño de instalaciones eléctricas. Schneider Electric España.



ANEXOS

ANEXO 1: Cotización de luminarias sin sensor de movimiento

		No.: 21425925 Date: 2024-04-05					
COMMERCIAL OFFER							
SELLER: LUG Light Factory Sp. z o.o. ul. Gorzowska 11 65-127 Zielona Góra NIP: PL 929 17 85 452		CUSTOMER: Yojan Laura Chambi AV. MANUEL A. ODRIA 1245 23006 Tacna Peru Contact person: Yojan Laura Chambi ylaura@epg.unap.edu.pe +51 () 960332541					
Dear Customer, We would like to present you our price offer for the following LUG lighting solutions:							
No.	Alternative	Ref. No.	LUG article number	Product name	Quantity [Pcs]	Unit price [USD]	Value
1,0			120212.3L171.41.8XX	POWERLUG MINI LED ED DALI 3600lm/740 IP65 AS wide beam grey nr mod.8XX	100,00	506,80	50 680,00
2,0			130222.3L752.151.8XX	URBINO LED ED DALI 5200lm/740 O36 grey II class nr mod.8XX	8,00	597,30	4 778,40
3,0			130222.3L762.151.8XX	URBINO LED ED DALI 7650lm/740 O36 grey II class nr mod.8XX	25,00	604,90	15 122,50
4,0			130222.3L762.181.8XX	URBINO LED ED DALI 7800lm/740 O38 grey II class nr mod.8XX	3,00	604,90	1 814,70
5,0			130222.3L772.151.8XX	URBINO LED ED DALI 10050lm/740 O36 grey II class nr mod.8XX	15,00	606,00	9 090,00
6,0			130222.3L772.181.8XX	URBINO LED ED DALI 10200lm/740 O38 gray II class nr mod.8XX	13,00	606,00	7 878,00
7,0			130222.3L782.151.8XX	URBINO LED ED DALI 14500lm/740 O36 grey II class nr mod.00X	112,00	614,30	68 801,60
8,0			130222.3L782.181.8XX	URBINO LED ED DALI 14750lm/740 O38 grey II class nr mod.8XX	3,00	614,30	1 842,90
TOTAL [USD]						160 008,10	
Project number:		S-F60PE0-24114884					
Project name:		Mejoramiento del centro de laboratorios de Diresa - Tacna					
Offer is valid till:		2024-04-20		Delivery address:		AV. MANUEL A. ODRIA 1245	
Delivery time:		up to 10 weeks				23006 Tacna	
Delivery terms:		DDP – Tacna City (delivery in Tacna)				Peru	
Remarks:							
We hope, that offer meets Your requirements. Do not hesitate to contact us in case you would modify the range.							
- The price doesn't include VAT (IGV)							
Issued by: Jesús Morán E-mail: jesus.moran@lug.com.pl Phone: +48 609 290 151				Customer Key Account: Jesús Morán E-mail: jesus.moran@lug.com.pl Phone: +48 609 290 151			
<p>Please note:</p> <p>Due to the current situation, resulting from the availability of components, the approximate lead time is 8 weeks. The delivery date will be confirmed by the Customer Service Center once the order is received and production is scheduled. The offer does not include transport costs, which may be added to the invoice.</p> <p>Prices and conditions presented above are valid and binding when at least 80% of offer scope is accepted to purchase. In case it is less than 80%, LUG reserves right to recalculate the offer conditions.</p>							



ANEXO 2: Cotización de luminarias sin sensor de movimiento

		COMMERCIAL OFFER		No.: 21426152			
				Date: 2024-04-10			
SELLER:			CUSTOMER:				
LUG Light Factory Sp. z o.o.			Yojan Laura Chambi				
ul. Gorzowska 11			AV. MANUEL A. ODRIA 1245				
65-127 Zielona Góra			23006 Tacna				
NIP: PL 929 17 85 452			Peru				
			Contact person:				
			Yojan Laura Chambi				
			ylaura@epg.unap.edu.pe				
			+51 () 960332541				
Dear Customer,							
We would like to present you our price offer for the following LUG lighting solutions:							
No.	Alternative	Ref. No.	LUG article number	Product name	Quantity (Pcs)	Unit price (USD)	Value
1,0			120212.5L171.41	POWERLUG MINI LED ED 3600lm/740 IP65 AS wide beam grey	100,00	238,40	23 840,00
2,0			130222.5L752.151	URBINO LED ED 5200lm/740 O36 grey II class	8,00	308,60	2 468,80
3,0			130222.5L762.151	URBINO LED ED 7650lm/740 O36 grey II class	25,00	312,70	7 817,50
4,0			130222.5L762.181	URBINO LED ED 7650lm/740 O38 grey	3,00	312,70	938,10
5,0			130222.5L772.151	URBINO LED ED 10050lm/740 O36 grey II class	15,00	312,70	4 690,50
6,0			130222.5L772.181	URBINO LED ED 10050lm/740 O38 grey II class	13,00	312,70	4 065,10
7,0			130222.5L782.151	URBINO LED ED 14500lm/740 O36 grey II class	112,00	317,00	35 504,00
8,0			130222.5L782.181	URBINO LED ED 14500lm/740 O38 grey II class	3,00	317,00	951,00
TOTAL [USD]						80 275,00	
Product downloads:							
1,0 https://www.lug.com.pl/robokat/datasheet/catalog?id=79060&lang=en&pdf=true							
2,0 https://www.lug.com.pl/robokat/datasheet/catalog?id=82693&lang=en&pdf=true							
3,0 https://www.lug.com.pl/robokat/datasheet/catalog?id=82837&lang=en&pdf=true							
4,0 https://www.lug.com.pl/robokat/datasheet/catalog?id=82561&lang=en&pdf=true							
5,0 https://www.lug.com.pl/robokat/datasheet/catalog?id=82761&lang=en&pdf=true							
6,0 https://www.lug.com.pl/robokat/datasheet/catalog?id=82834&lang=en&pdf=true							
7,0 https://www.lug.com.pl/robokat/datasheet/catalog?id=82865&lang=en&pdf=true							
8,0 https://www.lug.com.pl/robokat/datasheet/catalog?id=82612&lang=en&pdf=true							
Project number:		S-F60PE0-24114884					
Project name:		Mejoramiento del centro de laboratorios de Diresa - Tacna					
Offer is valid till:		2024-04-25		Delivery address:			
Delivery time:		up to 11 weeks		AV. MANUEL A. ODRIA 1245			
Delivery terms:		Delivered Duty Paid - Tacna		23006 Tacna			
				Peru			
Remarks:							
We hope, that offer meets Your requirements. Do not hesitate to contact us in case you would modify the range.							
Issued by:			Customer Key Account:				
Jesús Morán			Jesús Morán				
E-mail: jesus.moran@lug.com.pl			E-mail: jesus.moran@lug.com.pl				
Phone: +48 609 290 151			Phone: +48 609 290 151				



