

UNIVERSIDAD CENTRAL
VICERRECTORÍA ACADÉMICA

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA

**PROPUESTA DE DISEÑO DE OPTIMIZACIÓN DEL
SISTEMA LUMÍNICO DEL ÁREA DE PARQUEO DEL
HOSPITAL SAN RAFAEL DE ALAJUELA, MEDIANTE LA
IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN
EL PRIMER SEMESTRE DE 2025**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

ESTUDIANTE: ALEJANDRO ALFARO YUBANK

TUTOR: MARIO BALLAR CALVO

SEDE CENTRAL, COSTA RICA

JUNIO, 2025

CONTENIDOS

CONTENIDOS	I
TABLAS	III
FIGURAS	V
DEDICATORIA	VII
AGRADECIMIENTOS.....	VIII
RESUMEN	IX
CAPÍTULO I. PROBLEMA	10
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
OBJETIVOS.....	13
OBJETIVO GENERAL	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
JUSTIFICACIÓN.....	14
ANTECEDENTES.....	16
PROYECCIONES.....	23
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	24
MARCO SITUACIONAL.....	25
ANTECEDENTES HISTÓRICOS	25
VISIÓN.....	27
MISIÓN	27
UBICACIÓN	27
ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.....	29

TIPO DE SERVICIOS.....	31
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	31
FODA DE LA INSTITUCIÓN	33
MARCO CONCEPTUAL	34
LA LUZ Y LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN	34
ENTORNO LUMINOSO Y RENDIMIENTO VISUAL	40
ENERGÍA FOTOVOLTAICA.....	42
SISTEMAS DE ILUMINACIÓN EXTERIOR.....	46
NORMATIVAS Y REGULACIONES	51
VIABILIDAD, SOSTENIBILIDAD Y OPERATIVIDAD	53
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	59
ENFOQUE METODOLÓGICO.....	60
MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	62
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO APLICADO MEDIANTE EL MÉTODO DESCRIPTIVO	64
FUENTES Y SUJETOS DE INFORMACIÓN.....	65
FUENTES DE INFORMACIÓN	65
SUJETOS DE INFORMACIÓN	66
CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LOS SUJETOS INFORMANTES	68
INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS	69
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS	70
ALCANCES	70
LIMITACIONES	71
VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	72
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS	75
VIABILIDAD TÉCNICA DE LA OPTIMIZACIÓN DE ILUMINACIÓN	76

VALIDACIÓN Y COMPARACIÓN DE DATOS TEÓRICOS	76
ANÁLISIS DE LUMINARIAS.....	78
VALORACIÓN CON SOFTWARE DIALUX	82
ANÁLISIS DE INVERSIÓN	92
ESTUDIO DE MERCADO.....	93
COSTOS DE CONSUMO	95
COSTOS DE MANTENIMIENTO	102
RETORNO DE INVERSIÓN	104
DESEMPEÑO DE LA OPTIMIZACIÓN DE ILUMINACIÓN	107
PERCEPCIÓN DEL DESEMPEÑO	107
VENTAJAS Y DESAFÍOS DE LA OPTIMIZACIÓN.....	113
COMPARACIÓN TEÓRICA DEL DESEMPEÑO	116
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	118
REFERENCIAS	122
APÉNDICES Y ANEXOS.....	128
ANEXO N°1	129
ANEXO N°2	134
APÉNDICE 1.....	135
APÉNDICE 2.....	140
APÉNDICE 3.....	141
APÉNDICE 4.....	143

TABLAS

Tabla 1 Tipos de luminarias según categorías	39
Tabla 2 Ventajas e inconvenientes de la energía fotovoltaica	43
Tabla 3 Ventajas e inconvenientes de la energía fotovoltaica	45

Tabla 4 Regulaciones de las energías renovables en Costa Rica	53
Tabla 5 Análisis FODA del HSRA con respecto al sistema de iluminación	33
Tabla 6 Métodos de investigación según el objetivo	63
Tabla 7 Población de interés, tipo de la muestra y selección de distribución.....	67
Tabla 8 Instrumentos y técnicas del estudio.....	69
Tabla 9 Definición, operacionalización e instrumentalización de las variables	73
Tabla 10 Requisitos de la calidad de la iluminación en exteriores	78
Tabla 11 Comparación de las características técnicas de las luminarias propuestas	80
Tabla 12 Valores obtenidos de iluminación	90
Tabla 13 Valores obtenidos de iluminación	94
Tabla 14 Valores relacionados a la facturación eléctrica, periodo febrero-abril 2025.	95
Tabla 15 Valores relacionados a la facturación eléctrica, periodo febrero-abril 2025.	96
Tabla 16 Datos teóricos de consumo para cálculos	97
Tabla 17 Datos requeridos para el cálculo de consumo brindados en la facturación.....	98
Tabla 18 Valores estimados para el sistema de iluminación del parqueo.....	100
Tabla 19 Órdenes de trabajo para el área de parqueos	102
Tabla 20 Procesos de compra de insumos para iluminación.....	104
Tabla 21 Procesos de compra de insumos para iluminación.....	105
Tabla 22 Comparación teórica de los sistemas de iluminación	117

FIGURAS

Figura 1 Principales razones del mal funcionamiento del sistema de iluminación	12
Figura 2 Componentes de los sistemas de iluminación	36
Figura 3 Tipos de luminarias	37
Figura 4 Componentes ópticos en los sistemas de iluminación.....	42
Figura 5 Componentes básicos de un sistema fotovoltaico	44
Figura 6 Clasificaciones de protección según la IEC 60529	48
Figura 7 Impacto ambiental de la energía fotovoltaica	55
Figura 8 Objetivos de Desarrollo Sostenible.	56
Figura 9 Actual inmueble del Hospital San Rafael de Alajuela	26
Figura 10 Ubicación geográfica Hospital San Rafael de Alajuela	28
Figura 11 Ubicación de los parqueos del Hospital.....	29
Figura 12 Organigrama del Hospital San Rafael de Alajuela.....	30
Figura 13 Actores en el sistema de iluminación del parqueo.....	32
Figura 14 Actores en el sistema de iluminación del parqueo.....	67
Figura 15 Ofertas de luminarias para la propuesta.....	79
Figura 16 Etapas de la simulación usando DIALux Evo	83
Figura 17 Plano arquitectónico del Hospital San Rafael de Alajuela	85
Figura 18 Área de interés para la valoración.....	86
Figura 19 Puntos de interés para la valoración	88
Figura 20 Resultados obtenidos de la simulación de la superficie 1	89
Figura 21 Resultados obtenidos de la simulación de la superficie 2.....	89
Figura 22 Sistema de iluminación propuesto en formato 3D	92
Figura 23 Proveedores consultados.....	93
Figura 24 Percepción del mejoramiento de la eficiencia energética	108
Figura 25 Percepción del mejoramiento de la visibilidad	109

Figura 26 Percepción de la contribución a la seguridad	110
Figura 27 Principales desafíos percibidos de la propuesta.....	111
Figura 28 Percepción de la justificación de la propuesta	112
Figura 29 Ventajas y desafíos del sistema fotovoltaico	113

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a Dios, por darme la fuerza para finalizar este proceso.

A mi madre por su amor, trabajo y sacrificio, gracias a ella he logrado llegar hasta aquí y convertirme en la persona que soy hoy.

Y a mi novia que me apoyo desde el primer día y siempre estuvo a mi lado y me motivo a luchar por mis sueños.

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer a las personas que durante el proceso me brindaron su ayuda y me tendieron su mano, a todos mis amigos, compañeros de trabajo, a mis profesores que me ayudaron de una manera desinteresada y la de la Universidad Central por brindarme la oportunidad de crecer a nivel profesional y como persona y permitirme brindarle una mejor calidad de vida a mi familia.

RESUMEN

En la actualidad, las diferentes actividades económicas que se desarrollan en Costa Rica deben procurar hacerlo bajo estándares de sostenibilidad y eficiencia, el Hospital San Rafael de Alajuela no está exento de ello. Por lo tanto, este estudio busca proponer un diseño de optimización del sistema lumínico del área de parqueo, mediante la implementación de energía solar fotovoltaica.

Para ello, se ejecuta una metodología cuantitativa que, través de una serie de datos y de cálculos, recaba información que permite realizar la valoración de la factibilidad del cambio, basado en cifras de niveles de iluminación, eficiencias energéticas, costos asociados, retorno de inversión, entre otros. Además, se aplica el método descriptivo con enfoque analítico, que posibilita observar, describir y caracterizar el sistema lumínico, así como, descomponer sus elementos y procesos para comprender sus causas y efectos.

Dentro de los principales resultados destaca que el actual sistema de iluminación presenta limitaciones que afectan la continuidad operativa del parqueo y compromete los recursos institucionales. Adicionalmente, se evidencia que la propuesta es técnicamente viable y factible, ya que se demuestra con el software DIALux que valores requeridos de iluminación se cumplen. Por otra parte, se expone que la inversión inicial se recupera en un plazo aproximado de 11 a 12 años.

Finalmente, los principales beneficios son que proporciona mejores condiciones de seguridad, reduce la carga operativa y aporta a la gestión sostenible institucional. Por lo tanto, se recomienda utilizar un sistema de iluminación fotovoltaico por los beneficios que ofrece. Además, dentro del proceso de implementación se genera un programa de mantenimiento con indicadores, para monitorear y dar seguimiento al desempeño y desarrollo de la implementación.

Palabras clave: fotovoltaico, iluminación, luxes, parqueo, retorno de inversión, sostenibilidad.

CAPÍTULO I. PROBLEMA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo con la Caja Costarricense del Seguro Social (2019), el Hospital San Rafael de Alajuela (HSRA) forma parte de esta institución y es un centro médico clave en la atención de la salud de la población alajuelense. Está clasificado como un Hospital Regional, ya que brinda atención especializada a toda la población adscrita a la provincia de Alajuela. Esto genera un alto flujo de pacientes, visitas y personal lo que a su vez, repercute en una significativa demanda del parqueo de sus instalaciones.

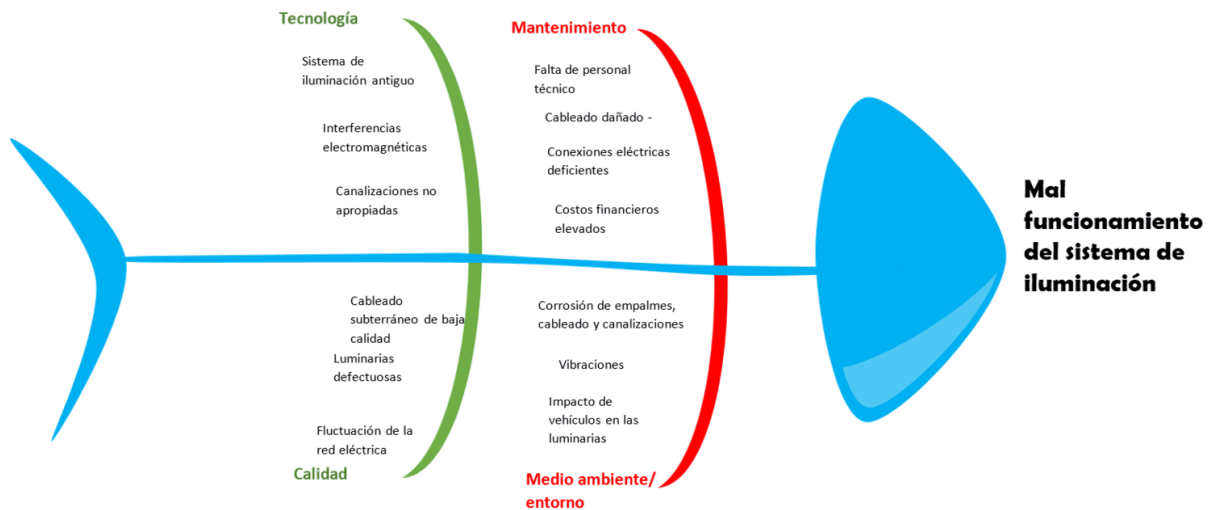
Actualmente, el área de parqueo de este centro médico es de vital importancia tanto para los funcionarios como para los usuarios, ya que permite cumplir con sus horarios de trabajo, disponer de un espacio adecuado para estacionar sus vehículos particulares, asistir a las citas programadas y brindar acompañamiento a los pacientes, así como otras necesidades (Chacón y Martínez, 2021, p. 32).

El parqueo del hospital cuenta con un sistema de iluminación tradicional que se encuentra en un estado regular de conservación. Esta situación ha generado inconvenientes tanto para la administración del centro médico como para la población usuaria, debido a múltiples problemas, entre ellos la quema recurrente de bombillos, cortocircuitos y fallas en el sistema de control. Estos problemas fueron identificados a partir de la experiencia adquirida durante un breve periodo de gestión del sistema.

Por lo que, el siguiente diagrama de Ishikawa, también conocido como “diagrama de espina de pescado”, permite identificar la causa raíz del problema en estudio, a partir del análisis de las órdenes de trabajo registradas por el servicio de Ingeniería y Mantenimiento, como se muestra y explica a continuación:

Figura 1

Principales razones del mal funcionamiento del sistema de iluminación



Nota. Elaboración propia (2025).

Como se puede apreciar en la figura anterior, el sistema actual de iluminación del parqueo genera un gran costo operativo, principalmente debido a la fluctuación de la energía proveniente de la red pública. Esta situación provoca elevados gastos en mantenimiento correctivo, tanto por la mano de obra requerida como por la constante adquisición de bombillos nuevos para restablecer el servicio.

Como resultado de esta problemática, el centro médico debe destinar un porcentaje significativo de recursos financieros, así como parte del limitado tiempo disponible del personal técnico, a la atención de estas averías. A su vez, esta situación dificulta el cumplimiento de las metas del Servicio de Ingeniería y Mantenimiento, el cual según un estudio institucional, actualmente opera con menos del 50 % de personal necesario para atender adecuadamente los requerimientos del inmueble.

Ante esta situación surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Es viable optimizar el sistema lumínico del área de parqueo del Hospital San Rafael de Alajuela mediante un diseño basado en energía solar fotovoltaica, en términos técnicos, energéticos y económicos, durante el primer semestre de 2025?

Hipótesis asociada: la implementación de un diseño basado en energía solar fotovoltaica permitirá optimizar el sistema lumínico del área de parqueo del HSRA, alcanzando niveles adecuados de iluminación y generando beneficios económicos a mediano y largo plazo.

Lo anterior, se plantea considerando aspectos técnicos como espacio disponible, la radiación solar y los requerimientos específicos del sistema lumínico, factores que inciden directamente en el valor inicial de la inversión, también en los costos de mantenimiento, los retornos esperados y el ahorro energético. Estos parámetros analizados permiten evaluar la viabilidad del modelo propuesto.

OBJETIVOS

A continuación, se detallan el objetivo general y los objetivos específicos del estudio.

Objetivo general

Proponer un diseño de optimización del sistema lumínico del área de parqueo del Hospital San Rafael de Alajuela, mediante la implementación de energía solar fotovoltaica, durante el primer semestre de 2025.

Objetivos específicos

1. Evaluar la viabilidad técnica de diseño para optimizar el sistema lumínico del área de parqueo del Hospital San Rafael de Alajuela, mediante el uso del software DIALux, para determinar los niveles mínimos de iluminación (lux) requeridos.
2. Realizar un análisis preliminar del retorno de inversión (ROI) de la propuesta de migración del sistema de iluminación tradicional, hacia uno basado en energía solar fotovoltaica, considerando los costos iniciales, ahorros energéticos proyectados y el impacto económico a largo plazo.
3. Comparar el desempeño y las limitaciones de la propuesta de diseño, con respecto al sistema lumínico actualmente instalado, identificando las ventajas y desafíos de la implementación.

JUSTIFICACIÓN

La presente investigación propone el diseño de optimización del sistema lumínico del área de parqueo del Hospital San Rafael de Alajuela, mediante la implementación de energía solar fotovoltaica. Esta propuesta surge como respuesta a la problemática real y persistente del sistema actual, el cual presenta fallas frecuentes que generan altos costos operativos y de mantenimiento correctivo.

Esta situación compromete los recursos financieros y humanos del Servicio de Ingeniería y Mantenimiento, ya que dificulta la atención oportuna de otras áreas críticas del hospital y demanda una coordinación logística continua con otros departamentos, debido al constante mantenimiento requerido.

Desde el punto de vista de la conveniencia y pertinencia, la propuesta busca brindar una solución técnica integral que permita mejorar la continuidad operativa del sistema de iluminación, disminuir la dependencia de la red eléctrica, mitigar los problemas logísticos derivados de la escasez de personal especializado y reducir los riesgos asociados a las labores de mantenimiento.

Además, pretende liberar recursos actualmente destinados a tareas repetitivas, permitiendo que el personal se enfoque en funciones estratégicas y en cumplimiento oportuno de las metas institucionales establecidas para cada período presupuestario.

Esta propuesta concuerda con lo señalado por Ramírez y Suclupe (2023), quienes evidencian la factibilidad del uso de este tipo de tecnologías indicando que:

...se ha podido evidenciar la factibilidad del uso de este tipo de energía para iluminar áreas comunes de los edificios, en el cual el uso de estos equipos se sostiene en el tiempo, debido a que se ha determinado por un lado la demanda de energía eléctrica, y por otro lado los niveles de radiación solar del lugar de estudio (p. 10).

El uso de tecnología fotovoltaica permite la reducción de costos operativos, por lo que, en línea con lo indicado por Rubio y Torres (2024), “el consumo del alumbrado público representa aproximadamente el 15 % del consumo mundial de energía, generando el 5 % de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero” (p. 2), lo cual evidencia que este tipo de iniciativas también pueden beneficiar significativamente las finanzas estatales.

En cuanto a la viabilidad técnica, se plantea el uso del software especializado DIALux para evaluar niveles mínimos de iluminación (lux) requeridos y asegurar un diseño funcional, eficiente y seguro. A nivel económico, se contempla un análisis preliminar del retorno de inversión, el ahorro energético proyectado y el impacto financiero a largo plazo.

Tal y como lo expresan Rubio y Torres (2024) “una de las ventajas que ofrecen los sistemas fotovoltaicos de iluminación es un menor mantenimiento, en comparación de los sistemas conectados a la red” (p. 4). Asimismo, Guayllas y Morocho (2024) destacan que “reducir los costos económicos asociados con consumos energéticos mensuales, mediante la optimización del uso de energía lumínica a través de fuentes fotovoltaicas promoviendo así prácticas más eficientes y sostenibles” (p. 2).

La propuesta también posee una clara relevancia social, al mejorar la seguridad de los usuarios del parqueo mediante una mejor visibilidad durante las horas nocturnas. Según diversos autores, la iluminación adecuada está directamente relacionada con la percepción de seguridad en los espacios públicos. En ese sentido, Quesada (2024) afirma que “en el caso de la iluminación, esta se relaciona con la percepción de seguridad, ya que al tener espacios iluminados se tiene una mejor sensación de seguridad al poseer mejor visibilidad de sus alrededores” (p. 60).

A nivel institucional, esta investigación contribuye a la sostenibilidad ambiental del centro médico, al promover el uso de fuentes renovables y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, fortalece la imagen institucional del hospital como una entidad comprometida con políticas ambientales y eficiencia energética, alineándose con las metas nacionales hacia el carbono neutral y conservación del medio ambiente.

Según Chacon y Martínez (2021), “el obstáculo más común cuando se habla de eficiencia energética es la aceptación de la comunidad hacia estas energías limpias que favorecen al cambio climático” (p. 22). Por ello, es de suma importancia dar a conocer este tipo de tecnologías, fomentar su uso y convertirse en un referente en la implementación de estas iniciativas.

Por otra parte, Rubio y Torres (2024) indican que “el diseño de sistemas de iluminación fotovoltaica se ha convertido en una alternativa sostenible y eficiente para satisfacer las necesidades energéticas en diferentes entornos” (p. 1). Además, resaltan

que “el aprovechamiento de la energía solar a través de sistemas fotovoltaicos se vislumbra como una solución innovadora que puede contribuir significativamente a la reducción del impacto ambiental y a la generación de energía limpia y renovable” (p. 1).

Asimismo, al aplicarse en una estructura perteneciente al Estado, este tipo de trabajos investigativos permiten sentar un precedente para el desarrollo institucional, fortaleciendo la implementación de tecnologías limpias en infraestructuras públicas, especialmente en el ámbito lumínico.

Esto se complementa con lo planteado por Guayllas y Morocho (2024), quienes señalan que “al aplicarse en una estructura perteneciente al Estado, este tipo de trabajos investigativos permite sentar un precedente para el desarrollo institucional, fortaleciendo la implementación de tecnologías limpias en infraestructuras públicas, especialmente en el ámbito lumínico” (p. 2), donde “los grandes consumidores institucionales, comerciales e industriales suelen recibir facturas eléctricas mensuales que incluyen cargos tanto por el consumo total como por la demanda pico” (p. 2), lo cual representa un factor relevante que podría verse positivamente impactado por este estudio.

En cuanto a su valor metodológico y teórico, esta investigación puede servir como referencia para futuros estudios o proyectos de implementación en otros entornos públicos o privados con condiciones similares. Además, contribuye al desarrollo de competencias técnicas en el área de energías renovables, tanto a nivel académico como profesional.

Finalmente, desde una perspectiva personal, este trabajo representa una oportunidad para aplicar conocimientos adquiridos, afrontar desafíos reales dentro del entorno institucional y contribuir con una solución que genere un impacto positivo en la operación diaria del hospital.

ANTECEDENTES

En la siguiente sección se presentarán antecedentes relevantes que permiten sustentar el presente trabajo de investigación y comprender el contexto de la problemática abordada. Estos antecedentes están conformados por estudios técnicos y análisis desarrollados por diversos autores, tanto a nivel internacional como nacional,

principalmente en centros educativos y otras instituciones que enfrentan condiciones y limitaciones de naturaleza similar, en la búsqueda de soluciones relacionadas con el tema de estudio.

Por lo que, cada uno de los autores citados aporta una perspectiva única y valiosa desde los ámbitos técnico, social, económico y ambiental, lo que enriquece significativamente la comprensión integral del problema. Por lo tanto, estos estudios no solo identifican los desafíos existentes, sino que también proponen métodos y estrategias para su abordaje, cuyos resultados han demostrado ser efectivos y generan aprendizajes aplicables a contextos similares.

Finalmente, la recopilación y el análisis de los antecedentes contribuye a la construcción de un enfoque sólido y fundamentado, que no solo permite contextualizar la problemática, sino que también facilita la identificación de vacíos de conocimiento y oportunidades para la implementación de soluciones.

De acuerdo con la tesis de Ramírez y Suclupe (2023), cuyo objetivo principal fue el diseño y la implementación de un sistema fotovoltaico para iluminación de un pasadizo de la Universidad Cesar Vallejo Chicloyo en el país de Perú, se evidencia que este tipo de proyecto contribuye significativamente al aprovechamiento de los espacios académicos, ya que brinda oportunidades para hacer un uso más extensivo de las actividades académicas en horarios nocturnos.

Dicho estudio se inclinó a la recolección de datos técnicos claves como: la cuantificación de la energía requerida para el sistema lumínico propuesto y los valores históricos de radiación solar en la región y su respectivo análisis para el diseño óptimo del sistema.

A partir de estos datos se pudo demostrar como la integración de la energía fotovoltaica es técnicamente viable, además de permitir generar un mejor aprovechamiento de los recursos ambientales disponibles. También al dar viabilidad técnica y económica a la utilización de paneles solares, enfatizándose en que, si bien la inversión inicial puede ser elevada, debido a la adquisición de los recursos, tiene múltiples beneficios a largo plazo en términos de ahorro energético y sostenibilidad, lo que justifica su implementación.