ANEXO 3: Resultado de la simulación en el software DIALux evo

DIALux

Valores de atenuación

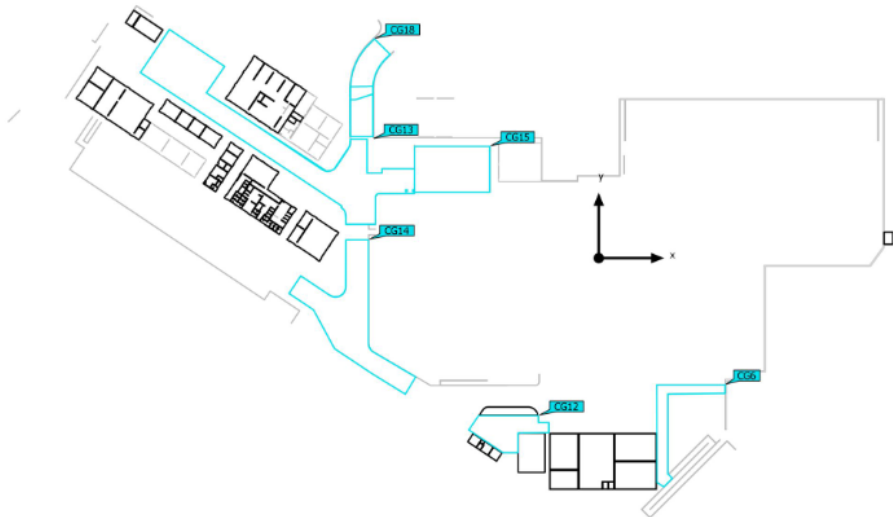
Grupo de control	CG 1	CG 2
AL 30%	30	30
AL 100%	100	100

Valores de atenuación [%]

DIALux

Edificación 1 · Planta (nivel) 2 (AL 100%)

Objetos de cálculo





Edificación 1 · Planta (nivel) 2 (AL 100%)

Objetos de cálculo

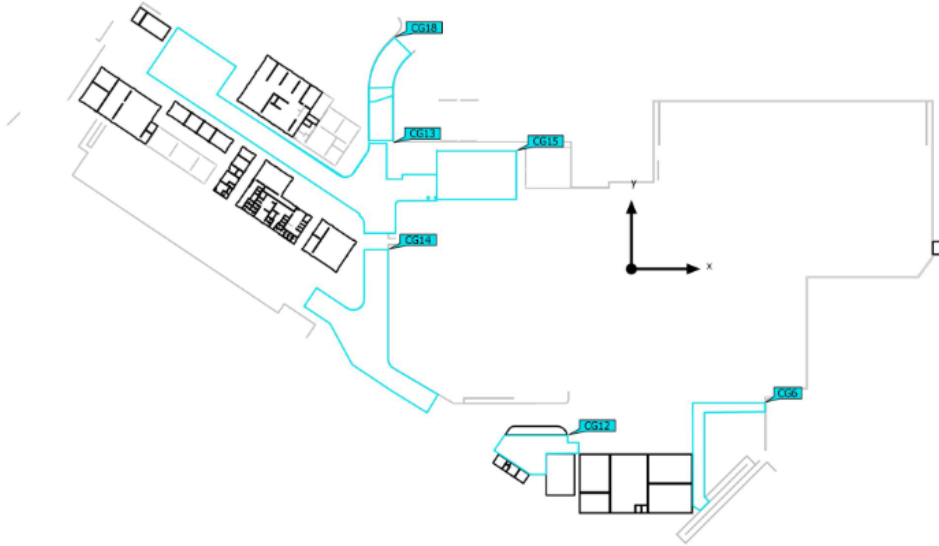
Superficie de cálculo

Propiedades	E	E _{min}	E _{máx}	U _o (g ₁)	g ₂	Índice
CAMINERIA Iluminancia perpendicular Altura: 0.100 m	66.9 lx	42.9 lx	86.2 lx	0.64	0.50	CG6
CAMINERIA Iluminancia perpendicular Altura: 0.100 m	81.8 lx	34.4 lx	146 lx	0.42	0.24	CG12
CALLES INTERIORES CRUCE VIAL Iluminancia perpendicular Altura: -0.000 m	90.7 lx	51.5 lx	124 lx	0.57	0.42	CG13
CALLES INTERIORES CRUCE VIAL Iluminancia perpendicular Altura: -0.000 m	98.7 lx	55.2 lx	151 lx	0.56	0.37	CG14
PATIO DE MANIOBRA Iluminancia perpendicular Altura: 0.000 m	88.8 lx	46.1 lx	114 lx	0.52	0.40	CG15
RAMPA VEHICULAR Iluminancia perpendicular Altura: 3.700 m	103 lx	49.4 lx	188 lx	0.48	0.26	CG18



Edificación 1 · Planta (nivel) 2 (AL 30%)

Objetos de cálculo



Edificación 1 · Planta (nivel) 2 (AL 30%)

Objetos de cálculo

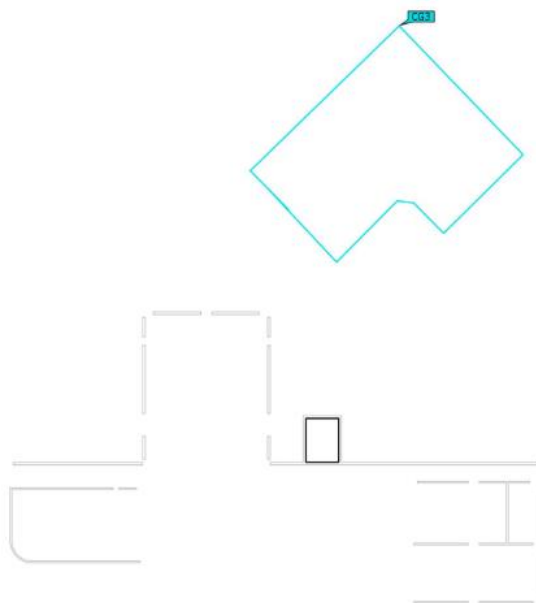
Superficie de cálculo

Propiedades	E	E _{min}	E _{máx}	U ₀ (g ₁)	g ₂	Índice
CAMINERIA Iluminancia perpendicular Altura: 0.100 m	20.1 lx	12.9 lx	25.9 lx	0.64	0.50	CG6
CAMINERIA Iluminancia perpendicular Altura: 0.100 m	24.5 lx	10.3 lx	43.8 lx	0.42	0.24	CG12
CALLES INTERIORES CRUCE VIAL Iluminancia perpendicular Altura: -0.000 m	27.2 lx	15.5 lx	37.1 lx	0.57	0.42	CG13
CALLES INTERIORES CRUCE VIAL Iluminancia perpendicular Altura: -0.000 m	29.6 lx	16.6 lx	45.4 lx	0.56	0.37	CG14
PATIO DE MANIOBRA Iluminancia perpendicular Altura: 0.000 m	26.6 lx	13.8 lx	34.2 lx	0.52	0.40	CG15
RAMPA VEHICULAR Iluminancia perpendicular Altura: 3.700 m	30.8 lx	14.8 lx	56.5 lx	0.48	0.26	CG18

DIALux

Edificación 1 · Planta (nivel) 3 (AL 100%)

Objetos de cálculo



Edificación 1 · Planta (nivel) 3 (AL 100%)

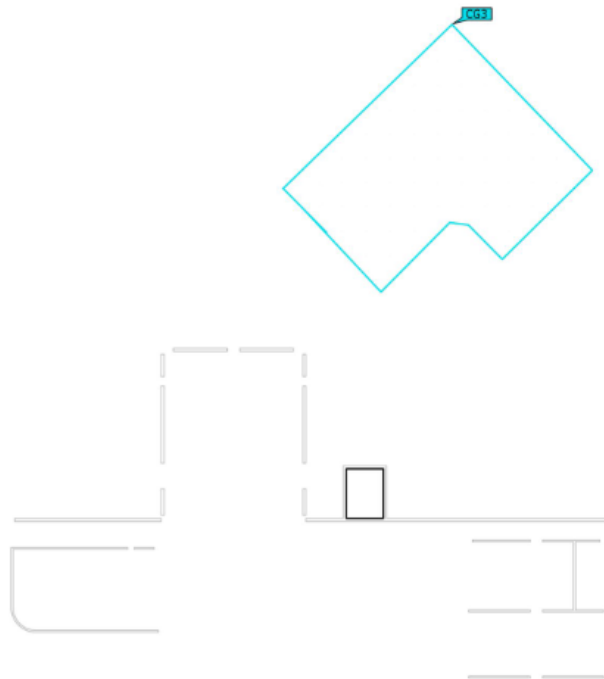
Objetos de cálculo

Superficie de cálculo

Propiedades	E	E _{min}	E _{máx}	U ₀ (g ₁)	g ₂	Índice
ESTACIONAMIENTO PARA DISCAPACITADOS Iluminancia perpendicular Altura: 4.350 m	80.7 lx	52.3 lx	110 lx	0.65	0.48	CG3

Edificación 1 · Planta (nivel) 3 (AL 30%)

Objetos de cálculo





Edificación 1 · Planta (nivel) 3 (AL 30%)

Objetos de cálculo

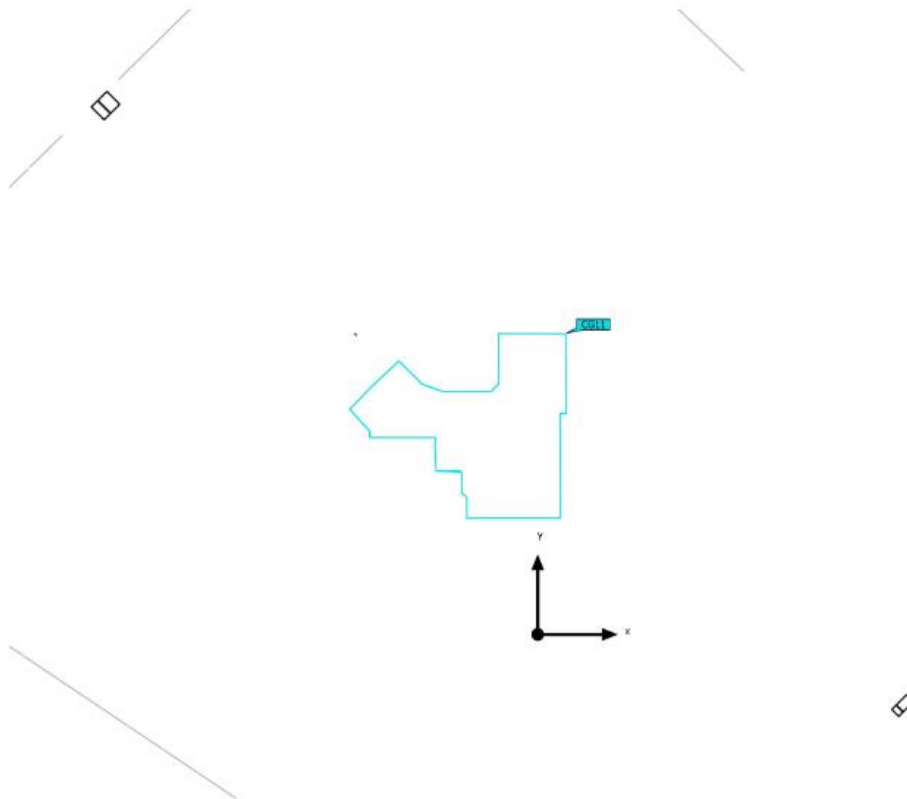
Superficie de cálculo

Propiedades	E	E _{min}	E _{máx}	U ₀ (g ₁)	g ₂	Índice
ESTACIONAMIENTO PARA DISCAPACITADOS Iluminancia perpendicular Altura: 4.350 m	24.2 lx	15.7 lx	33.1 lx	0.65	0.47	CG3

DIALux

Edificación 1 · Planta (nivel) 4 (AL 100%)

Objetos de cálculo





Edificación 1 - Planta (nivel) 4 (AL 100%)