Asimismo, Rubio (2024) en su trabajo de investigación titulado “Diseño de un sistema de iluminación fotovoltaico para el parque deportivo Rincón del Trébol en el municipio de Mosquera Cundinamarca, Colombia” presenta una propuesta innovadora focalizada en el uso de energía solar para la iluminación de espacios públicos, con el propósito de reducir el impacto ambiental mediante la sostenibilidad energética de un sistema fotovoltaico (p. 69).

Rubio (2024) detalla que este trabajo cuenta con una viabilidad técnica económica verificada mediante métricas de desempeño e índices económicos, además de ser validada mediante la utilización de un software especializado, lo que permitió garantizar el correcto funcionamiento de la propuesta de diseño y permitir que esta pueda ser utilizada en la iluminación del complejo deportivo.

Por lo tanto, ante el uso de la energía solar fotovoltaica en espacios públicos se ha demostrado una gran efectividad para reducir costos operativos y minimizar el impacto ambiental y de acuerdo con Rubio (2024), la implementación de la iluminación basados en energía solar, permite la disminución de la dependencia de la red eléctrica convencional y reducir las emisiones de carbono, lo que se traduce en el mejoramiento de la sostenibilidad urbana (p. 45).

Por otra parte, la evaluación de la eficiencia energética y económica es un aspecto clave para el diseño de este tipo de sistemas, pues de acuerdo con Rubio (2024) para garantizar la viabilidad de este proyecto es necesario analizar las variables como la irradiación solar en la zona la capacidad de almacenamiento de energía y el tiempo de recuperación de la inversión (p. 58).

De manera similar, Guayllas (2024) en su estudio sobre “La implementación y análisis de los sistemas de iluminación del edificio Guillermo Mensi de la ciudad de Cuenca Bolivia” demostró que este tipo de proyectos no solo permiten mejorar aspectos como la infraestructura energética de zonas rurales, sino que este tipo de tecnología también promueve el acceso a servicios básicos como la educación y actividades comunitarias en horarios nocturnos (p. 40).

Este trabajo incluyó un análisis detallado sobre las condiciones meteorológicas de la zona y radiación solar disponible, por lo que, se logró corroborar la sostenibilidad del sistema a largo plazo, generando un impacto positivo en la reducción de costos

energéticos y fomentando un manejo más inclusivo del medio ambiente (Guayllas, 2024, p. 58).

Además, comprende un análisis sobre la sostenibilidad a mediano largo plazo del sistema, así como la evaluación de múltiples factores que son fundamentales para garantizar la eficiencia y el rendimiento del sistema fotovoltaico para con ello, asegurar un suministro energético óptimo en edificaciones (Guayllas, 2024, p. 72).

Entre estos factores esta la radiación solar disponible, factor que influye directamente sobre la capacidad del sistema de generar energía de manera constante y eficiente, permitiendo una reducción significativa de los costos operativos y promoviendo la autosuficiencia energética (Guayllas, 2024, p. 95).

De igual manera con la creación de este tipo de trabajos investigativos, se busca generar un impacto en la población usuaria, lo que concuerda con lo indicado por Chacón y Martínez (2021), los cuales señalan que “se pretende tener un impacto en los aspectos tecnológicos, económicos, sociales y ambientales”, lo que beneficiará en gran medida a la población usuaria.

Además, se busca generar el mejoramiento de las áreas comunes y permitir el crecimiento del edificio, así como de la ciudad en la que este se encuentra, permitiendo el crecimiento, lograr satisfacer las necesidades presentes en la población y beneficiar como lo indica Chacón y Martínez (2021), al destacar que al “realizar un diseño y una planificación se debe tener en cuenta el planteamiento con base en nuevos conocimientos y aplicaciones que lleven a una planificación de nuevas bases y nuevos desafíos en la parte urbanística ” (p. 11).

La integración de los sistemas de energía renovable en espacios urbanos representa un avance que mejora la calidad de vida de la población usuaria de las instalaciones. Chacón y Martínez (2021) enfatizan que “la implementación de las soluciones energéticas sostenibles en infraestructura urbana también contribuye en la optimización del consumo eléctrico y la reducción de emisiones contaminantes” (p. 18).

El crecimiento de las ciudades y las necesidades de mejora de los servicios básicos requieren estrategias de planificación que consideren la sostenibilidad y eficiencia energética, según Martínez (2021), “el diseño de infraestructuras debe fundamentarse en principios de sostenibilidad, asegurando que los proyectos urbanos

sean capaces de responder a las demandas actuales sin comprometer los recursos futuros" (p. 27). En este sentido, la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica en espacios urbanos representa una solución viable para mejorar la autosuficiencia energética.

A nivel nacional, existen varios antecedentes de gran relevancia que sirven como sustento técnico para la implementación de este trabajo investigativo, estos se detallan a continuación:

Quesada (2024) en su trabajo investigativo nombrado "Propuesta de mejora en la movilidad urbana sostenible en el cantón de La Unión" aborda como el mejoramiento de la movilidad de la población en espacios de tránsito incide de forma directa en el mejoramiento en la calidad de vida de los habitantes, permitiendo que grupos vulnerables a factores de seguridad puedan desplazarse de forma segura (p. 40). Asimismo, Quesada (2024) indica como una correcta iluminación se relaciona de forma directa con la percepción de seguridad, lo cual aplica de igual manera para este trabajo investigativo, ya que mejorar la iluminación del parqueo del centro médico influye en la seguridad de este (p. 45).

Por lo que, la iluminación de espacios públicos no sólo se debe medir como una función operativa, sino que también tiene una repercusión en la percepción de seguridad de los ciudadanos, como lo indica Quesada (2024), el cual menciona como una infraestructura de iluminación adecuada reduce los niveles de delincuencia y mejora la experiencia de los usuarios, fortaleciendo la confianza de la población en el uso de estos espacios públicos (p. 47).

Por lo que, este tipo de investigación permite tener una noción real de como la implementación de soluciones tecnológicas en la iluminación de espacios públicos permite el favorecimiento del uso de las instalaciones, fomenta la seguridad e incide sobre la percepción de bienestar sobre la población usuaria, lo que concuerda con Quesada (2024, p. 52).

Quesada (2024) destaca que la transición hacia tecnologías de iluminación eficientes, permite reducir el consumo eléctrico y minimizar la huella de carbono, además estas soluciones facilitan el acceso a iluminación en comunidades con infraestructura ineficiente, asegurando mejores condiciones para la movilidad nocturna (p. 55).

En seguimiento con el trabajo de investigación anterior realizado por Chaves (2021) denominado “Análisis de la eficiencia energética en los edificios administrativos de la Municipalidad de Curridabat”, el cual permite tener una visión más focalizada del análisis de la eficiencia energética en la infraestructura estatal.

En relación con el análisis de la eficiencia energética e infraestructura estatal, Chávez (2021), expone la importancia de integrar las tecnologías renovables para reducir las dependencias de fuentes de energía convencionales y destaca la implementación de soluciones fotovoltaicas y lumínica solares con medidas estratégicas para optimizar el consumo energético y reducir costos operativos (p. 53).

Además, Chávez (2021) subraya la importancia de complementar las soluciones tecnológicas con estrategias en la gestión energética, con el establecimiento de manuales de buenas prácticas y monitoreos continuos del consumo eléctrico, para mejorar la eficiencia de los recursos energéticos edificaciones administrativas (p. 61).

Chaves (2021) indica que “en el mercado actual la implementación de soluciones fotovoltaicas ha acaparado el sector energético el cual antes era pensado como exclusivo, pero actualmente muchas empresas a nivel nacional proporcionan sistemas fotovoltaicos ha bajos costos” (p.65), lo que evidencia que mediante la implementación se puede optimizar el uso de la energía, obteniendo reducciones significativas en la facturación eléctrica.

Otro aspecto de suma relevancia es el mejoramiento de las condiciones laborales de los empleados y usuarios externos, como bien lo indican Arrieta y Ávila (2019) con el estudio titulado “Propuesta de mejoramiento para las condiciones laborales de la población trabajadora del Centro de Transferencia de Materiales, Región Central Alajuela del Instituto Costarricense de Electricidad, en el periodo 2019”, donde señalan que “una iluminación inadecuada puede causar esta afectación, donde se puede notar cansancio y estrés en los colaboradores” (p. 28), además puede provocar fatiga visual, visión alterada y pesadez, así como otras afectaciones como cefalalgias mejor conocidas como “dolor de cabeza”.

Por otro lado, el ambiente laboral juega un papel crucial en la salud y el bienestar de los trabajadores y uno de los factores más influyentes es la iluminación. Arrieta y Ávila (2019) señalan que “la falta de condiciones óptimas de iluminación en los espacios de

trabajo, pueden generar molestias visuales y afectar la capacidad de concentración del personal” (p.32). Por lo que, un entorno con iluminación deficiente puede ocasionar fatiga ocular, errores en la ejecución de tareas y la disminución del rendimiento. Asimismo, la investigación de Arrieta y Ávila (2019) destaca que “la iluminación adecuada contribuye a la sensación de comodidad y seguridad, lo que pueden impactar directamente la motivación y productividad” (p. 36).

Por otro lado, la implementación de mejoras en los sistemas de iluminación en los centros de trabajo, no sólo debe enfocarse en el bienestar laboral, sino también en la eficiencia energética, como lo indica Arrieta y Ávila (2019), los cuales mencionan que la modernización del sistema de iluminación mediante el uso de tecnologías LED permite reducir significativamente el consumo de energía, sin comprometer la calidad lumínica (p. 40).

Lo anterior, coincide con lo mencionado en el trabajo investigativo de González, Amador y Montero (2022) titulado “Programa para la prevención y control de los riesgos físicos ocupacionales; ruido, iluminación y temperatura, en el área operativa de la empresa Tres Erres S.A Costa Rica para el año 2022”, que indican que “la iluminación en los centros de trabajo es una parte primordial en el acondicionamiento ergonómico de los puestos de trabajo” (p .22).

González, Amador y Montero (2022) mencionan que “la iluminación en entornos laborales es un factor clave para garantizar un rendimiento adecuado y minimizar riesgos asociados a la fatiga visual” (p. 10). Por lo que, estos autores resaltan como una mala iluminación puede generar molestias como deslumbramientos y errores en las tareas que requieren una alta exigencia visual, por ende, es importante contar con sistemas de iluminación adecuados, que permitan un desempeño eficiente y seguro de todos los espacios de trabajo.

Por otra parte, la calidad de la iluminación influye directamente en el bienestar psicológico y en la concentración de los trabajadores. González, Amador y Montero (2022) explican que “la iluminación deficiente puede incrementar el nivel de fatiga y reducir la productividad, ya que afecta la percepción del entorno y dificulta la realización de tareas detalladas” (p. 20).

Lo anterior, hace que sea importante tomar en consideración estos factores dentro de la propuesta de diseño, ya que este tipo de aspectos son integrales y fundamentales dentro de la funcionalidad del sistema, pues permiten mantener un estado de equilibrio en el cumplimiento de aspectos cruciales como lo son la parte económica, ambiental, normativa, de seguridad, de salud en el trabajo, entre otros.

PROYECCIONES

Como resultado del desarrollo de la presente investigación se espera alcanzar una serie de logros que contribuyan significativamente a la optimización del sistema lumínico del área de parqueo del Hospital San Rafael de Alajuela, mediante la implementación de energía solar fotovoltaica. Estas proyecciones están directamente vinculadas con el tema de estudio, la pregunta de investigación, los objetivos planteados y el enfoque metodológico adoptado.

A continuación, se detallan de manera enumerada las proyecciones que se esperan obtener, las cuales servirán como base para la validación de la propuesta y para la generación de recomendaciones aplicables a futuros proyectos similares, saber:

1. Obtención de un diseño lumínico optimizado, sustentado en energía solar fotovoltaica, que cumpla con los niveles mínimos de iluminación (lux) requeridos para garantizar la seguridad y funcionalidad del área de parqueo del Hospital San Rafael de Alajuela.
2. Presentación de un análisis económico preliminar viable, que evidencie el potencial ahorro energético y el retorno de inversión a mediano y largo plazo, permitiendo valorar la factibilidad financiera de la migración del sistema actual hacia uno basado en energía solar fotovoltaica.
3. Identificación clara de las ventajas y limitaciones del nuevo diseño, en comparación con el sistema lumínico existente, proporcionando información útil para la toma de decisiones institucionales y para futuras implementaciones en otras áreas o instituciones con condiciones similares.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

A continuación, se exponen todos aquellos aspectos relacionados al desarrollo del proyecto, a nivel teórico, con el fin de establecer las pautas y conceptos que determinan el marco de acción del estudio, lo cual permite al lector contemplar las principales consideraciones para la comprensión de lo planteado más adelante, en relación con el sistema fotovoltaico a proponer.

MARCO SITUACIONAL

En esta sección se establecen las principales características y consideraciones relacionadas a la institución donde se plantea el estudio, de forma tal que se conozca el contexto bajo el cual se establecen las principales medidas de mejora en el sistema de iluminación.

Antecedentes históricos

La caja Costarricense del Seguro Social (CCSS) es una de las instituciones más importantes de Costa Rica, en lo que a salud respecta. Su origen se remonta a 1941, cuando es creada para cumplir el objetivo principal de garantizar la seguridad social y el acceso universal a los servicios médicos a la población costarricense (Caja Costarricense de Seguro Social, s.f.).

A lo largo de su historia, la CCSS ha realizado esfuerzos para ampliar su infraestructura y servicios, al establecer una red de hospitales, clínicas y centros de salud en todo el territorio nacional. Esta expansión ha permitido mejorar la cobertura médica en el país, lo que beneficia tanto a las zonas urbanas como rurales (Caja Costarricense de Seguro Social, s.f.).

El impacto que la CCSS ha tenido en la esperanza de vida y los indicadores de salud de la población costarricense, han logrado mantener al país como referente en los estándares de salud pública y con una de las esperanzas de vida más altas de todo América Latina (Caja Costarricense de Seguro Social, s.f.).

Sin embargo, el crecimiento de esta institución ha traído consigo desafíos financieros y de sostenibilidad, ya que la institución ha enfrentado desafíos ante el

aumento de la demanda de servicios y la necesidad de modernización de la infraestructura hospitalaria. Además, de la gestión eficiente de las reformas estructurales y la inversión en tecnología como elementos cruciales para su sostenibilidad y para garantizar el acceso para los servicios de salud de calidad en el futuro (Caja Costarricense de Seguro Social, s.f.).

Dentro de la red de servicios de la CCSS, se encuentra el Hospital San Rafael de Alajuela, el cual fue inaugurado en 1905 y se encontraba inicialmente a un costado del actual Parque de Palmares en el centro de Alajuela. Sin embargo, debido al incremento de los servicios y necesidades de la población, el inmueble fue construido en el 2004 dentro de un terreno de 31 645 m² y se caracteriza por ofrecer instalaciones moderna. (Cartín, 2017).

Figura 2

Actual inmueble del Hospital San Rafael de Alajuela



Nota. Caja Costarricense de Seguro Social (s.f.)

Visión

Ser un Centro Hospitalario líder en el campo de la prestación de servicios de salud, docencia e investigación, con un equipo humano comprometido con la calidad y servicio al usuario, con enfoques y tecnologías innovadoras en continua evolución, garante de una gestión eficaz y eficiente.

Misión

Suministrar servicios de atención integral en salud al individuo, la familia y a la población Alajuelense, con el fin de atender sus necesidades con eficiencia, eficacia y equidad.

Ubicación

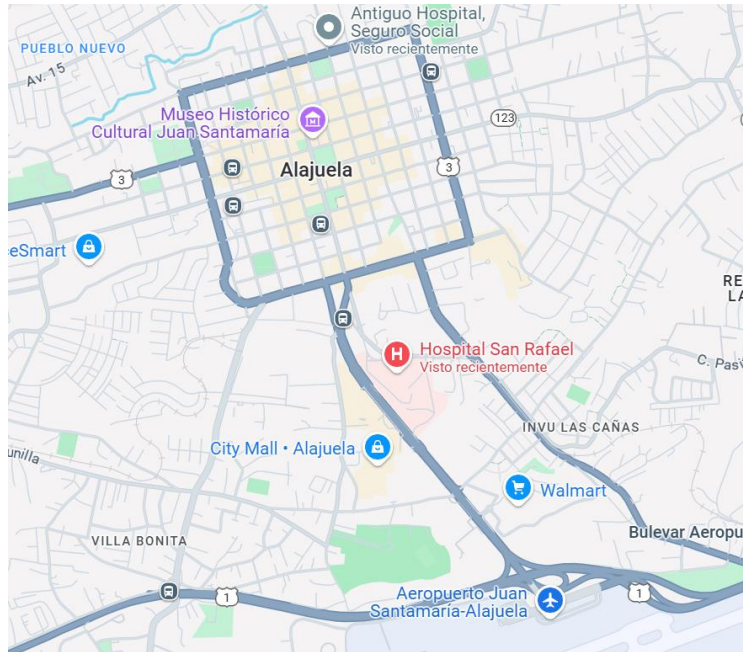
El Hospital San Rafael de Alajuela se encuentra en el cantón central de la provincia de Alajuela en Costa Rica, específicamente contiguo a la radial Francisco J. Orlich, 100 metros al sur del Instituto Costarricense de Electricidad (Caja Costarricense de Seguro Social, s.f.). Esta ubicación es estratégica, ya que se localiza sobre una vía principal que facilita la conexión entre el centro médico y el núcleo urbano de la ciudad.

Asimismo, permite el traslado de las personas por diferentes medios de transporte, lo que garantiza un acceso eficiente a los servicios ofrecidos. Por otra parte, debido a su proximidad con el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría, ofrece un tiempo de atención oportuno ante un evento área (Pérez, García y Lastra, 2023).

En la siguiente figura se determina la ubicación en el mapa.

Figura 3

Ubicación geográfica Hospital San Rafael de Alajuela



Nota. Google Maps (2025). https://www.google.com/maps/@10.0099178,-84.2156685,14.76z?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDUyNi4wIKXMDSOASAFQAw%3D%3D

Para efectos de este estudio se limita la ubicación de este, a los parqueos propios del Hospital que están a disposición de los usuarios y funcionarios, que diariamente consultan y laboran dentro de las instalaciones del centro médico. En la siguiente figura es posible visualizar la distribución y ubicación de estos al costado oeste del edificio.

Figura 4

Ubicación de los parqueos del Hospital



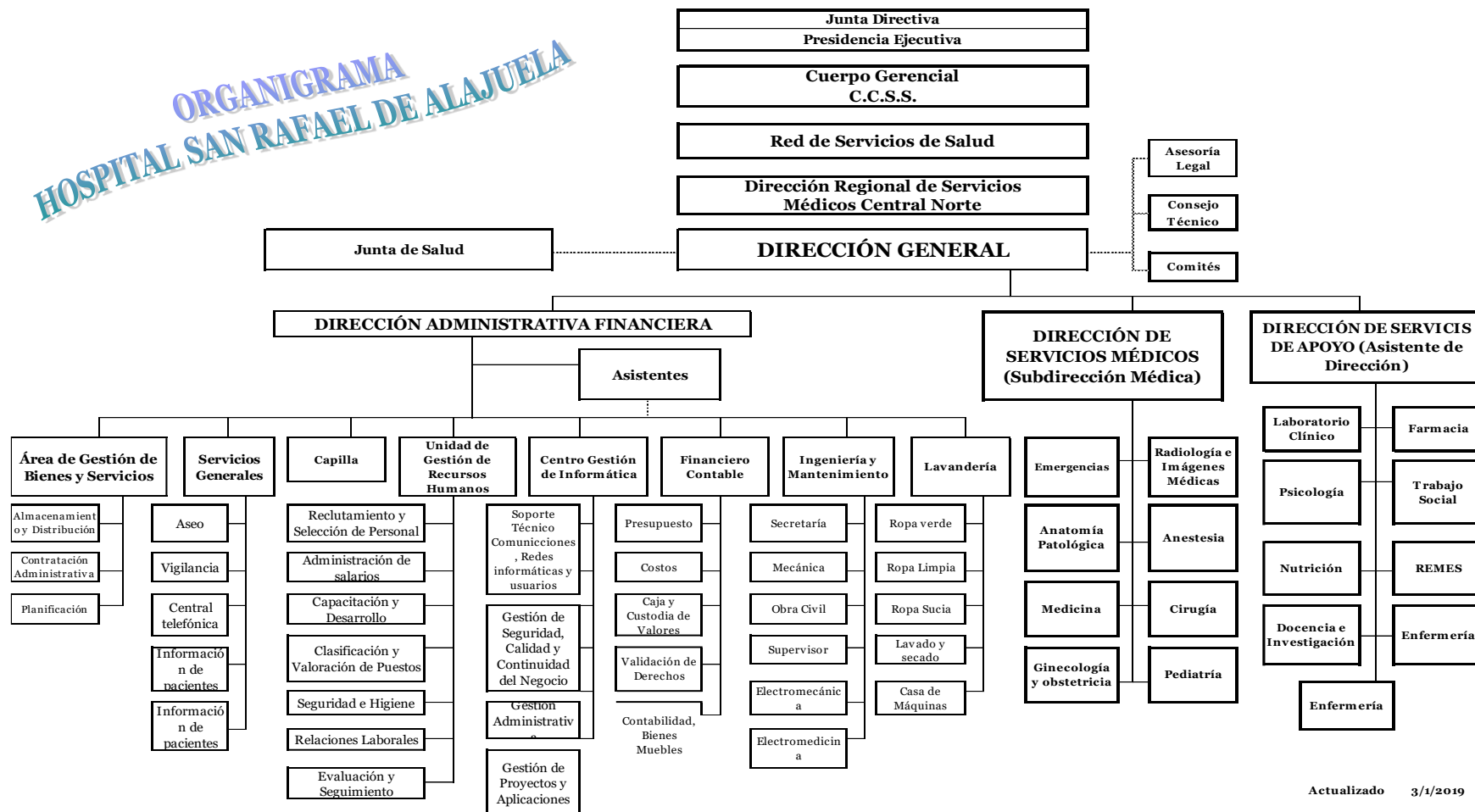
Nota. Gogle Earth. (2025). <https://earth.google.com/web/@10.00720481,-84.21121001,915.53434382a,1073.98375911d,35y,0h,0t,0r/data=CgRCAggBMikKJwolCiExdmZEYXJHR3dWWF9wT29pMGk3c1AtOFZCLUkySTFVei0gAToDCgEwQgIIAEoICJT-qeIFEA>

Estructura organizacional

Al ser el Hospital de San Rafael de Alajuela parte de la Caja Costarricense del Seguro Social, depende de una Junta Directiva y una Presidencia Ejecutiva, los cuales a través de otros órganos de la Dirección General, gestionan las diferentes actividades del centro médico, entre las que destacan: la dirección administrativa-financiera, la de servicios médicos y de apoyo. Lo anterior, se detalla en la siguiente figura que describe el organigrama de esta institución.

Figura 5

Organigrama del Hospital San Rafael de Alajuela



Nota. Hospital San Rafael de Alajuela, área de Ingeniería Industrial (2019).

Tipo de servicios

Actualmente, este centro médico atiende a 676 698 habitantes en un espacio de alrededor de 81 482.78 m² de terreno y aproximadamente 32 000m² de construcción. En él se brinda atención a la población de Alajuela que es referida desde los Equipos Básicos de Atención Integral de Salud (EBAIS) en las áreas de salud de esta provincia.

Principalmente, ofrece servicios orientados a las especialidades como farmacia, consulta externa, urgencias, odontología, nutrición, cardiología, otorrinolaringología, gastroscopia, sala de operaciones, cuidados intensivos, enfermería, registros médicos, laboratorio clínico además del área administrativa, entre otros (Resumen de Salud, 2020).