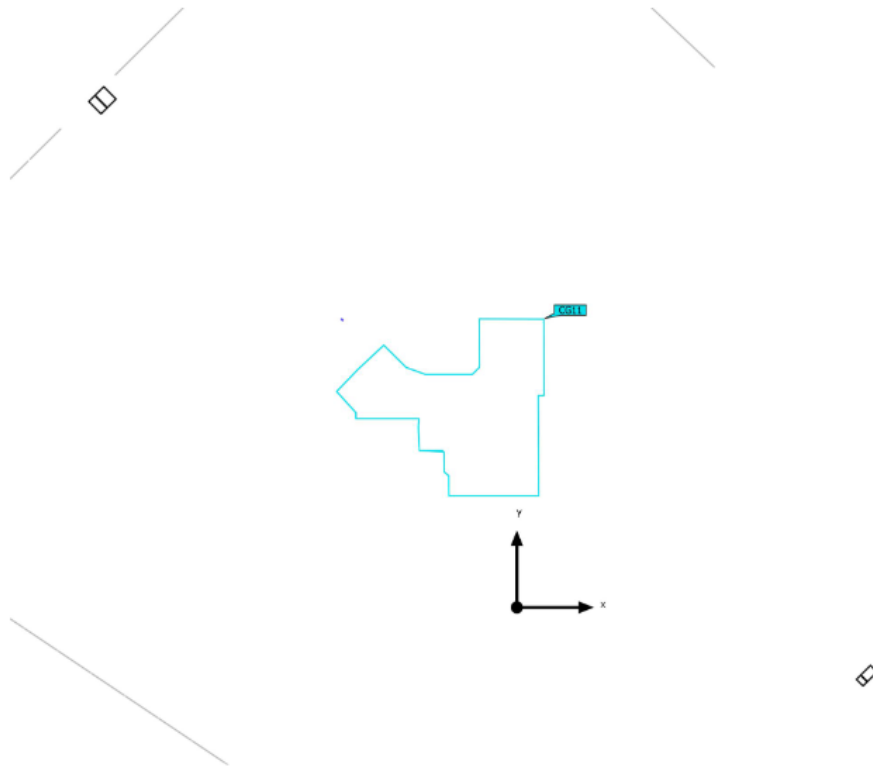
Objetos de cálculo

Superficie de cálculo

Propiedades	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	U_0 (g _r)	g_2	Índice
CAMINERIA Iluminancia perpendicular Altura: 1.800 m	77.8 lx	32.5 lx	157 lx	0.42	0.21	CG11

Edificación 1 - Planta (nivel) 4 (AL 30%)

Objetos de cálculo



Edificación 1 · Planta (nivel) 4 (AL 30%)

Objetos de cálculo

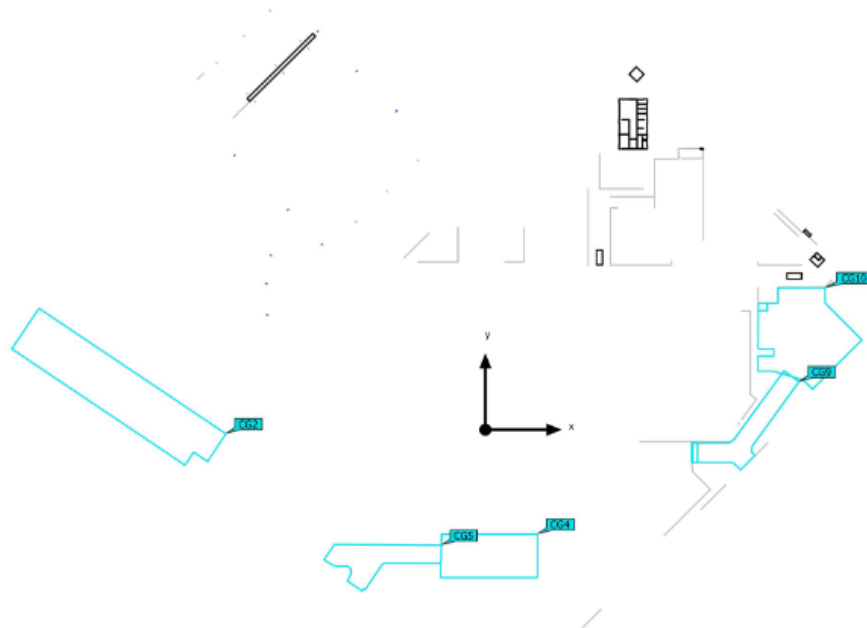
Superficie de cálculo

Propiedades	\bar{E}	E_{\min}	E_{\max}	U_0 (g_1)	g_2	Índice
CAMINERIA Iluminancia perpendicular Altura: 1.800 m	23.3 lx	9.74 lx	47.0 lx	0.42	0.21	CG11

DIALux

Edificación 1 · Planta (nivel) 5 (AL 100%)

Objetos de cálculo



Edificación 1 · Planta (nivel) 5 (AL 100%)

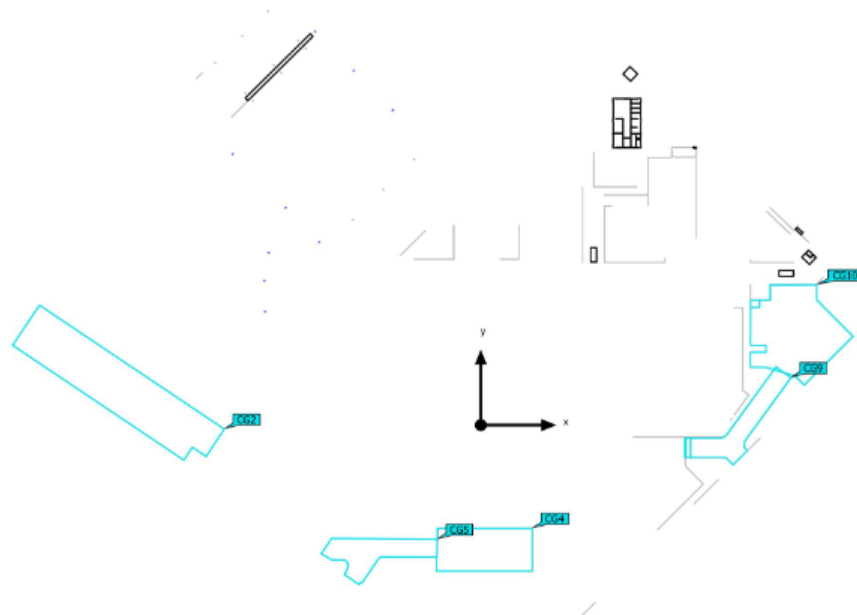
Objetos de cálculo

Superficie de cálculo

Propiedades	\bar{E}	E_{\min}	E_{\max}	U_0 (g ₁)	g_2	Índice
ESTACIONAMIENTO Iluminancia perpendicular Altura: -4.250 m	78.3 lx	35.4 lx	151 lx	0.45	0.23	CG2
PATIO DE MANIOBRA Iluminancia perpendicular Altura: -4.400 m	84.0 lx	48.9 lx	112 lx	0.58	0.44	CG4
ACCESO VEHICULAR Iluminancia perpendicular Altura: -3.950 m	85.0 lx	39.0 lx	139 lx	0.46	0.28	CG5
CALLES EXTERIORES Iluminancia perpendicular Altura: -0.150 m	88.9 lx	42.6 lx	138 lx	0.48	0.31	CG9
ESTACIONAMIENTO DE EMERGENCIAS Iluminancia perpendicular Altura: -0.200 m	76.6 lx	33.8 lx	117 lx	0.44	0.29	CG10

Edificación 1 · Planta (nivel) 5 (AL 30%)

Objetos de cálculo





Edificación 1 · Planta (nivel) 5 (AL 30%)

Objetos de cálculo

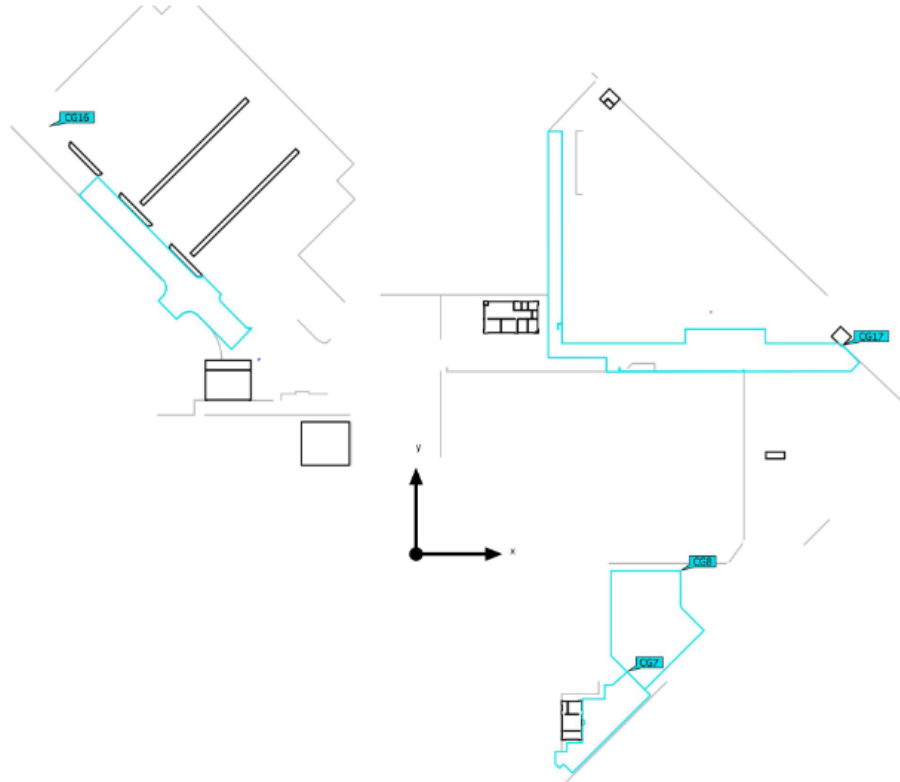
Superficie de cálculo

Propiedades	\bar{E}	E_{\min}	E_{\max}	$U_0 (g_1)$	g_2	Índice
ESTACIONAMIENTO Iluminancia perpendicular Altura: -4.250 m	23.5 lx	10.6 lx	45.3 lx	0.45	0.23	CG2
PATIO DE MANIOBRA Iluminancia perpendicular Altura: -4.400 m	25.2 lx	14.7 lx	33.6 lx	0.58	0.44	CG4
ACCESO VEHICULAR Iluminancia perpendicular Altura: -3.950 m	25.5 lx	11.7 lx	41.6 lx	0.46	0.28	CG5
CALLES EXTERIORES Iluminancia perpendicular Altura: -0.150 m	26.7 lx	12.8 lx	41.5 lx	0.48	0.31	CG9
ESTACIONAMIENTO DE EMERGENCIAS Iluminancia perpendicular Altura: -0.200 m	23.0 lx	10.1 lx	35.1 lx	0.44	0.29	CG10



Edificación 1 · Planta (nivel) 8 (AL 100%)

Objetos de cálculo



Edificación 1 · Planta (nivel) 8 (AL 100%)