Descripción del proceso

El sistema de iluminación del área de parqueo del Hospital San Rafael de Alajuela, actualmente opera con luminarias conectadas a la red pública de electricidad. Estas luminarias inicialmente funcionaban con tecnología de descarga de alta densidad con luces de sodio a alta presión, lo que representaba un alto consumo energético y una vida útil limitada, en comparación con tecnología más modernas; no obstante, con el paso del tiempo se innovó a las luces tipo LED, que actualmente son las que están en uso y son más eficientes.

El encendido y apagado de la luminaria es gestionado mediante un temporizador automático que regula su funcionamiento en función de horarios predefinidos; sin embargo, el sistema no está optimizado para responder a cambios en las condiciones de iluminación natural, lo que genera un consumo energético innecesario en momentos donde aún es visible con la luz natural.

Actualmente, el suministro eléctrico del sistema de iluminación para el área de parqueo, proviene de la red del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), lo que implica que mensualmente se generen costos, debido al consumo eléctrico.

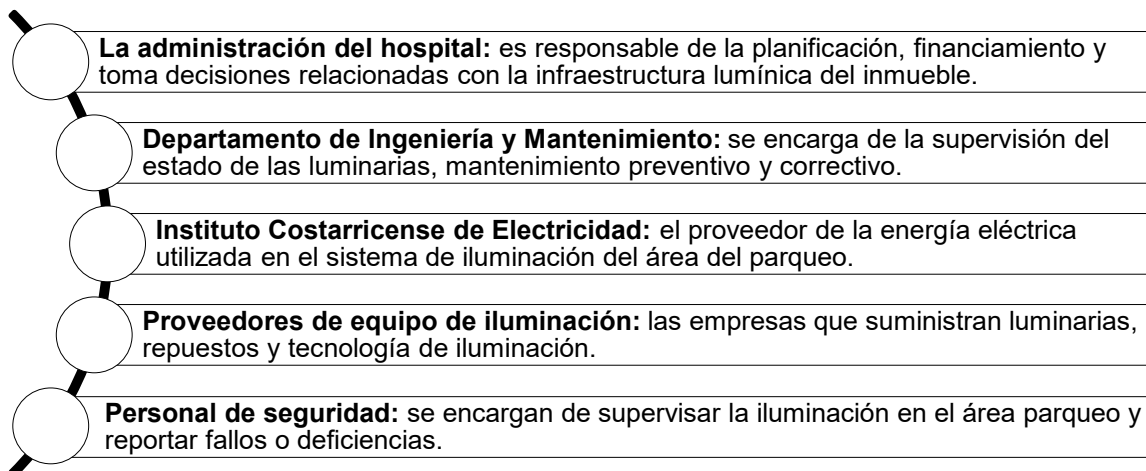
Por otra parte, el mantenimiento de las luminarias implica un reemplazo periódico, lo que representa un gasto significativo para la institución y afecta la sostenibilidad del sistema en general y las finanzas de la administración. Algunos componentes son:

- **Luminarias de descarga de alta intensidad:** principalmente de sodio a alta presión y haluro metálicos.
- **Temporizadores eléctricos:** programados para encender y apagar las luces en horarios específicos.
- **Red eléctrica convencional:** provee la energía necesaria para el correcto funcionamiento del sistema.
- **Medidores eléctricos de consumo:** registran el uso de energía y permiten evaluar el costo de la operación del sistema.

El proceso de gestión y mantenimiento del sistema de iluminación del parqueo del Hospital San Rafael de Alajuela involucra múltiples factores, cada uno de estos claves para garantizar el funcionamiento y la operación de dicho sistema. A continuación, se hará referencia a los principales actores involucrados:

Figura 6

Actores en el sistema de iluminación del parqueo



Nota. Elaboración propia (2025).

FODA de la institución

En este apartado se presenta un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) del HSRA, específicamente ante la gestión del sistema de iluminación del parqueo, lo que permitirá evidenciar aquellos aspectos de mejora y de aprovechamiento para la implementación de la propuesta de cambio.

Tabla 1

Análisis FODA del HSRA con respecto al sistema de iluminación

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
1. Las luminarias actuales permiten mantener el parqueo iluminado durante la noche, mejorando la seguridad. 2. El uso de temporizadores evita que el encendido y apagado dependa de la intervención humana. 3. Al ser una tecnología ampliamente utilizada, los repuestos son accesibles en el mercado local.	1. Adoptar nuevas tecnologías más eficientes e innovadoras. 2. Uso de software para la proyección del resultado esperado con el cambio de las luminarias. 3. Contribuir a objetivos de sostenibilidad institucionales.
DEBILIDADES	AMENAZAS
1. Las luminarias presentan un consumo eléctrico elevado, en comparación con alternativas como la energía solar. 2. Los gastos en electricidad y mantenimiento representan una carga financiera constante. 3. En caso de fallas en el suministro eléctrico, el parqueo puede quedar a oscuras, lo que afecta la seguridad. 4. La infraestructura e iluminación ha superado su vía útil, lo que incrementa la necesidad del mantenimiento más frecuente.	1. Daños a la imagen del hospital por fallos eléctricos en sectores comunes y de alto tránsito. 2. Posibles actos delictivos durante fallos del sistema eléctrico o del suministro de energía.

Nota. Elaboración propia (2025).

MARCO CONCEPTUAL

En el siguiente apartado se detallan aquellos conceptos y aspectos relacionados con el desarrollo de este estudio, con el fin de brindar términos esenciales para la comprensión y el análisis de esta propuesta de diseño, lo que a su vez facilita la interpretación y desarrollo de la presente investigación.

La luz y los sistemas de iluminación

La luz es un elemento clave y fundamental en el estilo de las personas, ya que permite contar con una percepción apropiada del entorno, además influye directamente en la salud, el bienestar y la productividad del ser humano. Sin embargo, es una de las fuentes de energía que representa un mayor consumo, tanto a nivel industrial como doméstico, lo que ha creado la necesidad de buscar nuevas fuentes renovables y eficientes que suplan las mismas necesidades.

En la práctica, las fuentes de luz pueden clasificarse en función de la calidad de luz producida, siempre con el objetivo de conseguir un resultado deseado, por ende, es de suma importancia por parte del profesional contar con información clara a la hora de elegir las fuentes de luz necesarias para las condiciones a intervenir (De la Fuente Fernández, 2021, p. 17).

Entre las características que definen las calidades de una fuente de luz están:

- **Temperatura correlacionada del color (TCC):** este es un término que es utilizado para describir el tono de luz emitida por una fuente luminosa, mediante la comparación con la radiación de un cuerpo negro, que es considerado un emisor térmico ideal.
- **Índice de reproducción cromática:** mide la capacidad de una fuente de luz para representar los colores de los objetos de manera natural y realista en una escala de cero a 100. Este valor se compara con una fuente de referencia de temperatura de color similar, como la luz incandescente o la luz diurna y las cuales tienen un CRI de 100.

– **Eficacia en Lúmenes por Watt:** es la eficiencia energética de una fuente de luz, al indicar la cantidad de luz generada (Lumen) por la potencia de energía consumida (Watts), este valor no considera la direccionalidad, pero si refleja su rendimiento en términos de conversión de energía en iluminación y cuanto mayor sea esta relación más eficiente será la fuente lumínica.

– **Factor de mantenimiento (FM):** es la relación entre la iluminancia media en servicio y la iluminancia inicial de un sistema de iluminación, considerando la depreciación de las lámparas, la acumulación de suciedad y otros factores que afectan su rendimiento a lo largo del tiempo.

– **Capacidad de atenuación:** es el proceso de reducir la intensidad luminosa de una lámpara, generalmente con el objetivo de ahorrar energía o modificar condiciones en el ambiente de un espacio.

– **Índice de Rendimiento de Color:** es una medida que indica la capacidad de una fuente de luz para mostrar colores de objetos de manera natural y fiel, en comparación con una fuente de luz ideal o la luz del día (De la Fuente Fernández, 2021, p. 17).

– **La iluminancia:** es la cantidad de flujo luminoso incidente en un plano de trabajo por unidad de área, en el Sistema Internacional es el lux: $1 \text{ lux} = 1 \text{ lumen/m}^2$. (UNE-EN 12464-2, 2007, p. 20).

– **El deslumbramiento:** es la sensación producida por áreas brillantes dentro del campo de visión (UNE-EN 12464-2, 2007, p. 20).

– **El flicker (o parpadeo):** Variación rápida y repetitiva de la intensidad de la luz emitida por una fuente luminosa (UNE-EN 12464-2, 2007, p. 20).

Todas estas características determinan la vida útil de un sistema de iluminación, ya sea por la falla en su funcionamiento normal o la disminución del brillo que ofrecen, se integran de cuatro componentes:

Figura 7

Componentes de los sistemas de iluminación

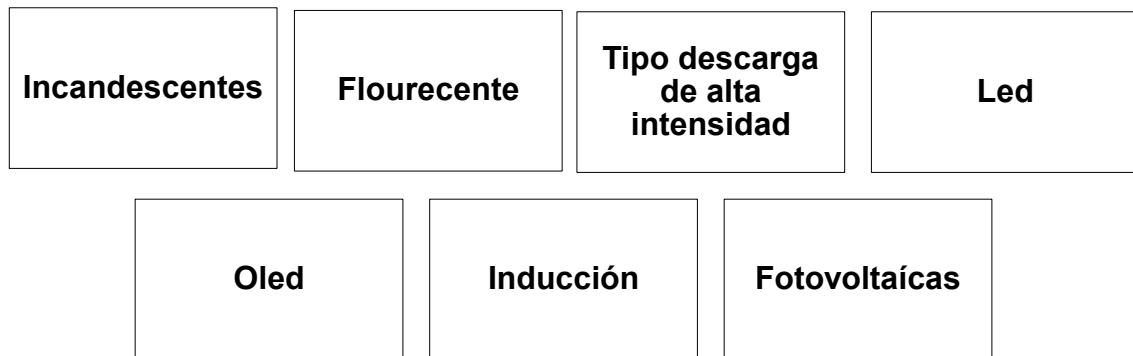
Lámpara	• Son las encargadas de transformar la energía eléctrica en luminosa.
Luminaria	• Son los gabinetes que contienen a las lámparas y en algunos casos también el balastro, además sirven para controlar y dirigir el flujo luminoso de una o más lámparas.
Balastro	• Son dispositivos electromagnéticos, electrónicos o híbridos, los cuales limitan la corriente de las lámparas y cuando es necesario, la tensión y corriente de encendido.
Dispositivos de control	• Son dispositivos, tales como apagadores, fotoceldas, controladores de tiempo, sensores de movimiento, etc. Para el control de los sistemas de iluminación.

Nota. Elaboración propia (2025, basado en Universidad Nacional Autónoma de México, s.f.).

Las luminarias son los dispositivos más esenciales en sistemas de iluminación, están diseñadas para alojar y distribuir la luz de manera eficiente y están comúnmente disponibles para los siguientes tipos de lámparas:

Figura 8

Tipos de luminarias



Nota. Elaboración propia (2025).

El tema en estudio se desarrolla en un espacio externo de parqueos y actualmente, cuenta con un sistema de iluminación tipo LED, como lo menciona De la Fuente Fernández (2021) indicando que:

...un led es diodo emisor de luz, es un dispositivo semiconductor que transforma directamente la energía eléctrica en luz mediante electroluminiscencia, Los leds son considerados un tipo de iluminación en estado sólido (SSL, SolidState Lighting) así como los OLED (Organic Light Emitting Diodes) y los PLED (Polymer Light Emiting Diodes) (p. 28).

Los LED, debido a su principio de funcionamiento, convierten prácticamente toda su energía consumida en luz, generando un mínimo de calor, además no atraen insectos, ni presentan problemas de sobrecalentamiento, tampoco generan carbonilla ni parpadeos y no se ven afectados por los ciclos de encendido y apagado. Además, su tiempo de respuesta es muy rápido, ofreciendo un alto rendimiento luminoso, por ende, son una opción ecológica y eficiente para la iluminación (Flores, 2016, p. 3).

Los LED tienen una amplia gama de aplicaciones entre las cuales, incluyen la señalización vial, paneles informativos y la retroiluminación de pantallas en dispositivos

como teléfonos móviles calculadoras y computadoras. También se utilizan en equipos médicos de diversas especialidades y en la iluminación (Flores Fures, 2016, p. 3).

En cuanto a las luminarias, es importante destacar que estas pueden variar según diferentes criterios, como el tipo de aplicación, distribución de luz y de montaje. A continuación, se presentarán las principales categorías y consideraciones en cada uno de ellos:

Tabla 2

Tipos de luminarias según categorías

CRITERIOS	TIPOS
Según la distribución de la luz	– Directas: emite al menos el 90 % de la luz hacia abajo, iluminando directamente la superficie o área de trabajo, además ofrece la mayor eficiencia energética. – Semidirectas: emite entre el 60 % y el 90 % de la luz hacia abajo, mientras que el resto se refleja en el techo, además se utilizan espacios con un techo alto donde se desea evitar sombras oscuras sin perder eficiencia, – Semi indirectas: estas funcionan de manera opuesta a la semi directa Proyectando más del 60 % de la luz hacia arriba y el resto hacia abajo. Por lo que, se recomienda que se cuente con una reflectancia considerable, sobre todo en las partes del cielo raso. – Indirectas: dirige la mayor parte de la luz hacia el techo y a las paredes, por lo que, la luz emitida en el hemisferio inferior se encuentra entre 0 % y el 10 %. Se tiende a utilizar con el objetivo de eliminar las sombras y el deslumbramiento directo y reflejado, pero cuenta con el inconveniente de tener una baja eficiencia energética. – Difusas: distribuyen la luz de manera uniforme en todas direcciones, asegurando que la iluminación se mantenga equilibrada en el entorno, además presenta el inconveniente de que puede ocasionar deslumbramientos directos o reflejados.
Según el tipo de montaje	– Empotradas: se instalan dentro de techos, paredes o incluso, del suelo quedando integradas en la superficie, lo que proporciona un aspecto minimalista. – Suspendidas: se cuelgan del techo mediante cables, varillas o cadenas con lo que permite una distribución de luz en espacios amplios, como naves industriales gimnasios, auditorios y áreas comerciales. – Adosadas: se fija directamente sobre los techos y paredes sin necesidad de empotrar, además son ideales cuando la infraestructura no permite modificaciones y se tienden a utilizar en bodegas, pasillos y estacionamientos.
Según aplicación	– Luminarios de interiores: diseñada para ser utilizada en espacios cerrados, suelen ofrecer una iluminación más controlada, lo que favorece el confort visual y permite mejorar la eficiencia energética. – Luminaria de exteriores: diseñada para soportar múltiples condiciones ambientales adversas, como temperaturas extremas, lluvia y polvo. Por lo general, se utiliza en alumbrado públicos como parques, fachadas y estacionamientos. – Luminaria Industriales: fabricadas con materiales resistentes a la humedad, al polvo, así como a sustancias químicas. Se tienden a emplear en fábricas, plantas de producción y almacenes. – Luminaria de emergencia: funciona en base a baterías y fuentes de energía alternativa, en caso de corte eléctrico. – Luminarias decorativas: diseñadas para resaltar cualquier elemento arquitectónico, monumentos o paisajismo.

Nota. Elaboración propia (2025, basado en De la Fuente Fernández, 2021, p. 37).

Entorno luminoso y rendimiento visual

El entorno luminoso es el conjunto de condiciones lumínicas presentes en un espacio determinado, las cuales influyen en la percepción de los usuarios, así como en el rendimiento visual. Dentro de las consideraciones se encuentra el equilibrio entre luminancias, es decir, la intensidad de iluminación en un plano, ya que influye en la percepción del contraste, del color y en general, del rendimiento visual. Por otra parte, el entorno debe evitar deslumbramientos, que pueden ser perturbadores o molestos, ya que generan una percepción de ceguera (García, 2011).

Adicionalmente, la iluminación y el entorno debe considerar el rendimiento de color y la tonalidad de la luz, tal y como lo explica García (2011):

La tonalidad de la luz emitida por una lámpara y su capacidad de reproducir el color son cosas distintas. La capacidad de una lámpara para reproducir el color se conoce como "rendimiento en color" (Ra) de la lámpara. Este rendimiento en color se suele expresar en una escala de uno a cien, en la que el valor 100 corresponde a un rendimiento en color igual al obtenido con la luz natural. Por su parte, la tonalidad de su luz se expresa mediante la llamada "temperatura de color" (Tc) en grados Kelvin. Ambos parámetros son atributos de cada tipo de lámpara.

En cuanto al rendimiento visual, García (2011) indica que este está asociado a los usuarios y su percepción del entorno, además, busca identificar que el individuo sea capaz de "detectar, identificar y reaccionar ante los estímulos visuales existentes en su campo de visión".

Por otra parte, señala que:

... depende de dos cosas, de las características de la tarea y de la percepción visual del operador. A su vez, la percepción visual del operador está influenciada por las características del entorno visual (nivel de iluminación, deslumbramiento, estímulos visuales que pueden distraer su atención, etc.).

Por lo que, el rendimiento visual es determinado por tres factores, según García (2011):

- **Percepción de luminancias:** es la sensación de luminosidad, el ojo humano posee la capacidad de adaptación a diferentes niveles en determinados tiempos, requiere de uno mayor ante luminancias bajas y menor ante las altas; sin embargo, ante este último hay mayor rendimiento visual y se obtiene incrementando los niveles de iluminación.

- **Percepción del contraste:** relacionado con las variaciones de luminancia que detecta el ojo en el campo visual, lo cual a su vez se ve afectado por los deslumbramientos y reflejos.

- **Percepción del color:** el ojo humano es capaz de reconocer diferentes colores, pero necesita que el nivel de luminancia sea elevado, que las lámparas utilizadas emitan luz en un espectro continuo y que la tonalidad de la luz sea lo más similar a la natural.

Todos los factores detallados anteriormente determinan el confort visual de los usuarios, pero se han creado componentes ópticos en los sistemas de iluminación, que desempeñan un papel crucial en la captación y repartición de la iluminación, por lo que, estos elementos permiten asegurar una distribución eficiente de la luz emitida por la lámpara a lo largo del tiempo, donde se han utilizado comúnmente los siguientes elementos:

Figura 9

Componentes ópticos en los sistemas de iluminación

Difusores: dispositivos ópticos diseñados para dispersar y redirigir la luz en múltiples direcciones. Su función principal es suavizar la iluminación eliminando imágenes no deseadas, ocultando los componentes internos de la luminarias y reduciendo el deslumbramiento.

Rejillas: Son elementos opacos o traslucidos diseñados para bloquear o minimizar la visión directa de la lámpara desde el exterior de la luminaria, proporcionan un cierto grado de control direccional, mejoran la distribución y uniformidad de la iluminación.

Reflectores: son dispositivos reflectantes que cuentan con un recubrimiento, cuya función es redirigir la luz emitida por una lámpara mediante reflexión.

Refractores: son dispositivos de control de la luz que utilizan el cambio en la dirección de la luz cuando atraviesa un interfaz entre materias con diferente densidad óptica, como el aire, el vidrio o plástico, además estos materiales están diseñados de una forma específica, con el objetivo de redirigir y distribuir la luz al atravesarlos.

Nota. Elaboración propia (2025).

Energía fotovoltaica

La energía fotovoltaica es una alternativa para generar electricidad a través de energías renovables, como lo es la solar, la cual es funcional de manera localizada. De acuerdo con Grupo NAP (2011):

La Energía Solar Fotovoltaica es una tecnología que genera corriente continua (potencia medida en vatios o kilovatios) por medio de semiconductores, cuando éstos son iluminados por un haz de fotones. Mientras la luz incide sobre una célula solar, que es el nombre dado al elemento fotovoltaico individual, se genera potencia eléctrica; cuando la luz

se extingue, la electricidad desaparece. Las células solares no necesitan ser cargadas como las baterías.

Dentro de las ventajas e inconvenientes de la energía fotovoltaica desde una óptica integral, relacionadas con la economía o las infraestructuras se encuentran:

Tabla 3

Ventajas e inconvenientes de la energía fotovoltaica

VENTAJAS	INCONVENIENTES
– Limpia, renovable, infinita y silenciosa. – Retribuida económicamente la producción para venta a red. – Subvenciones. – Corto pay-back de la energía. – Sin partes móviles y modular.	– Gran inversión inicial. – Difícil almacenamiento. – Proceso de fabricación de módulos complejo y caro. – No competitiva con otras energías en la actualidad. – Producción variable, según climatología y época del año.

Nota. Grupo NAP (2011).

En cuanto a los principios de la física que interactúan para la generación de energía fotovoltaica, se encuentra la naturaleza de las células solares, las cuales están hechas de materiales semiconductores, que absorben la energía de la luz (fotones), para liberar electrones de la banda de valencia a la banda de conducción. Estos a su vez, cuando pasan por un circuito externo generan una corriente eléctrica, la potencia generada depende del voltaje y la corriente producidos. Por lo que, todo el proceso ocurre sin partes móviles y con un leve aumento de temperatura (Grupo NAP, 2011).

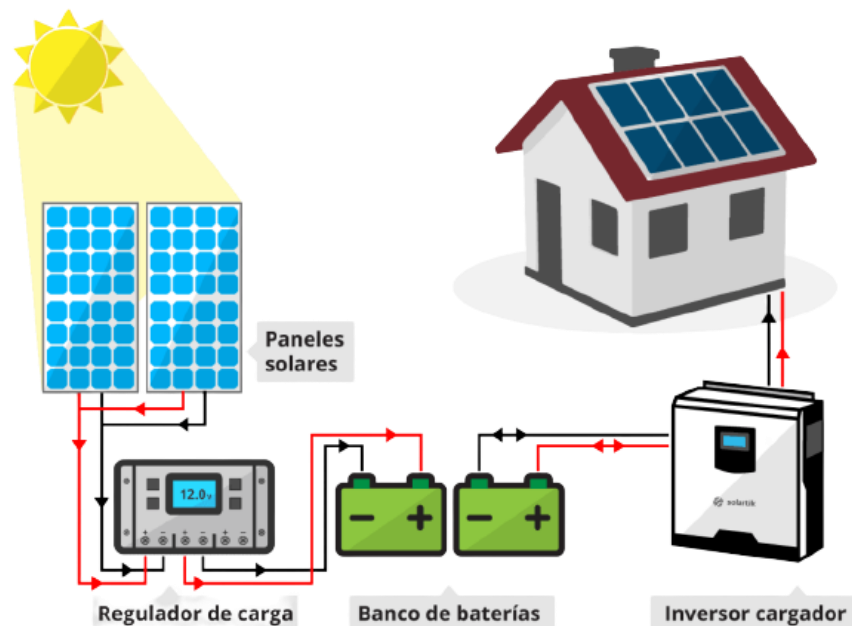
Por otra parte, es importante mencionar que las células solares tienen una estructura similar a una unión PN similar a los diodos semiconductores, estas se agrupan por módulos fotovoltaicos para su uso, los cuales generan corriente continua y se convierte de manera alterna mediante un inversor u ondulator.

Además, el sistema puede incluir baterías para el almacenamiento y estructuras de soporte, que suelen convertirse en corriente alterna mediante un inversor. El sistema

completo incluye, además del inversor, baterías (si se requiere almacenamiento), estructuras de soporte y otros componentes (Grupo NAP, 2011).

Figura 10

Componentes básicos de un sistema fotovoltaico



Nota. Solartik (2020).