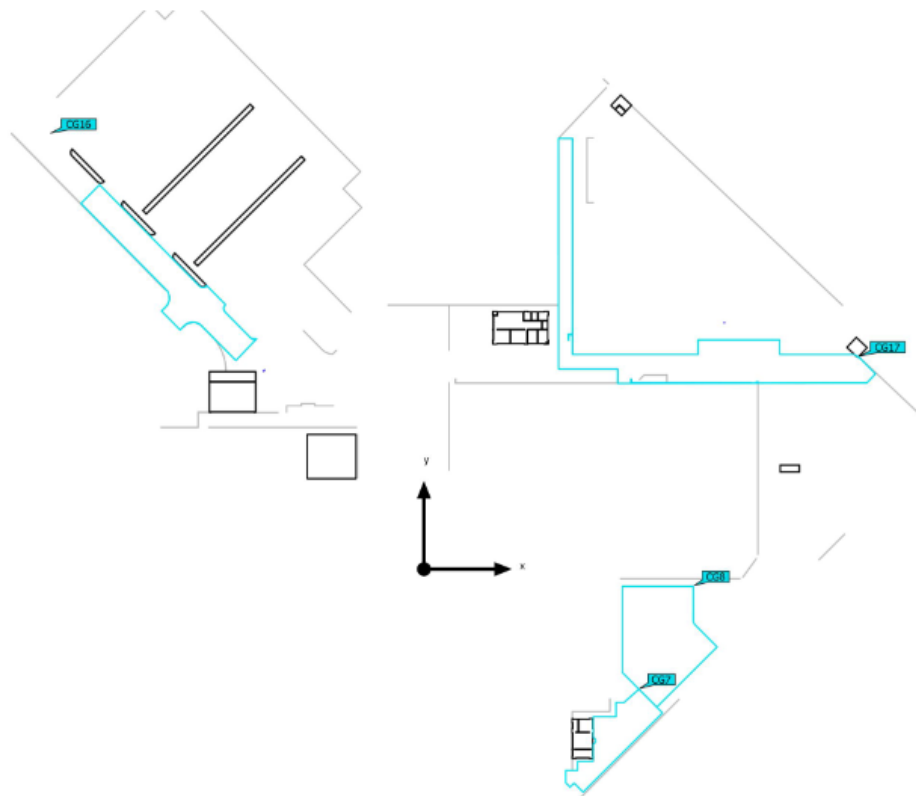
Objetos de cálculo

Superficie de cálculo

Propiedades	E	E_{min}	E_{max}	$U_0 (g_1)$	g_2	Índice
CAMINERIA Iluminancia perpendicular Altura: -0.000 m	78.3 lx	38.4 lx	158 lx	0.49	0.24	CG7
ESTACIONAMIENTO DE AMBULANCIAS Iluminancia perpendicular Altura: -0.000 m	80.9 lx	34.1 lx	128 lx	0.42	0.27	CG8
CALLES INTERIORES Intensidad lumínica horizontal Altura: -0.150 m	89.3 lx	48.6 lx	154 lx	0.54	0.32	CG16
CAMINERIA Iluminancia perpendicular Altura: 0.400 m	75.5 lx	47.8 lx	103 lx	0.63	0.46	CG17

Edificación 1 · Planta (nivel) 8 (AL 30%)

Objetos de cálculo



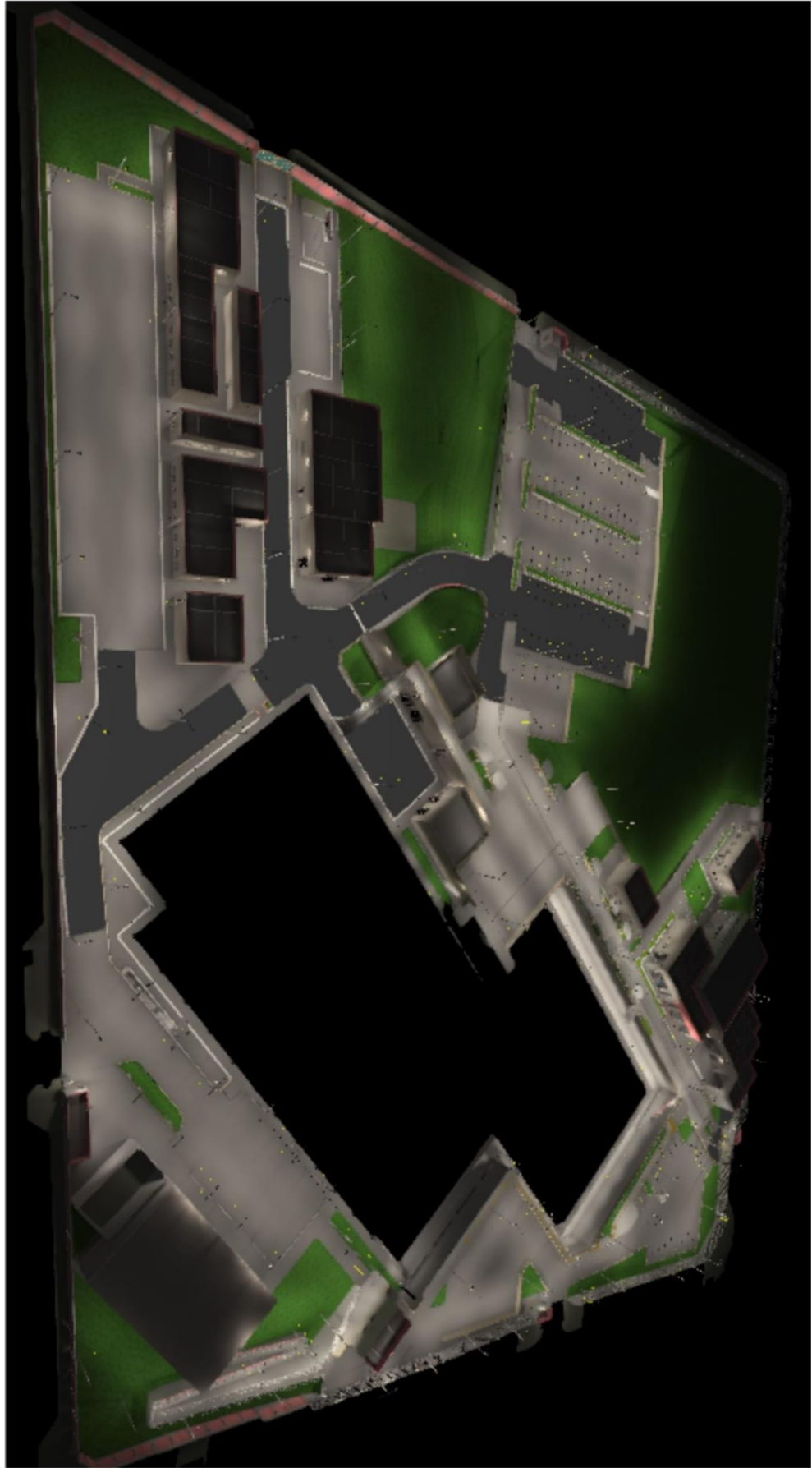


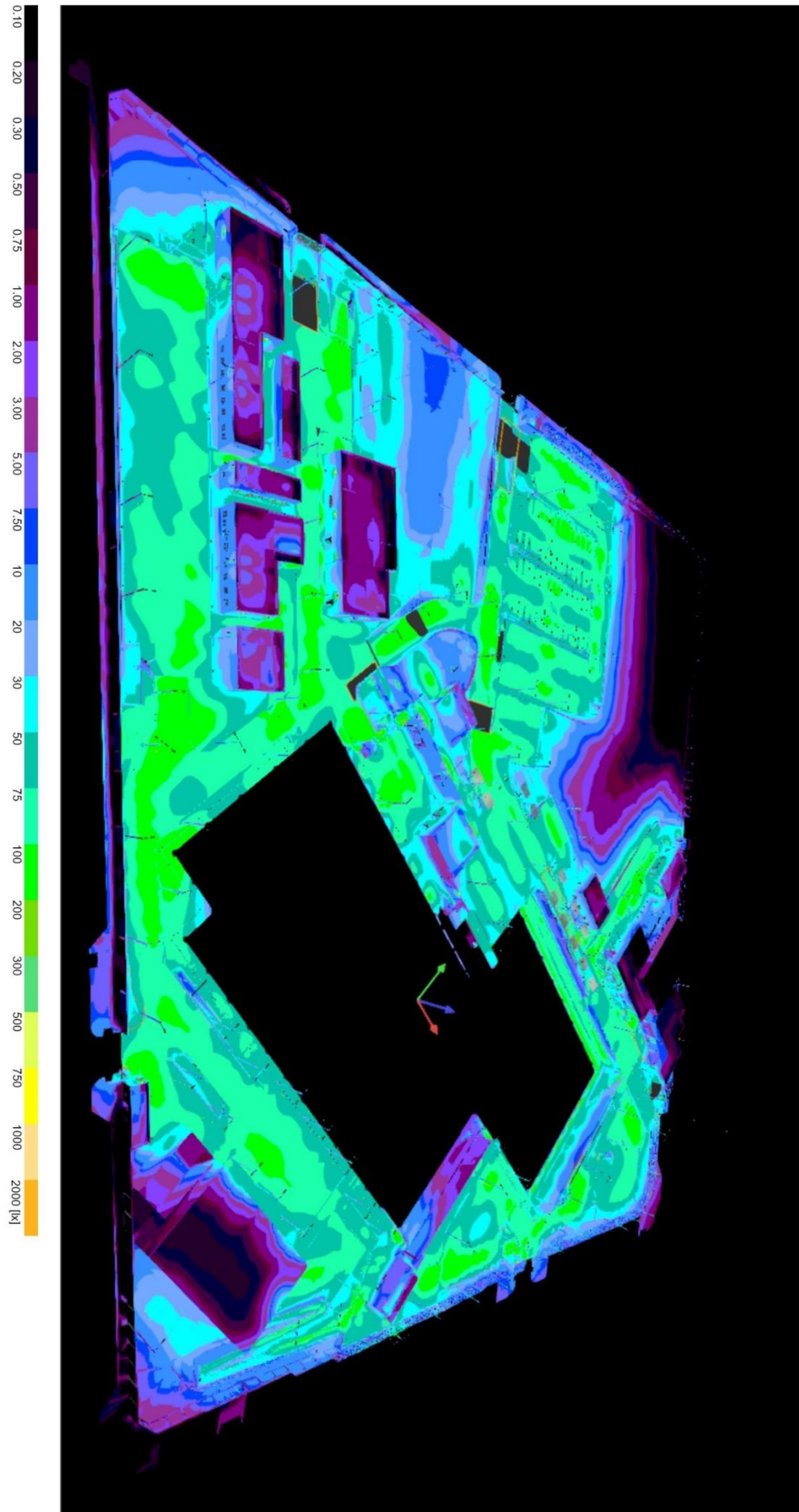
Edificación 1 - Planta (nivel) 8 (AL 30%)