Como es posible observar en la figura anterior, existen cuatro componentes básicos en un sistema fotovoltaico, los cuales según Solartik (2020) son:

- Los paneles solares son los encargados de convertir la energía solar recibida en energía eléctrica.
- El regulador o controlador de carga regula el flujo de energía generada hacia el banco de baterías, para que esta pueda ser almacenada.
- El banco de baterías almacena la energía generada por el sistema.
- El inversor transforma la energía almacenada por las baterías en corriente alterna, para que pueda ser utilizada en el hogar en la industria.

Cuando se habla de energía fotovoltaica, también es importante comprender las características e implicaciones de la radiación solar, la cual según Iberdrola (s.f.) es “la energía emitida por el Sol, la cual se propaga en todas direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Es emitida por la superficie solar y esta energía determina la dinámica de los procesos atmosféricos y climatológicos”.

En su viaje a través de la atmósfera se debilita, esto por la absorción de materiales suspendidos, además una vez que impacta superficie terrestre se refleja o se absorbe. Por lo que, los tipos de radiación varían según se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 4

Ventajas e inconvenientes de la energía fotovoltaica

SEGÚN LA FORMA EN QUE LLEGAN	SEGÚN EL TIPO DE RAYO
– Radiación solar directa: traspasa la atmósfera y alcanza la superficie de la Tierra sin haber sufrido dispersión alguna en su trayectoria. – Radiación solar difusa: alcanza la superficie de la Tierra tras haber sufrido múltiples desviaciones en su trayectoria. – Radiación solar reflejada: es reflejada por la propia superficie terrestre, en un fenómeno conocido como “efecto albedo”.	– Rayos infrarrojos (IR): de mayor longitud de onda que la luz visible, emiten calor y cualquier cuerpo cuya temperatura sea mayor a 0° Kelvin los desprende. – Rayos visibles (VI): emiten luz y son aquellos que el ojo humano percibe en forma de colores (rojo, naranja, amarillo, verde, cian, azul y violeta). – Rayos ultravioletas (UV): son invisibles al ojo humano y se dividen en: ○ Ultravioleta (UVA): atraviesan con facilidad la atmósfera, alcanzando mayoritariamente la superficie terrestre. ○ Ultravioleta B (UVB): Tienen mayores dificultades para traspasar la atmósfera. ○ Ultravioleta C (UVC): este tipo de rayos no consiguen atravesar la atmósfera, ya que son absorbidos por la capa de ozono.

Nota. Elaboración propia (2025), basado en Iberdrola (s.f.).

Este tipo de sistemas fotovoltaicos pueden integrar a su funcionamiento temporizadores y sensores de movimiento, los cuales poseen objetivos distintos, pero ambos son complementarios al funcionamiento de los sistemas de iluminación, al ofrecer mecanismos de control y automatización en el consumo energético.

A continuación, se detalla en qué consiste cada uno de ellos, según Cajamarca y Morales (2018, pp. 8-9):

- **Temporizador:** aparato con el que se regula la conexión o desconexión de un circuito eléctrico programado para entrar a funcionar en un determinado tiempo.
- **Sensor de movimiento:** estos dispositivos registran radiación infrarroja del entorno o zona de detección, lo que genera una señal eléctrica para que el sistema sea encendido, estos mecanismos son usados como métodos de seguridad o de automatización.

Sistemas de iluminación exterior

Los sistemas de iluminación exterior son fundamentales en este tipo de entornos, comprenden desde una serie de componentes diseñados específicamente para las condiciones externas, como para las inclemencias del tiempo. Cuando de espacios públicos, como parqueos se trata es indispensable ofrecer un alto grado de seguridad y protección, principalmente donde transiten peatones, debido a que se reduce el riesgo de accidentes e intrusos (Mistec, 2020).

Un exterior adecuadamente iluminado evita actos delictivos como robos y asaltos además, garantiza un adecuado proceso de los oficiales de seguridad que vigilan y fiscalizan este tipo de áreas. Por otra parte, visualmente proporciona una percepción del entorno más placentera y agradable, ya que el ojo capta los contrastes y luminancias de una manera óptima.

Las luminarias en general, especialmente las de interiores, no requieren un alto grado de estanqueidad, ya que suelen ser luminarias abiertas. No obstante, las luminarias

destinadas a espacios en condiciones extremas, requieren de un mayor grado de protección contra líquidos o acumulación de polvo.

Existe una clasificación internacional que regula la resistencia de este tipo de luminarias ante la entrada de agentes externos y está definida por la norma IEC 60529 que establece el grado de protección.

Por lo que, “pese a que el ensayo de protección IP es voluntario, prescriptores y compradores a menudo solicitan la determinación del grado IP, con el objetivo de verificar que su producto de iluminación es aceptado para ser usado en ambientes externos o aplicaciones industriales” (Intertek, s.f.).

A continuación, se detallan las diferentes clasificaciones con respecto a los grados de protección para aplicaciones resistentes al polvo y al agua.

Figura 11

Clasificaciones de protección según la IEC 60529

Primera cifra característica-Protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños, entre ellos, el polvo

- IP 0x: Ninguna protección
- IP 1x: Aparatos protegidos contra cuerpos sólidos de dimensiones superiores a 50mm
- IP 2x: Aparatos protegidos contra cuerpos sólidos de dimensiones superiores a 12mm
- IP 3x: Aparatos protegidos contra cuerpos sólidos de dimensiones superiores a 2,5mm
- IP 4x: Aparatos protegidos contra cuerpos sólidos de dimensiones superiores a 1mm
- IP 5x: Aparatos protegidos contra el polvo
- IP 6x: Aparatos completamente protegidos contra el polvo

Segunda cifra característica-Protección contra la penetración dañina del agua

- IP x0: Ninguna protección
- IP x1: Aparato protegido contra la caída vertical de gotas de agua
- IP x2: Aparato protegido contra la caída de gotas de agua con inclinación máxima de 15°
- IP x3: Aparato protegido contra la lluvia con caída hasta 60° de inclinación
- IP x4: Aparato protegido contra el rociado de agua
- IP x5: Aparato protegido contra los chorros de agua
- IP x6: Aparato protegido contra las olas y chorros de agua potentes
- IP x7: Aparato protegido contra los efectos de la inmersión temporal
- IP x8: Aparato protegido contra los efectos de la sumersión

Nota. Elaboración propia (2025), basado en Intertek (s.f.).

Con el fin de valorar la opción de implementar un sistema fotovoltaico, en lugar del actual de tipo LED, se pretende utilizar un software, que simula los posibles resultados a obtener y así, analizar la viabilidad del cambio.

Este software se llama DIALux y es una herramienta fundamental que permite simular y analizar de forma apropiada y precisa el comportamiento de los rayos de la luz en distintos tipos de espacio tanto interiores como exteriores.

Este tipo de aplicación se ha convertido en estándar para múltiples ingenieros arquitectos y diseñadores, gracias a su capacidad de presentar de forma realista los efectos de la luz, la temperatura de color, nivel de iluminación y distribución de la luz en proyectos donde la eficiencia y calidad del alumbrado son de carácter prioritarios, DIALux es un aliado clave en lo que corresponde a la toma de decisiones técnicas (DIALux, s.f.).

Además, ayudar a cumplir con el confort visual, así como con normas de seguridad, de forma que garantiza una integración eficiente del sistema fotovoltaico propuesto. El modelado del software permite considerar factores como altura, entorno, reflectancia y ubicación de obstáculos, asimismo, la distribución del posteo en el parqueo, lo que busca asegurar una cobertura uniforme y acorde con las necesidades del centro médico. (DIALux, s.f.)

Adicional a lo anterior, también permite el cálculo de los niveles de iluminación requeridos mediante normativa local o internacional, al establecer los requerimientos mínimos de iluminación en zonas exteriores. Este tipo de simulaciones ayuda a identificar las zonas con deficiencias o sobre iluminación y a partir de estas, considerar algunos factores en el diseño (DIALux, s.f.).

Por otra parte, cabe destacar que el software cuenta con la importación de catálogos de luminarias reales de múltiples fabricantes, lo cual facilita el análisis de diferentes opciones desde el punto de vista técnico y económico, adicionalmente, facilita la presentación de propuestas realistas con productos disponibles en el mercado nacional y alineados que los requerimientos del centro médico.

Por último, es importante mencionar que este tipo de software tiene la capacidad de generar reportes técnicos detallados y visualizaciones en 3D, lo que hace a ese tipo de herramienta ideal para la presentación del proyecto y la toma de decisiones por parte de la administración de la institución.

Como parte de los resultados esperados, existen algunos datos a realizar por el software DIALux, los cuales se plantean a continuación, con el fin de procurar una mayor comprensión de la información a plantear.

- **Flujo luminoso:** es la potencia emitida en forma de radiación luminosa, su unidad es el lumen (Cajamarca y Morales, 2018)

Donde:

$$\varphi L = \frac{dQL}{dt}$$

φL : flujo luminoso (lm).
 dQL/dt : cantidad de energía luminosa radiada por unidad de tiempo.

- **Iluminancia:** son los niveles de iluminación, los cuales reflejan la relación del flujo luminoso y el área de la superficie, donde inciden su unidad es el lux (Cajamarca y Morales, 2018).

Donde:

$$E = \frac{\varphi L}{S}$$

E: iluminancia (lx).
 φL : flujo luminoso (lm).
S: superficie (m²).

- **Uniformidad:** es la iluminación existente de forma constante sobre toda una superficie, ya sea directa o indirecta. Esta es la relación entre la iluminancia o simplemente, el nivel de lux. Existen diferentes métodos para calcular la uniformidad, pero los más comunes son, según Vilorio (2024):

$$U = \frac{E_{\text{mínimo}}}{E_{\text{promedio}}}$$

Donde:

$$U = \frac{E_{\text{mínimo}}}{E_{\text{máximo}}}$$

E: iluminancia (lx).
U: uniformidad.

- **Relación entre el valor mínimo y el promedio:** se divide el valor mínimo de iluminancia medido entre el valor promedio, por lo que, a mayor cociente, mayor uniformidad.
- **Relación entre el valor mínimo y el máximo:** se divide el valor mínimo de iluminancia medido entre el valor máximo, por lo que, al igual que en el caso anterior, a mayor cociente, mayor uniformidad.

Normativas y regulaciones

A nivel internacional, destaca la normativa de México en iluminación, la cual cabe destacar es utilizada de referencia en Costa Rica para la elaboración de requisitos legales, algunas de ellas según Viloria (2024) son:

- **NOM-025-STPS-2008:** condiciones de iluminación en los centros de trabajo. Esta norma establece los niveles mínimos de iluminación requeridos en diferentes áreas laborales, pero no especifica valores exactos de uniformidad. Sin embargo, al indicar los niveles de iluminancia se infiere la necesidad de una distribución de luz relativamente uniforme para cumplir con los requisitos.
- **NOM-007-ENER-2014:** eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales. Esta norma se enfoca en la eficiencia energética de los sistemas de iluminación y aunque no detalla valores específicos de uniformidad, promueve el uso de sistemas de iluminación que optimicen la distribución de la luz y reduzcan el consumo energético.
- **NOM-013-ENER-2013:** eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades. Esta norma establece los valores mínimos de iluminancia promedio y de uniformidad en diferentes tipos de vialidades, con el objetivo de garantizar una iluminación adecuada y segura para los usuarios.

Caso similar a España, donde la Asociación Española de Normalización ha creado las normas UNE, las cuales tiene el objetivo de estandarizar algunos procesos, entre ellos el de la iluminación. Ellos señalan que una correcta iluminación de lugares exteriores es fundamental con el objetivo de garantizar la seguridad, eficiencia y confort visual, la **norma UNE-EN 12464-2:2007 Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 2: Lugares de trabajo exteriores** establece algunos requisitos técnicos y niveles de iluminancia mínimos requeridos para las distintas aplicaciones en exteriores, incluyendo parqueos (Asociación Española de Normalización, 2024).

Según dicha norma, los niveles de iluminación para estacionamientos pueden variar según el tipo de tráfico. Para aquellos de tipo ligero como bicicleta, donde el espacio requerido para su estacionamiento es pequeño, se requiere una iluminancia

mantenida de 5 lux, en zonas de tráfico medio como en edificios administrativos o comerciales la iluminancia es de 10 lux y en zonas de tráfico alto como grandes centros comerciales es de 20 lux. Para garantizar la seguridad en el estacionamiento del Hospital San Rafael de Alajuela es recomendable optar por un nivel de 10 a 20 Lux, según la actividad y el tránsito vehicular, asimismo la uniformidad de la iluminación debe ser de al menos el 0.25 lux evitando con ello, contrastes bruscos que dificulten la visión (Asociación Española de Normalización, 2024).

La presencia de deslumbramiento puede afectar la seguridad en las áreas de parqueo, especialmente en hospitales donde es frecuente el tránsito de ambulancias y peatones. Por lo que, esta norma recomienda utilizar lámparas con índice de alumbramiento limitado (GRL) y controlar la luz indeseable mediante una corrección de distribución de luminarias. Además de que sugiere invitar luminarias que emitan luz por encima de la horizontal, con el objetivo de minimizar la contaminación lumínica (Asociación Española de Normalización, 2024).

Asimismo, el factor de mantenimiento es un aspecto fundamental con el objetivo de garantizar una iluminación constante durante toda la vida útil del sistema. La norma indica que la iluminancia debe mantenerse sin descender por debajo del 70 % del valor inicial durante toda su vía útil, por lo que, se recomienda un programa de limpieza y sustitución de lámparas periódico (Asociación Española de Normalización, 2024).

El proyecto lo que se desea realizar en el hospital San Rafael de Alajuela es implementar un sistema fotovoltaico, por lo que, es necesario considerar la recomendación de la norma para optimizar el consumo Energético. La Iluminación LED con controladores automáticos puede mejorar la eficiencia y reducir costos de operación. Adicionalmente, a nivel costarricense, existe un reglamento que pertenece al Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO), llamado **INTE/ISO 8995- Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 2: Lugares de trabajo en exteriores** y en el cual se establecen criterios y guías para determinar los niveles de iluminación (Marín, 2013).

Por lo tanto, debido a que la propuesta de este estudio, está dirigida al cambio del sistema de iluminación actual en tecnología LED por uno fotovoltaico, existen una serie

de regulaciones a nivel nacional, en temas de operación y sostenibilidad, que es importante considerar y que se detallan a continuación:

Tabla 5

Regulaciones de las energías renovables en Costa Rica

CATEGORÍA	DETALLE
Regulación regional	Ley 7848: Aprobación del Tratado Marco del Mercado Eléctrico Centroamericano.
Recursos Distribuidos	Ley 10086: Promoción y Regulación de los Recursos Energéticos Distribuidos de Fuentes Renovables (2021).
Ambiental	Ley Orgánica del Medio Ambiente (1995); y Decreto 43898: Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento ambiental, Contribución Nacionalmente Determinada (NDCs), Plan Nacional de Descarbonización, Estrategia de Cambio Climático PI
Eficiencia energética	Ley 7447: Reglamento del Uso Racional de la Energía.

Nota. Elaboración propia (2025), basado en Guevara y Serrano (2024).

Viabilidad, sostenibilidad y operatividad

Con el fin de garantizar que la propuesta en estudio ofrezca una opción viable para la institución es que es importante considerar algunos factores, tanto a nivel técnico, económico y de sostenibilidad. Para este último es importante entender el término de “eficiencia energética”, el cual Álvarez y Mencia (2023) definen como:

...el aprovechamiento de la energía permite la reducción del consumo energético ya sea de instalaciones, equipos, servicios, etc. Dando lugar a un mundo sustentable asegurando un cambio energético rentable Se define entonces como la relación entre el rendimiento del servicio que se presta y la energía que consume.

Es por ello, por lo que, los sistemas de iluminación son de alto impacto dentro de la eficiencia energéticas, ya que el uso de energías renovables puede mitigar el impacto

de los consumos. Es importante destacar que, la iluminación LED depende del suministro de energía eléctrica, que muchas veces proviene de combustibles fósiles y es ahí donde la energía fotovoltaica ofrece reducir los impactos, como lo menciona Briggs (2024).

La tecnología fotovoltaica, comúnmente conocida como “tecnología solar” o “energía solar” se considera ampliamente un generador de energía renovable, sostenible y con cero emisiones de carbono (Tawalbehe *et al.*, 2021). Los sistemas fotovoltaicos tienen cero emisiones de dióxido de carbono, metano, óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno (CO₂, CH₄, SO₁, NO₁, respectivamente) durante su funcionamiento, con efectos insignificantes en la contaminación atmosférica y el cambio climático (Segura *et al.*, 2023).

Por lo tanto, el uso de la energía solar no genera impactos a la capa de ozono por la emisión de gases de efecto invernadero, ya que no produce vertidos o requiere de la combustión. Sin embargo, se recalca la importancia de analizar los ciclos de vida de estos insumos, ya que en alguna de sus etapas puede generar otro tipo de impactos, a continuación, se detallan, tal y como los describe Briggs (2024).

Figura 12

Impacto ambiental de la energía fotovoltaica

Extracción y fabricación	• Por el uso de sustancias químicas y modificación del suelo para su extracción • Para su transformación a nivel industrial, se requiere de maquinarias de combustión y procesos químicos.
Instalación e infraestructura	• Para la ubicación de paneles solares en algunas ocasiones se requiere de la modificación de ecosistemas.
Operación y mantenimiento	• En esta fase es cuando menos impacto se genera durante su vida útil, ya que se limita al consumo de agua y energía para su limpieza y mantenimiento.
Vida útil	• La vida útil en general es de 30 años y pierde su eficiencia con el pasar del tiempo.
Disposición final	• El reciclarlos es más costoso que desecharlos y no es una práctica común separar sus componentes para ser reutilizados; sin embargo, esto puede ayudar a prevenir vertidos de sustancias químicas de sus componentes y disminuir la extracción de materia prima.

Nota. Elaboración propia (2025), basado en Brigss (2024).

Por otra parte, el cambio de las energías combustibles a las renovables responde al esfuerzo común a nivel mundial para la conservación del medio ambiente, el cual está siendo impulsado por los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y cuyo objetivo es “un llamamiento universal a la acción para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y mejorar las vidas y las perspectivas de las personas en todo el mundo (...) por medio de acciones a nivel mundial, local y personal” (Organización de las Naciones Unidas, s.f.). En total está constituido por 17 objetivos que se observan en la siguiente figura:

Figura 13

Objetivos de Desarrollo Sostenible.



Nota. ONU (2015).

Principalmente, el uso de las energías renovables se engloba directamente con el **objetivo 7: energía asequible y no contaminante**, el cual busca “garantizar el acceso a una energía limpia y asequible, clave para el desarrollo de la agricultura, las empresas, las comunicaciones, la educación, la sanidad y el transporte.”

Asimismo, está involucrado indirectamente con los **ODS 12 y 13**, los cuales impulsan procesos y estrategias para mitigar las consecuencias ambientales desde las contrataciones e impactos en la huella de carbono (ONU, 2015).

En Costa Rica, existe el Plan Nacional de Descarbonización publicado en el 2019 y tutelado por el Ministerio de Ambiente y Energía, su principal objetivo es el de lograr para el 2050 que el país genere cero emisiones netas, esto a través del compromiso de convertirse en una economía moderna, verde y libre de emisiones. Por lo que, al ser el Hospital una institución parte del órgano gubernamental, es indispensable que tome

acciones alineadas a esta estrategia, con el fin de minimizar los impactos de sus procesos (Ministerio de Ambiente y Energía, 2019).

Otro aspecto importante para considerar al realizar un proyecto como este, donde hay que realizar una inversión considerable, son los análisis económicos. Para ello, existe el retorno de inversión, el cual según BBVA (2024)

...es una métrica financiera que evalúa el rendimiento económico de una inversión en relación con su coste. Esta medida es crucial para las empresas y los inversores, ya que ayuda a evaluar la rentabilidad y eficacia de las inversiones realizadas.

Cuando se planea la viabilidad de un proyecto, este tipo de indicadores permiten una toma de decisión acertada, basada en la rentabilidad de la inversión. Para este caso en específico, el cálculo del retorno de inversión se basa en la siguiente fórmula:

$$ROI = \left(\frac{\text{Ahorro anual estimado}}{\text{Inversión total del sistema}} \right) \times 100$$

Según Tractian (2025), el ROI no solo representa un impacto en las finanzas, sino que se le puede dar un enfoque en las gestiones de mantenimiento, ya que mencionan que:

... el mantenimiento dejó de ser simplemente un “mal necesario” para convertirse en un pilar estratégico. Esto se debe a que un ROI positivo en mantenimiento no se traduce solo en máquinas funcionando, sino en: La reducción de paradas no planificadas, el aumento de la vida útil de los activos y la optimización de la producción.

Adicionalmente, indican que es un análisis que permite “justificar inversiones en mejores prácticas, tecnologías y capacitación”. Por otra parte, da pie para reducir tiempos de inactividad, aumentar la calidad de vida de los activos, mejorar la calidad de las compras, garantizar la seguridad y realizar una planificación eficaz. Otros indicadores a utilizar se definen por las siguientes fórmulas:

Cálculo de potencia aparente total (S)

$$S = VI$$

Donde:

S = Potencia aparente (VI).

$P_{Lampara}$ = Potencia por almapara en (kW).

$C_{Lamparas}$ = Cantidad de lampara en (unidades).

Cálculo de potencia activa (P)

$$P = S * \cos \emptyset$$

Donde:

P = potencia activa (w).

S = potencia aparente en (VA).

$\cos \emptyset$ =Factor de potencia (adimensional).

Cálculo de consumo mensual (energía activa)

$$E = P * t_d * d_m$$

Donde:

E = Energía mensual en kilovatios hora (kWh).

P = Potencia activa en kilovatios (kW).

t_d = Horas de uso diario (h).

d_m =: Días de uso mensual (días).

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico establece la secuencia de pasos a seguir, con el fin de obtener los resultados esperados en el desarrollo de este estudio. Además, guía al lector a través de las herramientas utilizadas en el cumplimiento de cada uno de los objetivos. Esto lo detalla Azuero (2019) en su estudio *Significatividad del marco metodológico en el desarrollo de proyectos de investigación* en donde:

...hace referencia a todas las decisiones que el investigador toma para alcanzar sus objetivos, las cuales se enfocan en aspectos tales como el diseño de la investigación, la estrategia a utilizar, la muestra a estudiar, los métodos empleados para recoger los datos, las técnicas seleccionadas para el análisis de la información y los criterios para incrementar la calidad del trabajo, entre otras.

Por lo tanto, a continuación, se detallan aspectos relevantes del estudio como el enfoque y método de la investigación y los sujetos de la información, los cuales son quienes aportan datos relevantes para el desarrollo del tema. Adicionalmente, las variables del estudio relacionadas a cada uno de los objetivos, así como los instrumentos a utilizar para la obtención de los diferentes resultados.

ENFOQUE METODOLÓGICO

Cuando se habla de enfoque de investigación, se hace referencia a la naturaleza del estudio, la cual se clasifica como cuantitativa, cualitativa o mixta y abarca el proceso investigativo en todas sus etapas, desde la definición del tema y el planteamiento del problema de investigación hasta el desarrollo de la perspectiva teórica, la definición de la estrategia metodológica y la recolección, análisis e interpretación de los datos.

Lo anterior, lo menciona Mata (2019), por lo tanto, es importante definir la naturaleza de este estudio según las características de los datos que se pretenden analizar, pues como bien lo indica Mata (2019), existen diferentes tipos de enfoques; sin embargo, para este estudio en específico se busca que sea de tipo cuantitativo.

Según la definición de Hernández (2010), este método “utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías”.

Esta investigación es de enfoque cuantitativo, ya que existe la recolección y análisis de datos numéricos, a fin de evaluar la viabilidad técnica y económica de la propuesta de diseño de optimización del sistema lumínico del área de parqueo del Hospital San Rafael de Alajuela, mediante la implementación de energía solar fotovoltaica.

Este tipo de metodología cuantitativa permite medir múltiples variables, como lo son: Lux, costos de inversión y operación, además de ahorros energéticos y el impacto a nivel de sistema. Por otra parte, busca establecer relaciones entre ellas, mediante la recolección de datos en campo y a partir de herramientas computacionales y de normativas.

El presente estudio adopta un enfoque cuantitativo, el cual se caracteriza por la recolección y el análisis de datos numéricos para describir, explicar y validar la viabilidad de la propuesta de optimización del sistema lumínico mediante energía solar fotovoltaica. Este enfoque se aplicará de forma concreta a través de las siguientes acciones:

1. **Medición de niveles de iluminación:** se utilizará el software especializado DIALux para realizar simulaciones del sistema de iluminación propuesto y determinar los niveles de iluminancia (lux) que se alcanzarían en el área de parqueo. Estos resultados se compararán con los niveles mínimos requeridos según la normativa vigente.

2. **Análisis de datos técnicos:** se recopilarán datos específicos como la irradiación solar del sitio, características técnicas de las luminarias fotovoltaicas, consumo energético actual y costos de mantenimiento del sistema de iluminación existente. Estos datos serán fundamentales para evaluar la viabilidad técnica y energética del proyecto.

3. **Cálculo del retorno de inversión (ROI):** se realizará un análisis financiero preliminar basado en datos cuantificables, como la inversión inicial, los costos de operación y el ahorro energético proyectado, con el fin de estimar el tiempo de recuperación de la inversión.

4. **Comparación cuantitativa:** se contrastarán de manera numérica, los resultados del sistema actual con los proyectados en la propuesta de diseño fotovoltaico, evaluando variables como niveles de iluminación, consumo de energía y costos asociados, lo que permitirá evidenciar las mejoras potenciales.

5. **Recolección de datos de percepción:** se aplicarán encuestas estructuradas a usuarios y funcionarios para obtener información sobre su percepción actual del sistema de iluminación. Los resultados serán tratados estadísticamente para complementar el análisis técnico y evaluar el impacto en la percepción de seguridad.

A través de estas actividades, el enfoque cuantitativo permitirá sustentar de manera objetiva, la propuesta de optimización, respaldando las conclusiones y recomendaciones con datos medibles y verificables.

MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método de investigación establece la ruta que guiará el desarrollo del estudio, permitiendo alcanzar los objetivos propuestos y analizar de manera ordenada los escenarios evaluados. Para este proyecto se aplica el método descriptivo con enfoque analítico, el cual posibilita observar, describir y caracterizar el sistema lumínico del área de parqueo del Hospital San Rafael de Alajuela, así como descomponer sus componentes y procesos para comprender sus causas y efectos.

Según Ortega (s.f.), el método analítico es "...un procedimiento que descompone un todo en sus elementos básicos y por lo tanto, que va de lo general a lo específico. También es posible concebirlo como un camino que parte de los fenómenos para llegar a las leyes, es decir, de los efectos a las causas."

En este estudio, el método se aplica paso a paso a través de la observación directa del sistema actual, la recolección de datos técnicos y el análisis de los resultados mediante herramientas especializadas, como el software DIALux. A través de este proceso, se logra desglosar el sistema lumínico existente, comprender sus principales deficiencias, proyectar el comportamiento del sistema propuesto y valorar su viabilidad técnica y económica.

De esta manera, el estudio no solo describe la situación actual, sino que también analiza detalladamente los componentes, costos, niveles de iluminación y beneficios del cambio a un sistema fotovoltaico, permitiendo obtener conclusiones fundamentadas y objetivas.

A continuación, se presenta un cuadro donde se detallan los métodos de análisis que se aplicarán para cada uno de los objetivos específicos del estudio.

Tabla 6

Métodos de investigación según el objetivo

OBJETIVO	MÉTODOS
Evaluar la viabilidad técnica de la propuesta de diseño para optimizar el sistema lumínico del área de parqueo del Hospital San Rafael de Alajuela, mediante el uso del software DIALux, para determinar los niveles mínimos de iluminación (lux) requeridos, en el primer semestre de 2025.	– Evaluación con software de los niveles de iluminación requeridos. – Validación y comparación de datos teóricos.
Realizar un análisis preliminar del retorno de inversión, de la propuesta de diseño del sistema de iluminación tradicional del parqueo del Hospital San Rafael de Alajuela, hacia uno basado en energía solar fotovoltaica, considerando de manera general costos iniciales, ahorros energéticos proyectados y el impacto económico a largo plazo en el primer semestre de 2025.	– Análisis de costos iniciales. – Estimación de ahorros energéticos proyectados. – Determinación del impacto económico a largo plazo.
Comparar el desempeño y las limitaciones de la propuesta de diseño con el sistema instalado actualmente, para optimizar el sistema lumínico del área de parqueo del Hospital San Rafael de Alajuela, determinando las ventajas y desafíos, en el primer semestre de 2025.	– Identificación de ventajas y desafíos del nuevo sistema. – Evaluación del impacto en sostenibilidad. y mantenimiento del nuevo sistema.

Nota. Elaboración propia (2019).

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO APLICADO MEDIANTE EL MÉTODO DESCRIPTIVO

El método descriptivo en este estudio se aplicó con el propósito de detallar las características, condiciones actuales y proyección del sistema lumínico del área de parqueo del Hospital San Rafael de Alajuela. A continuación, se describen de manera secuencial las etapas desarrolladas:

1. Observación directa del sistema lumínico existente

Se realizó una inspección física del área de parqueo para identificar el estado de conservación de las luminarias, el tipo de tecnología utilizada, el patrón de distribución de los postes y la operación del sistema de control actual. Esta etapa permitió documentar las principales deficiencias visibles, tales como luminarias dañadas, iluminación insuficiente en ciertos sectores y fallos de encendido.

2. Revisión documental y análisis de registros técnicos

Se consultaron los informes de mantenimiento, órdenes de trabajo y facturas de consumo eléctrico relacionados con el sistema lumínico. Esta información permitió describir con precisión la frecuencia de fallas, los costos asociados al mantenimiento correctivo y el consumo energético promedio del sistema actual.

3. Caracterización del sistema actual

Se documentaron las características técnicas del sistema de iluminación existente, incluyendo la potencia de las luminarias, el tipo de lámparas LED instaladas, el horario de funcionamiento y la configuración del temporizador. Este paso permitió establecer una descripción detallada del sistema operativo vigente.

4. Identificación de problemáticas específicas

Mediante el análisis de los datos recolectados se describieron las principales problemáticas, tales como el alto consumo energético, el desgaste acelerado de los

componentes y la falta de adaptabilidad a las condiciones de iluminación natural. Estas situaciones fueron verificadas con apoyo del personal técnico del hospital.

5. Simulación del sistema propuesto

Se elaboró un modelo virtual del área de parqueo en el software DIALux, donde se describieron las condiciones actuales y se proyectó el nuevo sistema de iluminación basado en energía solar fotovoltaica. Esta simulación permitió describir cómo cambiarían los niveles de iluminación con la propuesta planteada y evaluar el cumplimiento de la normativa.

6. Comparación de escenarios

Finalmente, se describieron las diferencias entre el sistema actual y la propuesta de diseño, considerando aspectos técnicos, energéticos y económicos. Esta comparación detallada permitió visualizar con claridad las ventajas del nuevo sistema, tales como la reducción de costos operativos y la mejora en la uniformidad de la iluminación.

Este proceso, desarrollado paso a paso, permitió cumplir con el enfoque descriptivo, al ofrecer una representación detallada, ordenada y objetiva de las condiciones actuales y proyectadas del sistema lumínico del hospital.

FUENTES Y SUJETOS DE INFORMACIÓN

En este apartado se busca evidenciar las referencias utilizadas, con el fin de realizar los análisis correspondientes para el cumplimiento de los objetivos, asimismo definir cuáles son los objetos del estudio.

Fuentes de información

De acuerdo con Miranda y Acosta (2009) “son todos aquellos medios de los cuales procede la información, que satisfacen las necesidades de conocimiento de una situación

o problema presentado y que posteriormente serán utilizados para lograr los objetivos esperados”, por lo tanto, brindan los recursos necesarios para el análisis del proyecto, a continuación, se detallan las fuentes para este estudio:

- **Fuentes primarias:** “contienen información original, que ha sido publicada por primera vez y que no ha sido filtrada, interpretada o evaluada por nadie más” (Miranda y Acosta, 2009), para efectos de este proyecto, la mayor parte de la información coincide con esta descripción y por ende, comprende las cotizaciones de proveedores de sistemas fotovoltaicos y luminarias LED, tarifas eléctricas del hospital, facturación de los últimos 3 meses, datos históricos de consumo eléctrico y costos de mantenimiento. Así como, manuales de especificaciones técnicas de luminarias solares y normativas nacionales e internacionales sobre iluminación.

- **Fuentes secundarias:** comprenden información de fuentes primarias, sintetizada y reorganizada. Están especialmente diseñadas para facilitar y maximizar el acceso a las fuentes primarias o a sus contenidos (Miranda y Acosta, 2009, p. 2), para este estudio se utilizan proyectos de grado de otras fuentes primarias y páginas web relacionadas al tema en desarrollo.

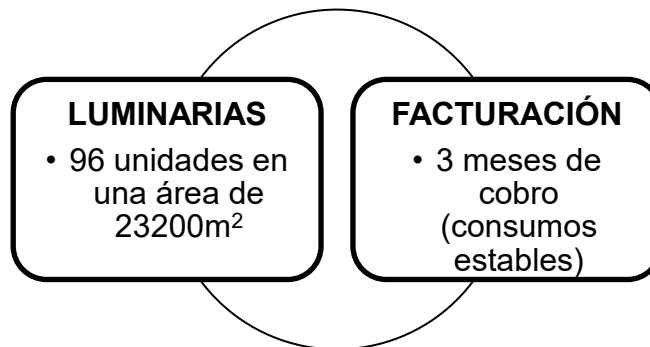
Sujetos de información

Los sujetos de información responden a la pregunta ¿quién o quiénes?, ya que “son las personas u objetos de estudio, por lo tanto, pueden ser el conjunto de elementos que tienen características en común... Pueden ser finitas o infinitas” (p. 135) (Barrantes, 2002).

Debido a la naturaleza de este estudio, los sujetos de información son propiamente cada uno de los componentes del sistema de iluminación actual, específicamente las luminarias, que ofrecen los datos de iluminación actual que se requieren comparar con la propuesta del proyecto para un sistema fotovoltaico, así como los consumos eléctricos del centro médico.

Figura 14

Actores en el sistema de iluminación del parqueo



Nota. Elaboración propia (2025).

Por otra parte, con el fin de determinar algunas ventajas y desafíos del estudio, se busca aplicar una encuesta a los involucrados directamente de forma técnica en el departamento de mantenimiento.

Tabla 7

Población de interés, tipo de la muestra y selección de distribución

POBLACIÓN DE INTERÉS	TIPO Y TAMAÑO DE LA MUESTRA	SELECCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA
La población está constituida por 5 funcionarios en el área técnica del departamento de mantenimiento, entre ingenieros y arquitectos.	Por el tipo de la población, el muestro es intencional, lo cual permite concluir que se utiliza la misma cantidad de personas de la población.	La selección está relacionada con el conocimiento técnico del tema y a las funciones dentro del departamento de mantenimiento.

Nota. Elaboración propia (2025).

Criterios de selección de los sujetos informantes

Para la presente investigación, los sujetos informantes fueron seleccionados bajo criterios de relevancia, experiencia y vinculación directa con el sistema lumínico del área de parqueo del Hospital San Rafael de Alajuela. La elección de estos sujetos se realizó de forma intencionada, buscando obtener información pertinente, confiable y directamente relacionada con la problemática en estudio.

Los criterios considerados fueron los siguientes:

1. Relación directa con el sistema de iluminación

Se seleccionaron personas que participan activamente en la operación, mantenimiento y gestión del sistema lumínico actual, ya que poseen un conocimiento práctico de las condiciones, fallos y necesidades del sistema.

2. Experiencia técnica

Se priorizó a sujetos con formación y experiencia en áreas relacionadas con ingeniería, electricidad, mantenimiento de instalaciones o administración de servicios hospitalarios, lo que asegura información técnica precisa y fundamentada.

3. Pertenencia institucional

Se consideraron únicamente funcionarios del Hospital San Rafael de Alajuela que desempeñan funciones dentro de este, garantizando que los informantes tengan conocimiento de primera mano sobre la operación diaria del parqueo y los sistemas asociados.

4. Disponibilidad y disposición para participar

Se incluyó a aquellos sujetos que manifestaron su voluntad de colaborar con el estudio, mediante la participación en entrevistas o encuestas estructuradas.

Estos criterios permitieron seleccionar sujetos clave que aportaron información esencial para caracterizar la situación actual, validar las necesidades reales del sistema y evaluar la viabilidad de la propuesta planteada.

INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS

En esta sección se establecen las principales técnicas e instrumentos a utilizar en el desarrollo del estudio, es importante aclarar que ambas son diferentes y su diferencia radica en que la técnica es el método sistemático para la recolección de datos y los instrumentos son las herramientas (Medina *et al.*, 2023, p.12).

Tabla 8

Instrumentos y técnicas del estudio

INSTRUMENTOS	1. Software DIALux: herramienta que permite realizar simulación y análisis de proyectos de iluminación. 2. Encuesta de identificación de ventajas y desafíos de la propuesta: a través de la experiencia conocer las implica. (Anexo 1). 3. Matriz de análisis de comparación de luminarias: pretende recolectar de forma visual, las diferencias de los sistemas en estudio. 4. Tablas para cálculos de inversión
TÉCNICAS	1. Observación: esta técnica, donde la persona que observa no participa y pretende recopilar información del entorno, los sujetos y objetos involucrados en un proceso. 2. Análisis de documentos: es la labor de realizar una revisión y evaluación sistemática de documentos escritos.

Nota. Elaboración propia (2025).

Validación de instrumentos

Para garantizar la confiabilidad y la pertinencia de los instrumentos utilizados en esta investigación, se llevó a cabo un proceso de validación que aseguró la calidad de los datos recolectados y la adecuación de las herramientas a los objetivos del estudio.

En el caso de la encuesta aplicada a los sujetos informantes, la validación se realizó mediante el criterio de juicio de expertos, para lo cual se consultó a profesionales con experiencia en iluminación, sistemas fotovoltaicos y mantenimiento hospitalario. Estos expertos revisaron la estructura, la redacción y la relevancia de las preguntas, asegurando que fueran claras, coherentes y alineadas con las variables de investigación.

Asimismo, se realizó una prueba piloto con un grupo reducido de sujetos que compartían características similares a los informantes seleccionados. Esta prueba permitió identificar posibles ambigüedades, errores de interpretación o dificultades en la aplicación del instrumento. Con base en los resultados obtenidos, se efectuaron los ajustes necesarios antes de la aplicación definitiva.

En cuanto al uso del software DIALux, la herramienta fue seleccionada por su reconocimiento internacional y por ser un software validado y utilizado en estudios especializados de iluminación, lo que respalda la precisión de sus resultados y su idoneidad para este tipo de análisis.

Por lo que, este proceso de validación permitió asegurar que los instrumentos aplicados fueran adecuados para cumplir con los objetivos propuestos y que los datos obtenidos fueran confiables y útiles para el análisis técnico y comparativo de la propuesta de optimización del sistema lumínico.

ALCANCES

El presente trabajo de investigación se centra en la propuesta de optimización del sistema lumínico del área de parqueo del Hospital San Rafael de Alajuela, mediante la implementación de un sistema de iluminación alimentado por energía solar fotovoltaica. El alcance de esta propuesta comprende específicamente el diseño técnico del sistema

lumínico para las zonas de parqueo ubicadas en el costado oeste del hospital, incluyendo los accesos peatonales y vehiculares directamente conectados a este sector.

El proyecto contempla:

El diseño y simulación de la propuesta de iluminación utilizando el software especializado DIALux.

La evaluación de los niveles de iluminación (lux) requeridos según normativa vigente.

El análisis técnico de la viabilidad del sistema propuesto.

La estimación preliminar del retorno de inversión (ROI) y los costos asociados al nuevo sistema.

La comparación técnica y económica con el sistema lumínico actualmente instalado.

Este estudio no incluye la ejecución física del proyecto ni la adquisición e instalación de equipos, ya que se limita a la etapa de diseño y evaluación técnica y económica.

Adicionalmente, se recomienda que, como parte de futuras fases, se ejecute una prueba piloto a pequeña escala para validar el rendimiento del sistema en condiciones reales de operación y que se amplíe el alcance hacia otras zonas exteriores del hospital, de acuerdo con los resultados obtenidos y las prioridades institucionales.

LIMITACIONES

Se refieren a los obstáculos que se debieron enfrentar durante el desarrollo de la investigación.

El presente estudio se limita a la implementación de un diseño que promueva la optimización del sistema lumínico, mediante el uso de energía solar fotovoltaica, específicamente en el área de parqueo del Hospital San Rafael de Alajuela.

Además, se limita a este sector, ya que se deben considerar condiciones propias del terreno, como lo son: ubicación geográfica, radiación solar disponible e infraestructura, que corresponden a una serie de valores específicos que intervienen directamente en la posibilidad de su emulación en otras ubicaciones geográficas.

Adicionalmente, no se cuenta con un analizador de energía instalado para contabilizar el consumo del sistema de iluminación en el área de parqueos, por lo que, se plantean otras metodologías matemáticas para aproximar dicho dato.

Por último, queda a discreción del Hospital San Rafael de Alajuela y de su administración la implementación de la propuesta, ya que requiere de la compra de insumos acordes al presupuesto aprobado para el año en curso.

VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Las variables de investigación permiten establecer las directrices necesarias para recolectar la información relevante frente al problema de investigación, con el propósito de analizar, concluir y recomendar de acuerdo con los objetivos planteados.

Para ello, se detallan definiciones conceptuales, en relación con cada objetivo, así como las definiciones operacionales, más relacionadas a la realidad y la práctica de donde se aplica el estudio y por último, se asocian las herramientas a utilizar para la recolección y análisis de la información.

En la siguiente tabla se detalla la información mencionada anteriormente, con el objetivo de comprender el alcance de cada uno de los objetivos y la metodología a utilizar para el logro de cada uno de ellos.

Tabla 9

Definición, operacionalización e instrumentalización de las variables

OBJETIVO	CONCEPTUAL	VARIABLES OPERATIVA	INSTRUMENTAL	INDICADOR
Evaluar la viabilidad técnica de diseño para optimizar el sistema lumínico del área de parqueo del Hospital San Rafael de Alajuela, mediante el uso del software DIALux, para determinar los niveles mínimos de iluminación (lux) requeridos.	La posibilidad de implementar la propuesta del cambio de tecnologías en el sistema de iluminación, bajo requerimientos técnicos.	Mediante el análisis de los niveles de iluminación actuales y la simulación de un sistema diferente, se determina el cumplimiento y eficiencia del sistema propuesto.	1. Datos de la simulación del software DIALux. 2. Manuales de especificaciones técnicas de luminarias solares. 3. Normativas nacionales e internacionales sobre iluminación.	-Niveles de iluminación actuales y requeridos de 10-20lux. -Características de los sistemas de iluminación propuestos.
Realizar un análisis preliminar del retorno de inversión (ROI) de la propuesta de migración del sistema de iluminación tradicional, hacia uno basado en energía solar fotovoltaica, considerando los costos iniciales, ahorros energéticos proyectados y el impacto económico a largo plazo.	La posibilidad de que la propuesta del cambio de tecnologías en el sistema de iluminación, sea viable bajo valoraciones financieras, de inversión, de retorno y de ahorro.	Análisis de los datos de consumo, de inversión y de ahorro que puede generar el sistema propuesto ante la condición actual del sistema.	1. Cotizaciones de proveedores. 2. Facturación eléctrica. 3. Datos históricos de costos de mantenimiento.	-Retorno de inversión con plazo en años y porcentaje anual. -Promedio de la facturación eléctrica en colones -Promedio de costos de mantenimiento anuales en colones.

Comparar el desempeño y las limitaciones de la propuesta de diseño respecto al sistema lumínico actualmente instalado, identificando las ventajas y desafíos de la implementación.	Las ventajas y desafíos técnicos, operativos, económicos o ambientales del sistema propuesto frente al existente	A través del conocimiento técnico de los miembros del Departamento de Mantenimiento se busca evidenciar la comparación de ambos sistemas.	1. Encuesta de Identificación de ventajas y desafíos de la propuesta (Anexo 1). 2. Cuadro Análisis comparativo de desempeño. (Anexo 2).	Porcentaje de percepción de efectividad del sistema propuesto Cantidad de beneficios y desafíos detectados.
--	--	---	--	--

Nota. Elaboración propia (2025).

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

VIABILIDAD TÉCNICA DE LA OPTIMIZACIÓN DE ILUMINACIÓN

Con el fin de determinar la viabilidad de la optimización del sistema de iluminación del parqueo del Hospital de San Rafael de Alajuela, al considerar un cambio del sistema actual a uno fotovoltaico, es que se consideran datos teóricos deseables, el estado existente, así como el análisis de las luminarias propuestas y los resultados esperados, por medio de una simulación en el software DIALux.

Validación y comparación de datos teóricos

En este apartado se buscan establecer los parámetros técnicos que puedan definir si una solución de iluminación puede o no cumplir con los requerimientos mínimos establecidos en espacios exteriores de uso público. El abordaje parte de la identificación de la normativa vigente, con el objetivo de regular los niveles mínimos de iluminancia, uniformidad lumínica, control de deslumbramiento y eficiencia energética para instalaciones como parqueos.

En el desarrollo del diseño lumínico requerido para el área de parqueo del Hospital San Rafael de Alajuela, resulta imprescindible considerar múltiples requerimientos técnicos, con el objetivo de asegurar el cumplimiento de estándares mínimos de iluminación. Algunos de estas consideraciones se encuentran en la norma UNE-EN 12464-2:2008, esta se constituye como una fuente de referencia esencial al regular las condiciones de iluminación de lugares de trabajo exteriores, incluyendo espacios de estacionamiento, accesos vehiculares y lugares de tránsito peatonal.

Dicha normativa establece parámetros cuantificables que deben de cumplirse a cabalidad para garantizar el confort visual, seguridad operacional y eficiencia energética. Entre los criterios normativos más relevantes se encuentra la iluminancia media mantenida (E_m), la uniformidad de iluminancia (U_o), así como el control deslumbramiento (GRL), además, aspectos cualitativos como la temperatura de color y el índice de reproducción cromática (R_a).

Para este caso específico, la norma indica que en aplicaciones de exteriores donde el reconocimiento de colores es importante, se debe utilizar fuentes de luz con un índice Ra de al menos 60, por lo que, no se requieren Ra altos para zonas donde el color no sea crítico, pero debe evitarse el uso de fuentes con Ra menor a 20, ya que pueden distorsionar fuertemente los colores (AENOR, 2008, p. 14).

La norma no exige una temperatura de colores específica, pero recomienda elegirla en función del entorno, por lo que, en zonas frías una luz más cálida puede proporcionar una sensación más confortable, mientras que, en zonas cálidas, se puede usar una luz más blanca o fría para dar una sensación de claridad, el uso de LED con temperatura de color entre 4000 K y 6000 K es común para exteriores (AENOR, 2008, p. 14).