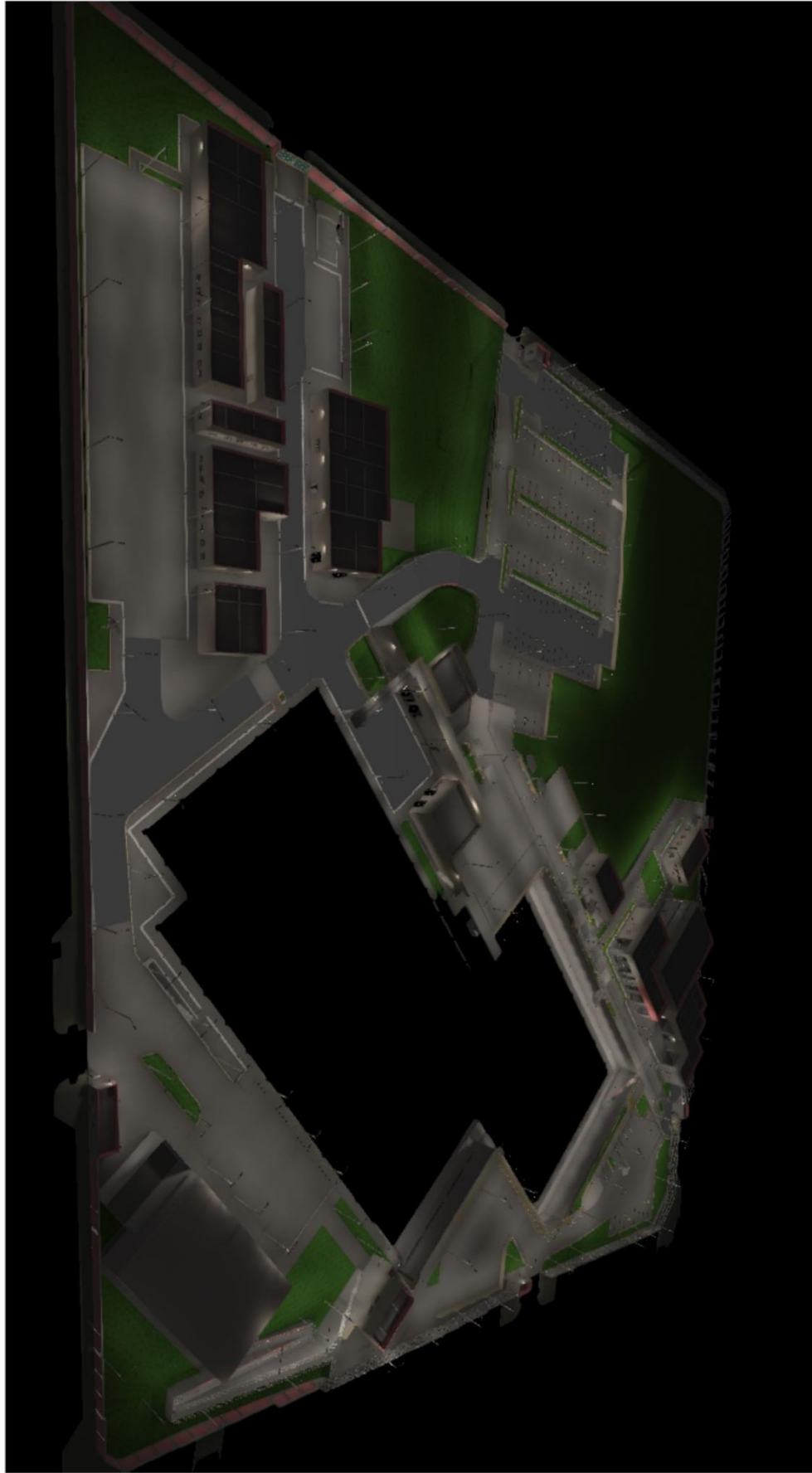
Objetos de cálculo

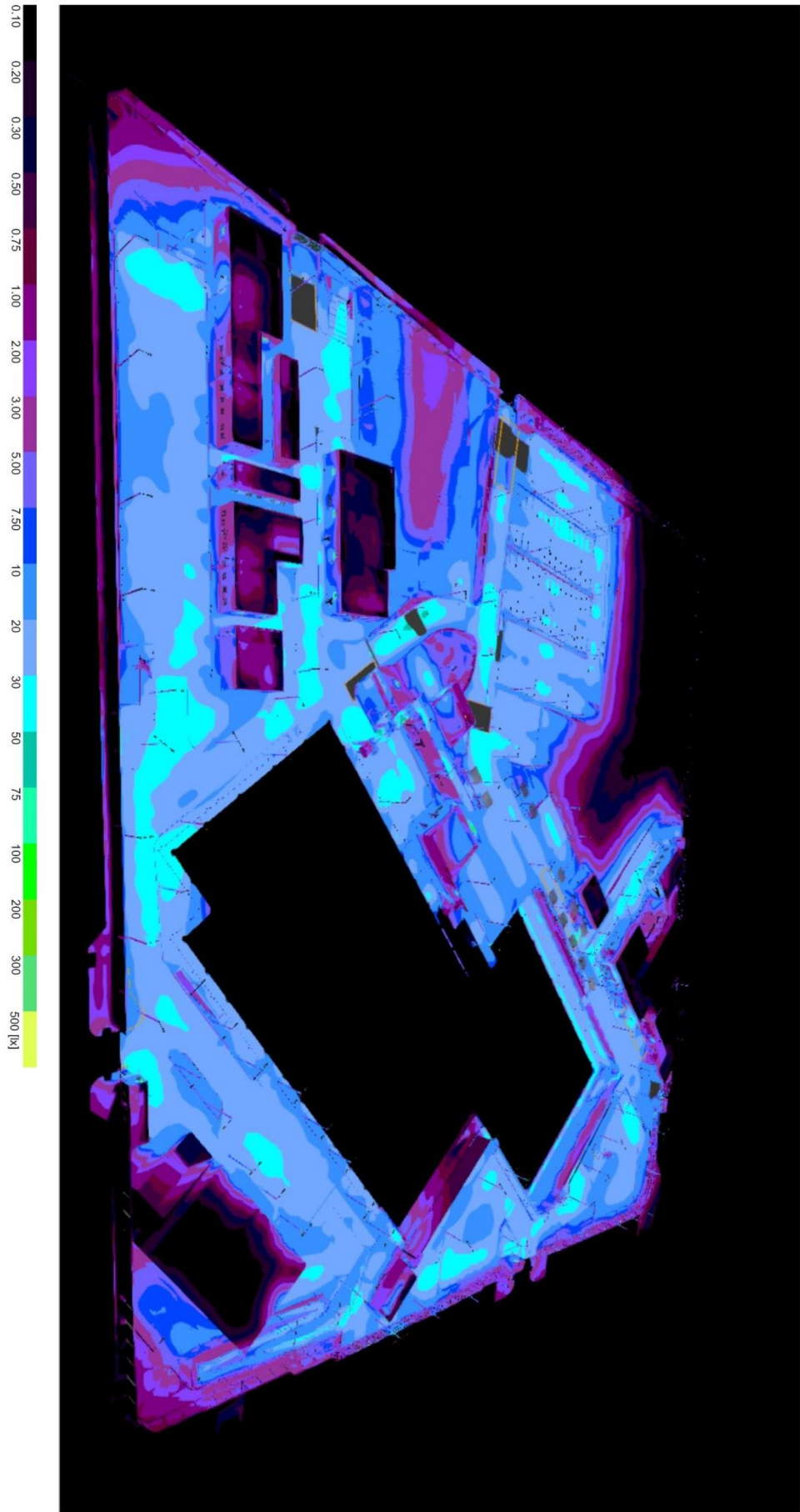
Superficie de cálculo

Propiedades	E	E _{min}	E _{máx}	U ₀ (g ₁)	g ₂	Índice
CAMINERIA Iluminancia perpendicular Altura: -0.000 m	23.5 lx	11.5 lx	47.5 lx	0.49	0.24	CG7
ESTACIONAMIENTO DE AMBULANCIAS Iluminancia perpendicular Altura: -0.000 m	24.3 lx	10.2 lx	38.3 lx	0.42	0.27	CG8
CALLES INTERIORES Intensidad lumínica horizontal Altura: -0.150 m	26.8 lx	14.6 lx	46.1 lx	0.54	0.32	CG16
CAMINERIA Iluminancia perpendicular Altura: 0.400 m	22.7 lx	14.3 lx	31.0 lx	0.63	0.46	CG17











ANEXO 4: Declaración jurada de autenticidad de la tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo YOJAN BRAUER LAURA CHAMBI
identificado con DNI 75948807 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

" ESTUDIO E IMPLEMENTACION DE SISTEMA DE REGULACION DE
INTENSIDAD LUMINOSA PARA ILUMINACION EN EXTERIORES EN
EL HOSPITAL HIPOLITO UNANUE - TACNA "

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 23 de SETIEMBRE del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 5: Autorización para el depósito de tesis en el repositorio institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo YOJAN BRAUWER LAURA CHAMBI
identificado con DNI 75992807 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA MECANICA ELECTRICA
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

" ESTUDIO E IMPLEMENTACION DE SISTEMA DE REGULACION
DE INTENSIDAD LUMINOSA PARA ILUMINACION EN EXTERIORES
EN EL HOSPITAL HIPOLITO UNANUE-TACNA "

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 23 de SEPTIEMBRE del 20 24

FIRMA (obligatoria)



Huella