Asimismo, la compatibilidad entre la temperatura de color y el entorno es de suma relevancia, con el objetivo de evitar contrastes visuales incómodos, por lo que, se recomienda que las luminarias en una misma zona contengan temperaturas de color similares. Esos parámetros se definen en función del uso específico del área, así como del nivel de exigencia visual que esta área conlleve.

En el caso particular de los parqueos, la norma UNE-EN 12464-2:2008 establece un nivel de iluminancia media mantenida (E_m) que comprenda entre 10 y 20 lux, sujeto al grado de circulación y de seguridad requerido. Por lo tanto, para zonas de uso general, la norma recomienda un mínimo de 10 lux, mientras que en zonas de alta circulación o acceso frecuente de personas, como en el caso de hospitales, se sugiere utilizar valores superiores al rango de 20 lux (AENOR, 2008, p. 21).

Por otra parte, la uniformidad mínima (U_o) requerida es de 0,25, lo cual significa que el punto de menor iluminancia no debe ser inferior al 25 % del promedio general, pues este indicador resulta fundamental para evitar zonas de penumbra que puedan comprometer la seguridad de los usuarios.

En la siguiente tabla se presentan los requisitos específicos de iluminancia y uniformidad para diversas áreas exteriores, incluyendo los parqueos, lo cual funciona como una referencia técnica para la validación del diseño propuesto en esta investigación.

Tabla 10

Requisitos de la calidad de la iluminación en exteriores, según UNE-EN 12464-2:2008

N° REF	TIPO DE ÁREA, TAREA O ACTIVIDAD	PARÁMETROS			
		$\bar{E}_m \text{ lux}$	U_o	GR_L	R_a
5.9.1	Tráfico ligero, por ejemplo, área de aparcamiento de tiendas, casas adosadas y edificios de apartamentos, parques de bicicletas.	5	0,25	55	20
5.9.2	Tráfico medio, por ejemplo, áreas de aparcamiento de almacenes comerciales, edificios de oficinas, plantas, complejos deportivos y multiusos.	10	0,25	50	20
5.9.3	Tráfico pesado, por ejemplo, áreas de aparcamiento de escuelas, iglesias, centros comerciales, complejos deportivos y multiusos importantes.	20	0,25	50	20

Nota. Elaboración propia (2025), basado en Asociación Española de Normalización (2008).

Este tipo de criterios permiten fundamentar técnicamente la simulación propuesta, mediante el uso de controles cruzados en los resultados obtenidos a través del software DIALux, lo cual garantiza que el diseño propuesto cumpla con los requerimientos aplicables y garantice la seguridad a los usuarios.

Análisis de luminarias

Con el fin de obtener la información necesaria para la simulación del sistema de iluminación fotovoltaico adecuado para el parqueo del Hospital de San Rafael de Alajuela, a través del software DIALux, es que se realiza una selección de las posibles luminarias en la propuesta.

La elección se da a partir de la disponibilidad en el mercado y las recomendaciones de empresas especializadas en iluminación, además de los costos, garantías y factores de mantenimiento, así como de la estética, integración al entorno y la integración al

software Dialux Evo, en relación con los parámetros de curvas de distribución de luz, eficiencia, temperatura de color, reproducción cromática, entre otros, lo que garantiza una simulación fiel a lo que se desea instalar físicamente (DIAL GmbH, 2025).

A partir del estudio de mercado realizado se reciben dos ofertas de luminarias, que son las que más se adecuan a la realidad requerida para el centro médico, las cuales corresponden a los modelos detallados en la siguiente figura.

Figura 15

Ofertas de luminarias para la propuesta



Nota. Elaboración propia (2025).

Para ambas opciones, se detallan las fichas técnicas en el Apéndice 1, ya que al realizar la revisión de estos documentos, se evidencia que existen diferencias sustanciales en su configuración, como, por ejemplo, la de la marca Ilukón, es un modelo “todo en uno”, lo que quiere decir que el panel, la batería, el módulo y la luz LED están

integrados en una sola unidad, a diferencia de este estilo se encuentra la de la marca Sylvania, donde estos componentes están por separado.

Por lo que, a pesar de que ambas luminarias pueden ser utilizadas en esta propuesta de diseño, se realiza un análisis comparativo de las características técnicas de ambas, el cual se observa en la siguiente tabla:

Tabla 11

Comparación de las características técnicas de las luminarias propuestas

CARACTERÍSTICA	SILVANIA – INTI SOLAR II 60W	ILUKON – SOLARIS STREETLIGHT WING 60W
Precio unitario	€284 000	€200 000
Flujo luminoso	12600 lúmenes	10500 lúmenes
Eficiencia luminosa	210 lm/W	Aprox. 175 lm/W
Altura de instalación recomendada	5-8 metros	4-6 metros
Tipo de sensor	Microondas (rango 10m, ángulo 65°)	PIR (rango ≤8m, ángulo 120°)
Autonomía	12 hrs (modo predeterminado)	35 hrs (modo mantenido al 60 %) 60 hrs (modo sensor)
Tipo de batería	LiFePo ₄ -32.7 Ah / 418.6 Wh- > 3000 ciclos	LiFePo ₄ .máx. 153.6 Wh -2000 ciclos
Controlador de carga	MPPT (eficiencia mejorada de carga solar)	No especificado (presumiblemente PWM básico)
Orientación del panel solar	Ajustable de -90° a +90°	Ajustable de 0° a 90°
Protección IP/IK	IP65/ IK08	IP65/ IK08

Peso	24.4 Kg	No especificado
Vida útil estimada del LED	50 000 horas	No especificado
Uso sugerido	Parques, parqueos, áreas institucionales, postes altos	Calles secundarias, zonas residenciales, postes bajos

Nota. Elaboración propia (basado en Apéndice 1).

Dentro del análisis para la selección del modelo de luminaria más adecuado al estudio de simulación en el software DIALux, así como de la optimización del sistema de iluminación se consideran los siguientes aspectos:

- **Flujo luminoso:** con respecto al flujo luminoso, la luminaria de marca Sylvania presenta una ventaja de al menos 16.67 % con respecto a la ofrecida por el modelo de Ilukon. Este valor indica una cantidad superior de luz emitida por unidad de tiempo, lo que se traduce en una mejor iluminación de las áreas, lo que favorece la visibilidad y seguridad durante horas de la noche.

- **Eficiencia lumínica:** con respecto a la eficiencia de la luminaria de Sylvania, esta alcanza alrededor de los 210 lm/W, lo que indica que supera en un 20 % la eficiencia de la marca Ilukon, por lo tanto, transforma de una manera más eficiente la energía en luz visible, derivando en un mejor aprovechamiento energético.

- **Capacidad de batería y vida útil:** la marca Sylvania cuenta con un 63 % de mayor capacidad y 33.3 % más de vida útil, con respecto al modelo ofrecido por Ilukon.

- **Tipo de configuración:** a pesar de que ambas opciones son recomendables, se prefiere la marca Sylvania, debido a que en caso de un posible fallo en la luminaria, al estar los elementos por separado, se pueden reemplazar únicamente los componentes afectados, sin la necesidad de sustituir la luminaria por completo.

- **Precio unitario:** si bien es cierto, el precio de la luminaria marca Sylvania es superior en un 29.58 %, este es un aspecto relevante en cuanto a la inversión e implementación, al analizar técnicamente ambas ofertas, pues las características referentes a esta marca son superiores.

Por último, es importante destacar que, al consultar con los proveedores de las luminarias, con respecto al tema de mantenimiento, la empresa Sylvannia señala que se requieren de labores de limpieza del panel solar y de la unidad como tal, además recalcan algunas recomendaciones para su colocación como la ubicación estratégica y el control de la vegetación circundante, esto se puede verificar en el Apéndice 2.

Valoración con software DIALux

Para realizar la valoración de lo que se puede esperar de la implementación de un sistema de iluminación fotovoltaico, se hace uso del software DIALux Evo, el cual es una de las herramientas más completas y reconocidas a nivel internacional en simulación y análisis de proyectos de iluminación. Dicho recurso, permite que arquitectos, ingenieros y diseñadores elaboren propuestas técnicas detalladas, tanto para espacios exteriores como para interiores, al integrar múltiples parámetros normativos y aspectos fotométricos avanzados. Por otra parte, su utilidad aumenta al ser compatible con catálogos de luminarias reales, lo que mejora notablemente la precisión de los resultados y permite dar viabilidad técnica de las propuestas diseñadas (DIALux, s.f.).

Una de las principales ventajas que ofrece este software es su capacidad para calcular y representar gráficamente distintos niveles de iluminancia (R_a) y uniformidad (UGR), además de brindar otros indicadores como el índice de reproducción cromática, deslumbramiento y distribución de luz en 3D.

Este tipo de parámetros proporciona insumos para la toma de decisiones antes de realizar una inversión, lo que resulta ventajoso en proyectos institucionales así como en hospitales. Además de que el software es gratuito y se actualiza regularmente, lo que la convierte en una alternativa accesible para profesionales en países en vías de desarrollo (DIALux, s.f.).

Finalmente, posee la posibilidad de integrar planos arquitectónicos en formatos (DWG, IFC y otros), con el fin de realizar simulaciones realistas, ya que considera aspectos como la geometría del entorno, altura, luminarias, sus curvas fotométricas y la

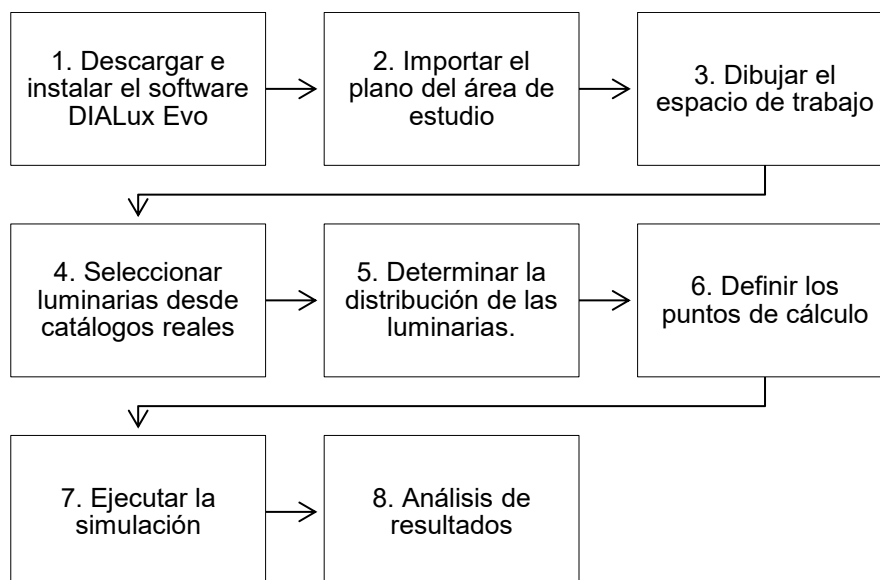
reflectancia de superficies. Asimismo, permite validar si los diseños cumplen con las normativas, en este caso en específico con la UNE-EN 12464-2:2008 para exteriores y permite la presentación visual de las valoraciones, lo que facilita la presentación de este tipo de informes ante autoridades clientes o equipos de trabajo (DIALux, s.f.).

En el contexto de esta investigación, el software DIALux Evo permite validar los niveles de iluminación proyectados para el área de parqueo del Hospital San Rafael de Alajuela, en concordancia con la normativa, lo que también fortalece la propuesta de rediseño desde un punto de vista técnico y además, proporciona la base para brindar una propuesta que optimice el sistema lumínico desde el eje económico y energético como herramientas que optimizan económica y energéticamente.

A continuación, se describe cada una de las etapas necesarias para implementar este diseño dentro del software, abarcando desde la instalación inicial hasta la generación del informe técnico final, por lo que, cada paso fue ejecutado cuidadosamente, con el objetivo de garantizar resultados fieles, replicables y fundamentados técnicamente.

Figura 16

Etapas de la simulación usando DIALux Evo



Nota. Elaboración propia (2025).

1. Descargar e instalar el software DIALux Evo

El primer paso consiste en obtener el software desde su sitio web, esta plataforma es gratuita y está disponible para sistemas Windows, por lo que, una vez descargado se procede con la instalación guiada por el asistente, lo cual permite disponer de las funciones necesarias para crear simulaciones lumínicas profesionales.

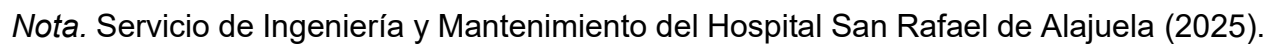
2. Importar el plano del área de estudio

Es necesario cargar el plano de referencia del área a iluminar, para este estudio se procede a facilitar en formato DWG, por lo que, al importarlo se facilita la ubicación precisa de elementos arquitectónicos y puntos de análisis, lo que permite asegurar una representación realista del entorno.

El plano arquitectónico fue obtenido del Servicio de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital San Rafael de Alajuela, mediante este es posible obtener la distribución arquitectónica y eléctrica actual del sistema lumínico del parqueo del centro médico.

En la siguiente figura se puede ver el detalle de este:

Plano arquitectónico del Hospital San Rafael de Alajuela



Luego de importar el plano, se procede a trazar la geometría del lugar de interés para la simulación, en este caso en específico son exteriores destinados a áreas de circulación vehicular y peatonal, estas se encuentran indicadas detalladamente en el plano arquitectónico.

A continuación, se detalla el área trazada:

Figura 18

Área de interés para la valoración



Nota. DIALux Evo (2025).

4. Seleccionar luminarias desde catálogos reales

Como se mencionó anteriormente y bajo el análisis de las fichas técnicas de dos luminarias, donde se describen sus principales características es que se elige el modelo Silvania-INTI SOLAR II 60W.

5. Distribución de luminarias.

Una vez definido el modelo de luminaria a utilizar, lo siguiente es determinar la distribución en la simulación, por lo tanto, es necesario establecer las ubicaciones,

alturas, ángulos de inclinación y de dirección, entre otros. Esto permite ajustar la cobertura lumínica, de acuerdo con los requerimientos de cada espacio, lo que a su vez optimiza las cantidades de unidades requeridas y su disposición para alcanzar los niveles de iluminación adecuados.

Para este proyecto, se considera mantener la distribución actual de las ubicaciones de los postes de iluminación, ya que permite conservar la estructura de soporte ya existente. Esto responde a una serie de criterios de eficiencia económica y constructiva, con lo cual se desea evitar inversiones en la adquisición y reemplazo de los postes antiguos, que se encuentran en un óptimo estado.

Adicionalmente, se realizan ajustes de acuerdo con los requerimientos de iluminación en diferentes zonas, por lo que, el número de luminarias puede que se incremente o disminuya, dependiendo de los valores obtenidos.

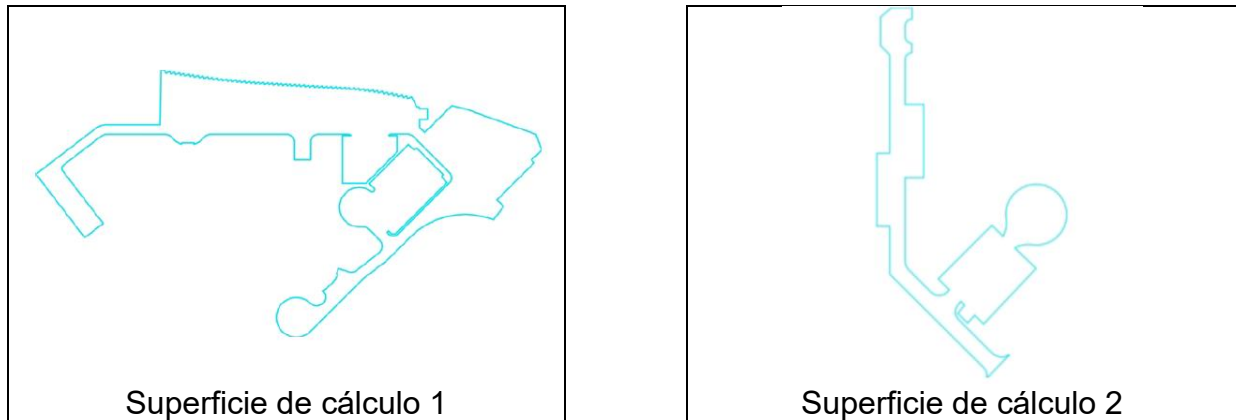
6. Definir los puntos de cálculo

Seguidamente, se establece una cuadrícula o una serie de puntos sobre la superficie que se desea analizar, estos puntos son claves para calcular valores como la iluminancia media, mínima y máxima. Para este estudio se han definido dos superficies de cálculo, estas están ubicadas estratégicamente en distintas áreas del parqueo, así como la posición de una y otra, con una altura media mínima de 5 metros.

En la siguiente figura se aprecia las dos superficies de muestreo:

Figura 19

Puntos de interés para la valoración



Nota. DIALux Evo (2025).

7. Ejecutar la simulación

Una vez completos los pasos anteriores, se ejecuta la simulación y se analiza el comportamiento de la luz en el espacio modelado, para lo cual se generan datos cuantitativos y visualizaciones gráficas que permiten realizar una valoración del diseño en torno al cumplimiento con los requerimientos funcionales de seguridad y normativos.

En este caso, los valores obtenidos inicialmente no cumplieron con lo normado, por ende, se procedió a editar aspectos varios como la cantidad, ubicación de las luminarias y dirección, entre otros, por lo que, estos pequeños ajustes afinaron la simulación y permitieron optimizar el diseño hasta cumplir con los requerimientos mínimos en función de la normativa.

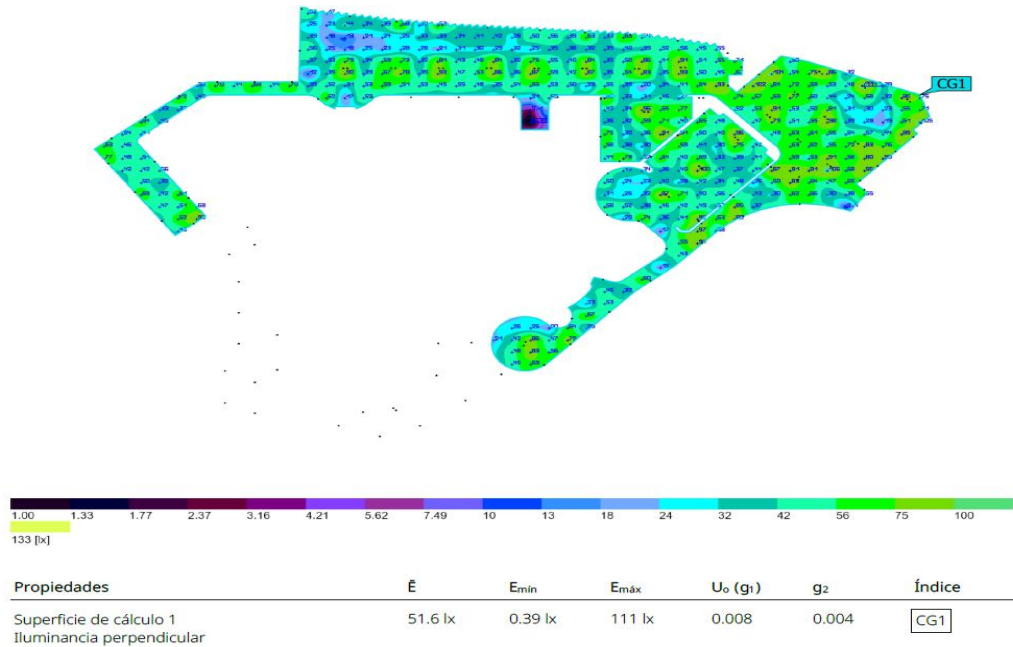
8. Análisis de resultados

De la simulación generada se realizó la extracción de los valores obtenidos mediante el análisis fotométrico realizado en las dos superficies, visualmente se obtiene

el siguiente mapa de calor, donde se detallan las propiedades del sistema de iluminación, que son de relevancia para evaluar el desempeño del sistema de iluminación propuesto.

Figura 20

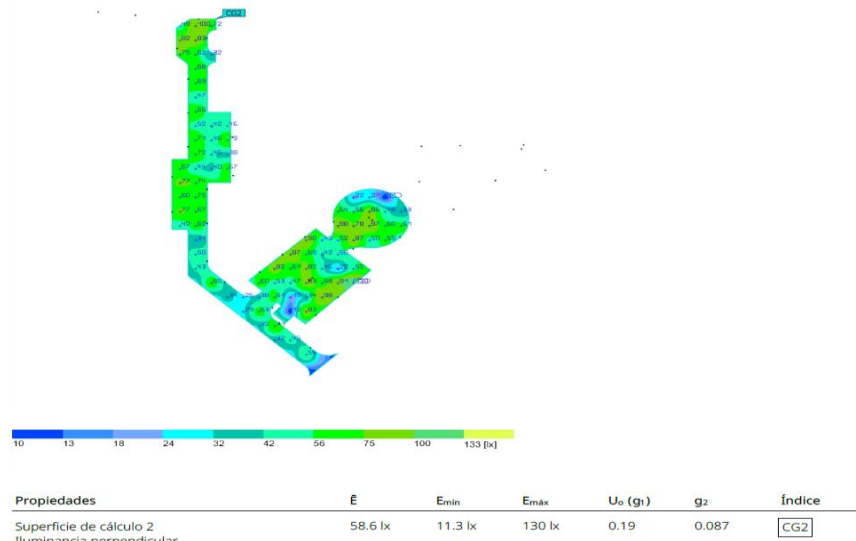
Resultados obtenidos de la simulación de la superficie 1



Nota. DIALux Evo (2025).

Figura 21

Resultados obtenidos de la simulación de la superficie 2



Nota. DIALux Evo (2025).

Tras la obtención de los resultados mediante el software, se procede a contrastar con valores mínimos establecidos por la normativa aplicable en iluminación exterior, por lo que, este análisis permite validar técnicamente el diseño y verificar que los niveles de iluminación, uniformidad y cantidad lumínica estén dentro de los rangos normados.

A continuación, en la tabla se detallan los valores para cada una de las superficies:

Tabla 12

Valores obtenidos de iluminación

RESULTADO	E (LX)	E_{min} (LX)	E_{max} (LX)	$U_0 (G_1)$	g_2	Donde:
Superficie 1	51,6	0,39	111	0,008	0,004	E_{min} (lx): Iluminancia mínima
						E_{max} (lx): Iluminancia máxima
Superficie 2	58,6	11,3	130	0,19	0,087	$U_0 (g_1)$: Uniformidad general
						g_2 : Índice de desuniformidad suplementaria

Nota. Elaboración propia (2025).

Es importante destacar que, para ambas superficies los valores de iluminancia media (E_m), registran resultados por encima de los 50lx, lo cual garantiza la visibilidad adecuada tanto para los usuarios en vehículos como los peatones, esto debido a que para este tipo de zonas de tránsito se recomiendan entre 10 y 20 lx, por lo que, se supera el estándar.

Por otra parte, la iluminancia mínima (E_{min}) tanto para la superficie 1 como para la superficie 2 reflejan valores muy bajos, en comparación con el valor máximo (E_{max}) que supera los 100 luxes, lo que significa que se presenta una distribución desigual. Esta diferencia entre valores mínimos y máximos es común en espacios abiertos, más cuando se da una distribución asimétrica de las luminarias, por lo que, este aspecto siempre es el esperado, ya que por lo general el diseño de los inmuebles en su etapa constructiva se adecua al terreno, buscando el máximo aprovechamiento de este, no en obtener simetría.

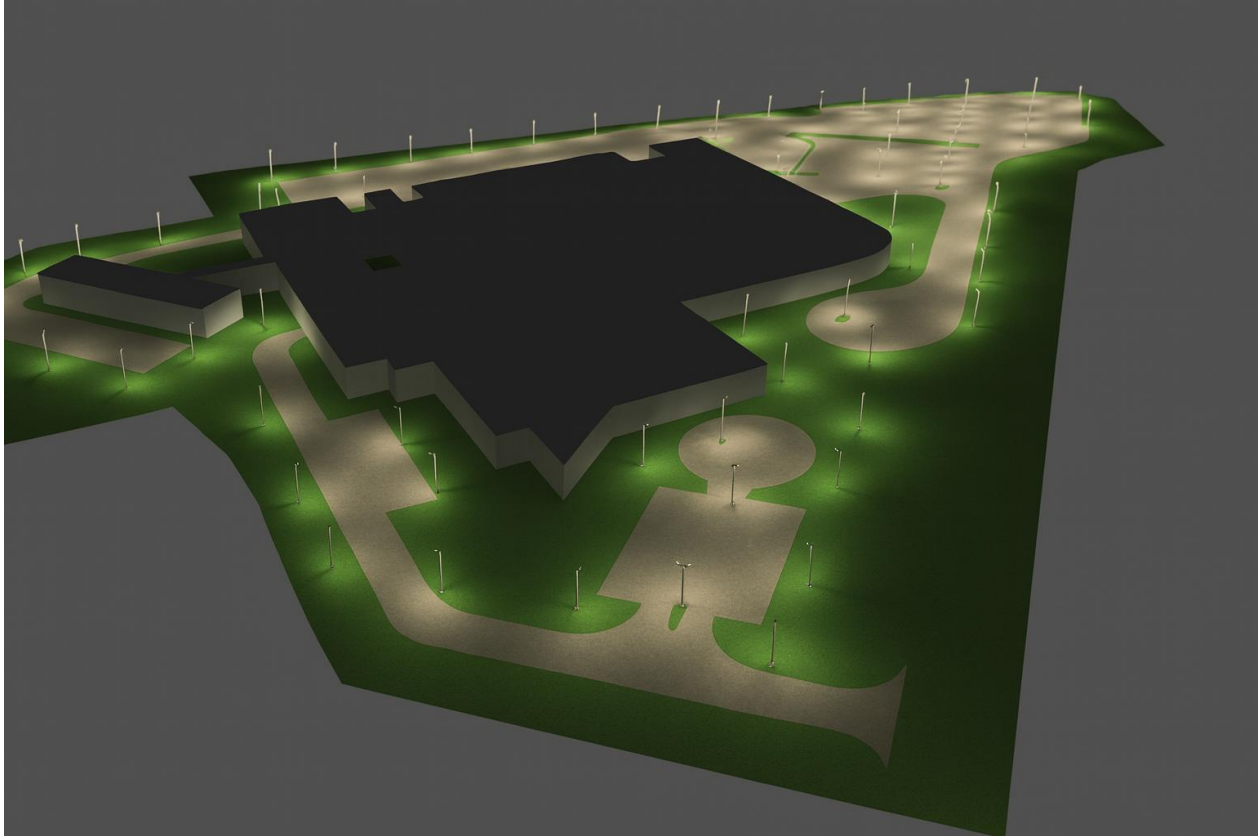
En relación con la uniformidad general (U_0) se obtuvieron resultados por debajo de los 0,1, lo que indica que la iluminación no es homogénea y por lo tanto, pueden existir zonas que no cumplen con criterios de confort visual.

Los valores g_2 representan una medida complementaria a la uniformidad en las áreas con criterios diferenciados, por lo que, el obtener valores de 0.004 y 0.087 en las superficies respectivamente, en todos los muestreos, indica que no fueron detectadas fluctuaciones graves y que posiblemente se pueden deber a sombras parciales o diferencias en temas de orientación o a la presencia de obstáculos.

A pesar de ello, esto no contradice el requerimiento de revisar más a detalle la distribución espacial de las luminarias o ajustar su orientación, con el objetivo de mejorar la homogeneidad. Por lo que, en la siguiente figura es posible visualizar el sistema de iluminación propuesto en formato 3D:

Figura 22

Sistema de iluminación propuesto en formato 3D



Nota. DIALux Evo (2025).

ANÁLISIS DE INVERSIÓN

En esta sección se busca analizar la factibilidad del cambio del sistema de iluminación tradicional en el parqueo del Hospital San Rafael de Alajuela a uno fotovoltaico, en cuanto a factores como costos iniciales, ahorros energéticos y de impacto económico.

Estudio de mercado

Este estudio lo que busca es conocer las opciones disponibles en el mercado nacional, en relación con la luminarias y accesorios necesarios para la implementación del sistema de iluminación fotovoltaico. Según Rodríguez (2021), el análisis de condiciones comerciales, características técnicas y precios constituyen una herramienta clave para la formulación de cualquier proyecto y mediante estos se puede optimizar el uso de recursos.

Para la realización de la formulación de un proyecto de inversión de este tipo, el llevar a cabo un estudio de mercado constituye una fase crucial, ya que permite determinar las condiciones comerciales del mercado (Rodríguez, 2021). Para este caso puntual se realiza dicho estudio a tres empresas nacionales especializadas en el sector lumínico del mercado nacional, estas se detallan a continuación:

Figura 23

Proveedores consultados



Nota. Elaboración propia (2025).

Ante la consulta se obtiene respuestas parciales de Sylvania y Circuito 5, con las que es posible obtener un estimado del monto total requerido para la implementación de la propuesta.

Por lo que, con base en el estudio de mercado realizado y la información brindada por parte de proveedores afines a sistemas de iluminación fotovoltaica, es posible obtener

datos de las luminarias requeridas del modelo INTI SOLAR II 60W 5K 12600LM, así como de los postes metálicos para su instalación.

Las propuestas de mercado ofrecen dos referencias para proporcionar costos aproximados de la inversión inicial. Ambos insumos no brindan la totalidad de los precios de los elementos requeridos de instalación, ya que no cotizan en su totalidad los productos, esto se puede evidenciar en el apéndice 3.

Por ende, se utilizan precios individuales de ambas para obtener el monto requerido, el cual se expresa en la siguiente tabla, donde según la simulación realizada en el software DIALux se requieren de 150 luminarias y 50 postes adicionales a los ya existentes.

Tabla 13

Valores obtenidos de iluminación

LÍNEA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (COLONES)	TOTAL, NETO (COLONES)
1	INTI SOLAR II 60W 5K 12600LM	150	¢320 000,00	¢48 000 000,00
2	Servicio de instalación, de postes	50	¢550 000,00	¢27 500 000,00
TOTAL				¢75 500 000,00

Nota. Elaboración propia (2025).

Por lo tanto, la inversión inicial aproximada es de ¢75 500 000,00. Esta cantidad se debe considerar dentro del cálculo del retorno de inversión que se refleja más adelante.

Costos de consumo

Por otra parte, es importante considerar dentro del análisis del retorno de inversión, los datos históricos de consumo eléctrico, la tarifa eléctrica y costos asociados, ya que esta información permite visualizar los beneficios financieros de la implementación de la propuesta de diseño lumínico.

Por lo que, de acuerdo con la facturación disponible del periodo de febrero a abril del 2025, presente en el Apéndice 4, se realiza un promedio de los consumos, demandas y costos asociados al uso de la energía eléctrica, de donde se alimenta el sistema de iluminación actual, por tanto, en la siguiente tabla es posible detallar dicha información:

Tabla 14

Valores relacionados a la facturación eléctrica, periodo febrero-abril 2025.

CATEGORÍA	VALOR
Código NISE	7577
Ubicación	Hospital San Rafael de Alajuela
Consumo mensual promedio (kWh)	490,000 a 545,000
Demanda máxima mensual (kW)	Hasta 984.85
Factor de potencia promedio	0.90 - 0.93
Costo promedio mensual energía (En colones)	¢15,000,000
Costo promedio mensual demanda (En colones)	¢19,000,000
Alumbrado público mensual (En colones)	¢153,000
Total, mensual promedio (En colones)	¢34,500,000
Proyección anual estimada (En colones)	¢414,000,000 - ¢464,000,000
Promedio anual usado para estimación (En colones)	¢440,000,000

Nota. Elaboración propia (2025), basado en el Apéndice 4.

En la tabla anterior es posible observar los diversos montos y costos económicos asociados al promedio mensual por consumo de energía eléctrica, para este caso específico suministrada por el Instituto Nacional de Electricidad (ICE). Este es un aspecto que se ve directamente influenciado por aquellas iniciativas de eficiencia energética dentro de las instalaciones del Hospital San Rafael de Alajuela, como es el caso de esta propuesta.

Es importante destacar que, el rubro correspondiente al alumbrado público es un monto fijo regulado por ARESEP (Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos), el cual se cobra a todos los usuarios por igual y no depende del consumo individual.

Un segundo valor de suma relevancia es el costo promedio mensual de demanda, este rubro refleja los picos altos de demanda, por ejemplo, al encender varios equipos simultáneamente o cuando existe un consumo energético significativo en distintos periodos del día, donde el valor promedio del kilowatt hora (kWh) se incrementa considerablemente.

Para el periodo de febrero a abril del 2025 se obtienen los consumos evidenciados en la tabla a continuación:

Tabla 15

Valores relacionados a la facturación eléctrica, periodo febrero-abril 2025.

MES	CONSUMO (KWH)	COSTO X (KWH)	TOTAL
Febrero 2025	489 777	¢27,89	¢13 651 899,28
Marzo 2025	544 363	¢27,87	¢15 174 558,06
Abril 2025	527 885	¢27,91	¢14 730 660,43
Promedio	520 675	¢27,91	¢14 519 039,26

Nota. Elaboración propia (2025), basado en el Apéndice 4.

Para este estudio, no se cuenta con un analizador de energía instalado en un sitio, específicamente para el sistema de iluminación del parqueo, por lo que, esta herramienta resulta ser práctica y funcional para la obtención de datos precisos sobre temas de consumo y comportamiento energético.

Por lo tanto, se opta por una metodología alternativa basada en cálculos matemáticos y principios técnicos básicos de circuitos eléctricos, esto a partir de la recopilación de estimaciones de las luminarias instaladas en sitio, como su potencia nominal, número de unidades y horario de funcionamiento.

Esto coincide con Rodríguez (2021), que avala el uso de instrumentos alternativos ante la ausencia de herramientas tecnológicas cuando menciona lo siguiente:

En ausencia de instrumentos especializados, se puede recurrir a métodos de estimación técnica basados en datos de catálogo, suposiciones realistas y principios fundamentales de ingeniería, siempre que estos sean consistentes y estén debidamente justificados (p. 28).

Por lo tanto, para efectos del cálculo de consumo del sistema de iluminación del parqueo del centro médico, se establecen los siguientes datos teóricos en la tabla:

Tabla 16

Datos teóricos de consumo para cálculos

CONCEPTO	VALOR	UNIDAD DE MEDIDA
Potencia por lámpara	100	Watts
Cantidad de lámparas	96	Unidad
Horas de uso diario	13	horas
Días de uso mensual	30	Días

Nota. Elaboración propia (2025).

Asimismo, en la siguiente tabla se detallan otros valores requeridos para el cálculo matemático del consumo del sistema de iluminación, los cuales son aportados por la facturación mensual eléctrica del ICE.

Tabla 17

Datos requeridos para el cálculo de consumo brindados en la facturación

CONCEPTO	VALOR	UNIDAD DE MEDIDA
Factor de potencia	0.915	
Tensión nominal del sistema	208	Voltios
Costo promedio del kWh	27,88	Colones

Nota. Elaboración propia (2025), basado en el Apéndice 4.

Seguidamente, se expresa una serie de cálculos matemáticos para determinar el consumo monetario del sistema de iluminación del parqueo del Hospital San Rafael de Alajuela, tal y como se detalló anteriormente. Para ello, se basa en lo expresado por Chapman (2012) en su publicación *Máquinas Eléctricas*.

Por lo que, con el fin de determinar la potencia aparente total (S), se realiza una modificación a la fórmula $S = VI$, por lo que, se obtiene lo siguiente de la ecuación 1, basado en lo expresado en la tabla 16:

$$\text{Ecuación (1)} \quad S = P_{\text{Lampara}} * C_{\text{Lamparas}} = 100 \text{ W} * 96 = 96\,000 \text{ VA}$$

Donde:

S =potencia aparente (VI).

$P_{Lampara}$ = Potencia por lámpara en (kW).

$C_{Lamparas}$ = Cantidad de lampara en (unidades).

Una vez obtenido el valor de la potencia aparente (S) de 96 000 VA, se puede calcular la potencia activa (P), la cual se expresa a continuación en la ecuación 2 y se basa en los datos detallados en la tabla 17:

$$P = S * \cos\phi$$

Ecuación (2)

$$P = 96\,000\,VA * 0,915 = 8784\,W = 8,784\,kW$$

Donde:

P = Potencia activa en (w).

S = Potencia aparente en (VA).

$\cos\phi$ = Factor de potencia (adimensional).

El paso siguiente corresponde a realizar el cálculo de consumo mensual (energía activa), mediante la fórmula de la ecuación 3 y para ello, es necesario el resultado de la ecuación 2 y de los datos expresados en la tabla 16:

$$E = P * t_d * d_m$$

Ecuación (3)

$$E = 8,784\,kW * 13\,h * 30\,dias = 3425.52\,kWh$$

Donde:

E = Energía mensual en kilovatios hora (kWh).

P = Potencia activa en kilovatios (kW).

td: Horas de uso diario (h).

dm: Días de uso mensual (días).

Por último, para obtener el costo mensual de la energía, propiamente del sistema de iluminación y basado en los cálculos anteriores, se puede determinar este valor mediante la ecuación 4:

$$C = E * CP$$

Ecuación (4)

$$\text{Costo} = 3425,52 \text{ kWh} * \text{¢}27,88 = \text{¢}95\,483,51$$

Donde:

C = Costo mensual estimado en colones (¢).

E = Energía mensual en kilovatios hora (kWh).

CP = Costo promedio del kWh en colones (¢/kWh).

A partir de estas ecuaciones y arreglos matemáticos, se logra determinar que el consumo eléctrico mensual aproximado para el sistema actual ronda los ¢95,483.51, esto representa anualmente un monto aproximado anual de ¢1,145,802.12.

Por lo tanto, este valor se utiliza para el cálculo del retorno de inversión.

Tabla 18

Valores estimados para el sistema de iluminación del parqueo

CONCEPTO	VALOR ECONÓMICO (COLONES)	UNIDAD DE MEDIDA
Consumo energético actual mensual estimado	3 425,52	kWh
Costo energético mensual estimado	¢95 483,51	Colones por mes

Nota. Elaboración propia (2025).

Actualmente, el sistema de iluminación del área de parqueo del hospital San Rafael Alajuela trabaja completamente conectado a la red eléctrica, bajo una tarifa institucional que se encuentra en el rango promedio de ₡27,88 por kWh, que se obtiene a partir de la facturación eléctrica del centro médico y que depende de factores como horario de consumo, niveles de tensión y otros, todos regulados y establecidos por la ARESEP.

Este tipo de tarifa no sólo incluye el costo de la energía consumida, sino que comprende cargos varios por potencia contratada, uso de redes alumbrado, entre otros conceptos complementarios.

Por lo que, con la posible implementación del sistema propuesto en este estudio, el centro médico no debe contemplar dentro de la facturación eléctrica, consumos generados por la iluminación del parqueo. Esto implica que en este sistema específicamente la tarifa proyectada sea cero colones por kilowatt hora (kWh), ya que en este caso, las luminarias solares operan de forma totalmente autónoma, sin conexión a ningún tipo de red eléctrica.

Este tipo de luminaria opera de forma totalmente autónoma, mediante la utilización de energía solar, por lo que, esta energía es captada a través de paneles solares integrados y almacenada en baterías internas, lo cual permite la independencia de energía eléctrica convencional. Este aspecto no sólo representa un ahorro significativo a nivel económico a mediano y a largo plazo, sino que también permite reducir la demanda en energética institucional y con esto, contribuir a los objetivos de carbono neutralidad, así como de sostenibilidad ambiental, ambos gestados a nivel estatal.

Basado en lo anterior, la proyección tarifaria cambia de un esquema de pago mensual a uno que contempla únicamente los costos de inversión inicial y aquellos

referentes al mantenimiento preventivo, esto representa una transición importante en el modelo de gestión de energía institucional.

Costos de mantenimiento

Como se mencionó anteriormente, dentro de los costos recurrentes que puede presentar el sistema de iluminación propuesto, se encuentran los recursos financieros invertidos en la conservación de este sistema, específicamente aquellos relacionados al mantenimiento, repuestos y accesorios.

Para el sistema de iluminación actual, durante los últimos meses el centro médico ha incurrido en inversiones considerables en estos rubros, debido al estado en que se encuentra estas instalaciones. Gracias a la información suministrada por el hospital, es posible dar cierta trazabilidad al tiempo invertido por parte del personal técnico en labores de mantenimiento, en el área de parqueos y los costos aproximados.

A continuación, se presenta un resumen de los datos consolidados, de acuerdo con las órdenes de trabajo emitidas entre agosto 2024 a marzo 2025, esta se muestra únicamente con el nombre de “Técnico de mantenimiento”, ya que por políticas de confidencialidad de la institución no se cuenta con autorización por parte de dicho personal para la publicación de sus datos personales.

Tabla 19

Órdenes de trabajo para el área de parqueos

FECHA INICIO	FECHA FINALIZACIÓN	NÚMERO DE ORDEN	TÉCNICO	HORAS	COSTO TOTAL TRABAJO
01/08/2024	31/12/2024	2152024	N°1	5	¢42 130,00
01/09/2024	30/09/2024	2162024	N°1	14	¢117 964,00
01/09/2024	30/09/2024	2162024	N°2	7	¢58 982,00

01/10/2024	19/11/2024	2172024	N°1	8	€67 408,00
04/11/2024	31/12/2024	2182024	N°1	19	€160 094,00
01/12/2024	31/12/2024	2192024	N°1	6	€50 556,00
01/02/2025	03/03/2025	7502025	N°3	25	€210 650,00
01/02/2025	03/03/2025	7502025	N°1	5	€42 130,00
03/03/2025	07/04/2025	7512025	N°3	2	€16 852,00
TOTAL				91	€749 914,00
PROMEDIO MENSUAL				22,75	€ 191 691,50
PROMEDIO ANUAL				273	€2 300 298,00

Nota. Elaboración propia (2025), basado en el Servicio de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital San Rafael de Alajuela (2025).

Por lo tanto, a partir de la tabla anterior es posible estimar un promedio mensual para los trabajos de mantenimiento de 22.75 horas hombre, lo que representa a su vez un promedio mensual de € 191.691.50 por costos de mano de obra. A su vez, a través de estos datos se puede realizar una proyección de consumo anual de aproximadamente 273 horas anuales, lo que simboliza alrededor de €2.300.298,00 anuales, por lo que, este dato es de relevancia para obtener el dato del retorno de la inversión.

Estas cifras contemplan únicamente la mano de obra, por lo que, no se incluyen repuestos, consumibles, herramientas ni otros insumos necesarios para la realización de los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo.

Es por ello, por lo que, seguidamente se analizan las inversiones realizadas en repuestos y accesorios, que también son indispensables para la operación del sistema lumínico del área de parqueo. Estas adquisiciones gestionadas por parte del HSRA se realizaron mediante la contratación número 2024LD-000001-0001102205 y bajo la modalidad de compra según demanda, mediante el Sistema Integrado de Compras Públicas de Costa Rica (SICOP).

Dichas órdenes de pedido han sido procesadas en el último cuatrimestre del 2025, lo que evidencia una gestión periódica realizada por el área de Servicio de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital San Rafael de Alajuela, cuyo objetivo es cubrir las necesidades operativas relacionadas con las luminarias y componentes auxiliares, las cuales son necesarias para garantizar el correcto funcionamiento del sistema lumínico.

Tabla 20

Procesos de compra de insumos para iluminación

NÚMERO DE LICITACIÓN	Nº DE ORDEN DE PEDIDO	FECHA DE ELABORACIÓN	MONTO ESTIMADO
2024LD-000001-0001102205	822025220500498	04/4/2025	₡388.001,60
	822025220500030	07/1/2025	₡336.140,00
Total			₡724.141,60

Nota. Elaboración propia (2025), basado en Servicio de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital San Rafael de Alajuela (2025).

Por lo tanto, al establecer un análisis integral de los costos obtenidos del último semestre para accesorios y repuestos del sistema de iluminación, se puede deducir una proyección anual de consumo, previendo que estos valores se mantienen en el año y es por ello, por lo que, el monto total proyectado y esperado es de aproximadamente ₡3.024.439,60, dato que es necesario dentro del cálculo del retorno de la inversión.

Retorno de inversión

Primeramente, es necesario comprender que a nivel empresarial y comercial existen diversas maneras de calcular el retorno de la inversión (ROI), ya que varía según el tipo de inversión, objetivos y tiempos.

En este caso particular, se realiza el análisis de este inciso a partir del ahorro operativo, en concordancia con el objetivo de este proyecto, el cual no busca generar ingresos directos, sino reducir el consumo energético actual, por lo que, mediante la sustitución de las luminarias alimentadas con energía eléctrica convencional a una más eficientes y autónomas, estas son alimentadas por energía solar. Este tipo de valoración permite validar financieramente la inversión económica, al considerar los costos que dejarán de incurrirse como un beneficio tangible para la institución (Rodríguez, 2021).

Para la formulación del ROI de ahorro operativo se evaluará mediante la siguiente ecuación:

Ecuación (5)
$$ROI = \left(\frac{\text{Ahorro anual estimado}}{\text{Inversion total del sistema}} \right) \times 100$$

Por lo tanto, los resultados obtenidos anteriormente de inversión, consumos y mantenimientos, establecen los costos por inversión y ahorros estimados ante la propuesta del cambio de luminarias, lo que permite contar con un panorama más completo con respecto a la viabilidad económica del proyecto.

Por ello, para realizar este cálculo del retorno de inversión, se presentan en la siguiente tabla, aquellos resultados obtenidos que son relevantes para esta formulación:

Tabla 21

Procesos de compra de insumos para iluminación

ÍTEM	CONCEPTO	Valor económico (colones)
A	Costo energético anual estimado	¢1 145 802,12
B	Costo promedio anual de mantenimiento (mano de obra)	¢2 300 298,00
C	Costo anual en repuestos y accesorios	¢3 024 439,6
	Ahorro anual estimado (A+B+C)	¢6 460 539 72

Nota. Elaboración propia (2025).

A partir de los datos generados en los apartados anteriores, es posible realizar el cálculo del ROI en función del ahorro operativo y de la inversión inicial del cambio de las luminarias para el área de parqueo, esto mediante la ecuación 5 donde:

$$ROI = \left(\frac{₡6,460,539.72}{₡75\,500\,000,00} \right) \times 100 = 8.56\%$$

Lo que determina que anualmente es posible recuperar un 8.56 % del capital invertido, gracias al ahorro energético, repuestos y mantenimiento. Por lo que, a pesar de que la inversión inicial aproximada ronda los ₡75 500 000,00 colones, este porcentaje de retorno representa un ahorro estimado anual de ₡6 460 539,72 colones, lo que equivale a una recuperación del capital inicial invertido en un plazo aproximado de entre 11 a 12 años.

Este resultado recalca la importancia de considerar la implementación del sistema propuesto, ya que permite la independencia total de la red eléctrica en este sector, asimismo, reduce el consumo eléctrico mensual en aproximadamente ₡95 483,51 colones, además de la deducción de los gastos recurrentes por mantenimiento correctivo y preventivo, debido a que las luminarias propuestas son libres de este proceso, lo que representa un costo aproximado de ₡2,300,298.00 de colones anuales en mano de obra.

Es importante mencionar que, a pesar de que, para este trabajo de investigación, no se considera la inflación como variable del cálculo del ROI, esta decisión se justifica debido a su variabilidad y a la complejidad de proyectar a mediano y largo plazo su incremento o reducción.

Por lo que, en alguna medida está ligado a agentes externos como políticas económicas gubernamentales, inversión estatal en infraestructura, crisis sanitarias, emergencias, así como fluctuaciones en el mercado internacional. Por tal motivo, el análisis de este indicador se vuelve impredecible y se realizan las proyecciones lo más lineales y conservadoras posibles.

DESEMPEÑO DE LA OPTIMIZACIÓN DE ILUMINACIÓN

En este apartado del análisis se busca valorar las ventajas y desafíos que presenta la implementación de la propuesta del nuevo sistema de iluminación alimentado por energía solar fotovoltaica para el área de parqueo del Hospital San Rafael de Alajuela.

Para ello, se consideran aspectos técnicos y prácticos del aporte del nuevo sistema, en temas de eficiencia energética, seguridad y visibilidad, así como los posibles obstáculos en la implementación de este, en temas de costos, mantenimientos y compatibilidad con la estructura existente.

Percepción del desempeño

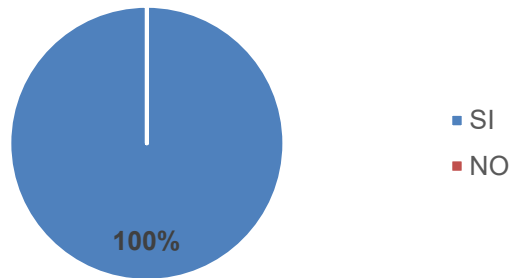
Con el fin de conocer la percepción del posible desempeño de la propuesta para el cambio de las luminarias en el área de parqueo, se obtienen los siguientes resultados en relación con la aplicación de la encuesta, dichas respuestas se pueden visualizar en el Anexo 1.

Esta herramienta se aplica a cinco personas que conforman el área técnica del Departamento de Servicio de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital San Rafael de Alajuela, los cuales responden según su percepción.

Ante la primera pregunta de ¿Cree que la implementación de un nuevo sistema de iluminación solar fotovoltaica mejorará la eficiencia energética del centro médico? se obtiene el siguiente dato:

Figura 24

Percepción del mejoramiento de la eficiencia energética



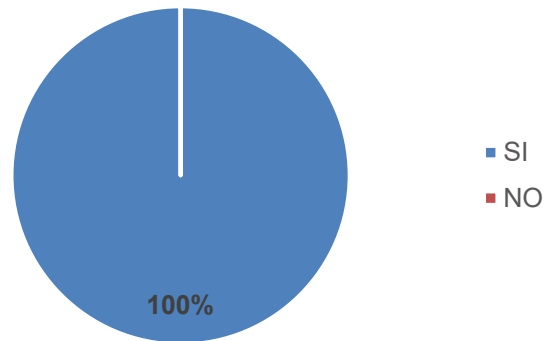
Nota. Elaboración propia (2025).

Las personas consultadas coinciden en que la propuesta del cambio de luminarias del sistema actual a uno alimentado con energía solar, puede beneficiar la eficiencia energética de la institución.

Además, este comportamiento se repite con la consulta relacionada a ¿Considera que el sistema propuesto de iluminación permitirá una adecuada visibilidad?, cuyo resultado se puede observar en la siguiente figura.

Figura 25

Percepción del mejoramiento de la visibilidad

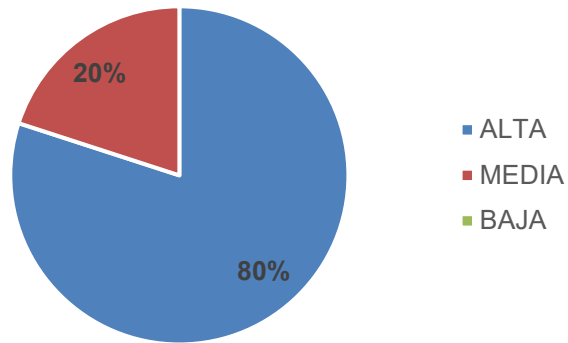


Nota. Elaboración propia (2025).

En cuanto a la pregunta de ¿Cree que este cambio contribuirá a la seguridad?, cuatro de las cinco personas consultadas indican que su impacto es alto y solo una indica que percibe que es medio. Esta distribución de las respuestas se puede visualizar porcentualmente en la siguiente figura.

Figura 26

Percepción de la contribución a la seguridad

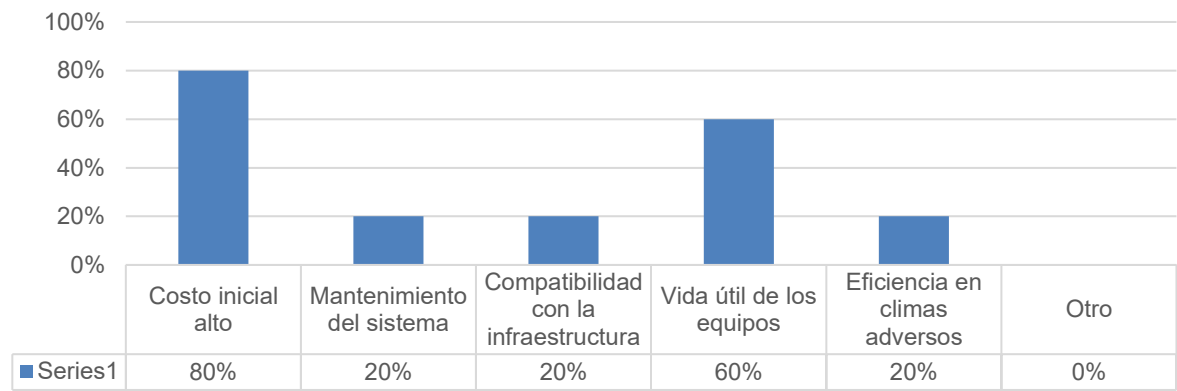


Nota. Elaboración propia (2025).

Por lo que, los funcionarios a nivel técnico relacionados con la posible implementación de la propuesta, consideran que si hay un impacto ventajoso para la seguridad. Adicionalmente, son conscientes de que es posible que existan algunos obstáculos para su desarrollo, entre los que destacan los presentes en la siguiente figura.

Figura 27

Principales desafíos percibidos de la propuesta

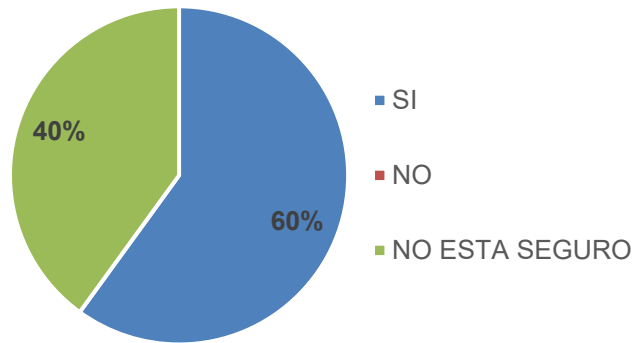


Nota. Elaboración propia (2025).

Dentro de los desafíos que han sido percibidos como los que más destacan por parte del personal, son los costos iniciales con un 80 % y la vida útil de los equipos con 60 %. Las otras razones con un 20 % cada una de ellas están relacionadas al mantenimiento, compatibilidades y eficiencias en climas adversos. Por último, se consulta acerca de la opinión de si la implementación del sistema se justifica en términos de ahorro energético y beneficios, a lo cual se obtiene los siguientes resultados.

Figura 28

Percepción de la justificación de la propuesta en ahorro energético y otros beneficios



Nota. Elaboración propia (2025).

La figura anterior permite concluir que tres de las cinco personas consultadas, consideran que la propuesta puede ser acogida con la justificación del ahorro energético y otros beneficios afines; sin embargo, dos de ellas no están seguras si esto sea suficiente.

Dentro de los comentarios recibidos de la aplicación de la herramienta destacan algunas sugerencias como el considerar la implementación en otras áreas ajenas a parqueos, esto para la prevención de robos y hurtos de forma más integral.

Por otra parte, que se considere algún presupuesto para mantenimiento, ya que en algún momento se va a requerir algún accesorio relacionado al sistema o bien, a luminarias adicionales.

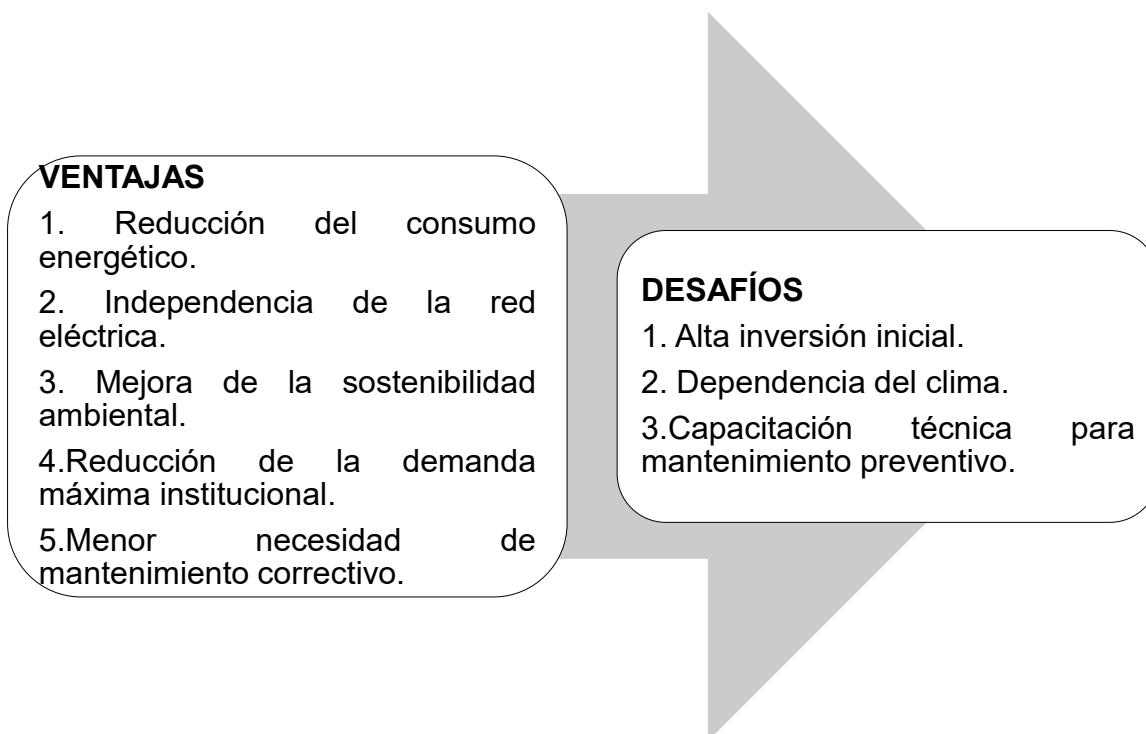
La fuente de información para este inciso se basa en experiencias propias y vividas a lo largo de los años como personal ingenieril, encargados de las múltiples disciplinas del servicio de ingeniería y mantenimiento y como usuarios directos del sistema en mención.

Ventajas y desafíos de la optimización

Con los insumos recibidos de la aplicación de la herramienta detallada en el apartado anterior, así como de la revisión bibliográfica y de experiencias relacionadas con los sistemas en análisis (actual y fotovoltaico), se determinan las siguientes ventajas y desafíos, los cuales se recopilan en la siguiente figura.

Figura 29

Ventajas y desafíos del sistema fotovoltaico



Nota. Elaboración propia (2025).

Cada uno de estos componentes detectados a nivel de ventajas y de desafíos se detallan a continuación, ya que se brindan detalles de sus implicaciones con la propuesta

en específico para el cambio de luminarias en el parqueo del Hospital San Rafael de Alajuela.

VENTAJAS

1. *Reducción del consumo energético*

Al realizar una comparación entre el sistema lumínico actual versus la propuesta realizada, se puede apreciar como la reducción del consumo energético es uno de los aspectos más relevantes, en cuanto a indicadores de desempeño. Estos datos se logran apreciar a partir de los valores históricos del consumo eléctrico actual, contrastándolos con valores estimados de la reducción en la facturación, debido a la implementación de del cambio.

2. *Independencia de la red eléctrica*

Otro punto clave dentro de la comparación es la evaluación de la independencia de la red eléctrica por parte del sistema propuesto. Este valor es analizado desde el punto de vista que las luminarias solares cuentan con la capacidad de generar y almacenar energía suficiente para operar de forma ininterrumpida. Esta ventaja permite al centro médico contar con independencia de la red, disminuir el consumo energético, así como dar continuidad operativa ante cualquier vulnerabilidad de cortes del suministro eléctrico por parte del proveedor.

3. *Mejora de la sostenibilidad ambiental*

En lo que respecta al impacto en la sostenibilidad ambiental del sistema propuesto, la reducción del consumo energético de la red eléctrica nacional contribuye al país, ya que aunque gran parte de la matriz energética de Costa Rica se origina de fuentes renovables, actualmente es necesario recurrir a fuentes térmicas que funcionan de acuerdo con la quema de combustibles derivados del petróleo, para obtener vapor y a partir de ello, generar electricidad, esto especialmente en época seca. Por lo cual con esta propuesta se impacta directamente en la reducción de la quema de combustibles y

por ende, en la disminución de emisiones de CO2 por consumo energético de la institución.

4. Reducción de la demanda máxima institucional

Otro de los aspectos más relevantes a analizar es la reducción de la demanda máxima de potencia eléctrica, que se registra por parte del centro médico ante la empresa distribuidora, ya que el sistema lumínico abarca en gran medida parte de los horarios de mayor consumo y por ende, su contribución en los picos de demanda. De implementarse la propuesta de diseño elaborada, debido a su autonomía e independencia de la red eléctrica, se podrán reducir dichos picos, traduciéndose en tarifas más bajas, lo que disminuye el monto económico destinada para este fin.

5. Menor necesidad de mantenimiento correctivo

Otro criterio por considerar es el valor asociado al mantenimiento del sistema lumínico actual versus el sistema propuesto, debido a que como se ha mencionado el sistema actual cuenta con múltiples fallas, debido a su obsolescencia y a su instalación, lo que ha repercutido a lo largo del tiempo en la ejecución de múltiples intervenciones técnicas y en la sustitución de diversos repuestos y accesorios.

Por lo que, en contraste con el sistema propuesto, de acuerdo con la información proporcionada por la empresa proveedora de las luminarias Sylvania INTI SOLAR II 60W 5K, con 50 000 horas de vida útil.

DESAFÍOS

1. Reducción de la alta inversión inicial

Para el análisis comparativo de los principales desafíos que enfrenta la propuesta realizada se encuentran los costos asociados a la adquisición, montaje y puesta en marcha del sistema. Esto debido a que, si bien es cierto, la iluminación tradicional instalada representa menores costos de adquisición, los gastos operativos son sumamente significativos.

Mediante la evaluación de ambos parámetros y de la determinación del impacto financiero del proyecto, es posible establecer que dicha inversión se puede justificar, debido al retorno a mediano y largo plazo, esto amparado en la disminución del consumo energético y del bajo mantenimiento.

2. *Dependencia del clima*

Otro aspecto es la dependencia de las condiciones climáticas, ya que estas son consideradas unas de las principales limitaciones de cualquier sistema fotovoltaico. Para ello, es necesario realizar un análisis del comportamiento de la radiación solar del cantón central de la provincia de Alajuela, pues en promedio se reportan valores para el verano de 6.06 kWh/m²/día y para invierno de 4.13 kWh/m²/día, por lo que, esta parte del país se caracteriza por una amplia estación seca y una alta irradiación solar durante gran parte del año, aspecto mencionado por el Instituto Meteorológico Nacional (2020, p. 42).

Estas son condiciones que permiten evidenciar que, si bien existe un diferencial marcado y significativo, el cantón central de la provincia de Alajuela presenta condiciones favorables, lo que permite mitigar la estacionalidad y validar esta propuesta.

3. *Capacitación técnica para mantenimiento preventivo*

Es importante considerar el abordaje del mantenimiento de las luminarias, pues si bien es cierto un elemento clave para el correcto funcionamiento de estas es el mantenimiento, por lo que, es de suma importancia dar una correcta capacitación de mano del proveedor al personal técnico asignado a esta tarea. Con el fin de cumplir con el objetivo de que una vez instaladas dichas luminarias, se pueda asegurar la operabilidad continua del sistema, prevenir fallos y alargar la vida útil de los equipos.

Comparación teórica del desempeño

Finalmente, es fundamental el considerar las diferencias de las características de iluminación de ambos sistemas, el actual y el propuesto, ya que esto brinda un punto de referencia que evidencie la importancia de la implementación.

Tabla 22*Comparación teórica de los sistemas de iluminación*

MÉTRICA	SISTEMA ACTUAL	SISTEMA PROPUESTO
Modelo de luminaria	LED Toledo P28391	INTI SOLAR II 60W 5K
	Marca Sylvania	Marca Sylvania
Consumo Eléctrico por lampara (kWh)	12.5 kWh/mes	0 kWh
Costos de Mantenimiento	Bajo a moderado	Bajo
Vida Útil (años)	5–8	10–12 años
Eficiencia Energética (%)	85 %	>90 %
Impacto Ambiental (CO ₂ reducido)	Parcial	0.4 tCO ₂ /año

Nota. Elaboración propia (2025).

De la información anterior, no existe un consumo de la red eléctrica por el tipo de tecnologías que las luminarias propuestas poseen. A la vez, se recalca que el sistema de iluminación propuesto se caracteriza por una vida útil más extensa y una eficiencia energética mayor.

Por lo que, como es posible evidenciar a lo largo de este apartado de análisis, la propuesta del estudio, para realizar un posible cambio del sistema de iluminación actual a uno fotovoltaico en el área de parqueos del Hospital San Rafael de Alajuela, es viable en el sentido de que ofrece mejores beneficios a nivel energético, de costos y de procesos, lo cual genera avances en materia de sostenibilidad y gestión de los recursos públicos.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente estudio permitió proponer un diseño de optimización para el sistema lumínico del área de parqueo del Hospital San Rafael de Alajuela, mediante la implementación de energía solar fotovoltaica, contribuyendo a resolver las deficiencias técnicas, operativas y económicas identificadas en el sistema actual.

Por lo que, a partir del análisis realizado se concluye lo siguiente:

1. El sistema de iluminación actual presenta limitaciones importantes, pues se identificaron fallas recurrentes, altos costos de mantenimiento correctivo y dependencia total de la red eléctrica convencional, lo que afecta la continuidad operativa del parqueo y compromete recursos institucionales valiosos.

2. La luminaria marca Sylvannia ofrece mejor flujo luminoso, eficiencia lumínica, capacidad de batería y vida útil, con respecto al modelo de Ilukon, además de que su configuración de elementos separados permite un mejor mantenimiento, además estos beneficios son significativos, a pesar de que es aproximadamente 30 % más cara que la de Ilukon

3. La propuesta basada en energía solar fotovoltaica es técnicamente viable, pues las simulaciones realizadas con el software DIALux evidencian que el sistema propuesto cumple, ya que se obtienen valores por encima de los 20lx establecidos en la norma UNE-EN 12464-2:2008 para la iluminancia media mantenida, garantizando una cobertura uniforme y adecuada para la seguridad de los usuarios.

4. A través de cálculos matemáticos se determinó el consumo aproximado del sistema de iluminación del parqueo, lo que representa 3425.52kWh mensuales y significa ₡95 483,51 al mes y ₡1 145 802,12 anuales por la demanda específica del sistema, por lo que, al no depender de la red eléctrica se evitaría dentro de la facturación este consumo.

5. El análisis preliminar del retorno de inversión es favorable y los resultados muestran que, a pesar de la inversión inicial de ₡75 500 000,00, la propuesta permite recuperar un 8.56 % del capital invertido, lo que equivale a una recuperación en un plazo aproximado de entre 11 a 12 años, ya que minimiza significativamente los costos energéticos a mediano y largo plazo y justifica la implementación del nuevo sistema desde una perspectiva financiera.

6. El sistema propuesto ofrece ventajas operativas relevantes y la transición a energía solar reduce la carga de mantenimiento y la exposición a fallos por cortes en la red pública, lo que permite optimizar los recursos humanos y financieros del hospital.

7. La propuesta aporta beneficios ambientales y sociales, pues la implementación del sistema fotovoltaico contribuye a la disminución de la huella de carbono y al cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad institucional y nacionales, además mejora la percepción de seguridad en el parqueo, lo cual impacta positivamente en la experiencia de los usuarios.

8. El estudio puede ser replicable, con respecto a la metodología utilizada, así como el diseño propuesto, pueden servir como referencia para futuros proyectos similares en otras áreas del hospital o en instituciones públicas que busquen optimizar sus sistemas de iluminación de manera sostenible.

En conclusión, la propuesta de optimización del sistema lumínico mediante la implementación de energía solar fotovoltaica representa una solución integral, eficiente y sostenible que permite mejorar el servicio, reducir costos operativos y fortalecer el compromiso ambiental del Hospital San Rafael de Alajuela.

Con base en los resultados obtenidos y las conclusiones detalladas, se presentan una serie de recomendaciones dirigidas a mejorar las condiciones actuales, proponer oportunidades de mejora para el estudio y generar posibles líneas de investigación.

1. Se recomienda la implementación de la propuesta del cambio del sistema de iluminación actual a uno alimentado por energía fotovoltaica, para el área de parqueos del Hospital San Rafael de Alajuela, dado que se comprobó su viabilidad técnica y financiera.

2. Es importante considerar dentro del alcance del cambio de luminarias, aquellas zonas que no son propias de los parqueos, pero que representan un riesgo a la seguridad de los usuarios, tales como calles y pasillos en exteriores.

3. Se recomienda valorar el ejecutar una fase prueba de pequeña escala antes de implementar todo el sistema, lo cual busca validar en el área la eficiencia del diseño, detectar fallos tempranos y ajustar parámetros antes de la inversión total.

4. Se sugiere establecer un plan de mantenimiento preventivo para el nuevo sistema de iluminación fotovoltaico, ya que permite prolongar la vida útil de los equipos, optimizar su desempeño continuo y evitar fallas recurrentes.

5. Se recomienda crear un reporte técnico con los principales hallazgos de este estudio, con el fin de evidenciar la necesidad y plan de acción ante la carencia de seguridad, limitaciones en el mantenimiento y oportunidades de eficiencia energéticas, con el objetivo de justificar su implementación y alcance presupuestario.

6. Es importante considerar el desarrollo de estudios complementarios sobre el impacto social y ambiental de la implementación de sistemas de iluminación fotovoltaica en entornos hospitalarios, con énfasis en la percepción de seguridad de los usuarios y su contribución en la reducción de la huella de carbono.

7. Es conveniente incorporar sensores ambientales en fases tempranas del diseño de estudios similares, de forma que se obtengan datos certeros y reales como niveles de radiación solar y luminancia, mediante dispositivos de medición en el sitio, lo cual permite una propuesta más acorde a las condiciones valoradas.

8. Se sugiere realizar entrevistas o grupos focales con usuarios frecuentes del área en estudio, para incluir sus percepciones y necesidades específicas con respecto a la iluminación.

9. Finalmente, es oportuno considerar indicadores del desempeño del sistema de iluminación, tales como ahorro, satisfacción del usuario, mantenimiento, entre otros para valorar la efectividad y eficiencia de la propuesta una vez implementada y para evidenciar los beneficios obtenidos.

REFERENCIAS

- Arrieta, E. y Ávila, S. (2019). *Propuesta de mejoramiento para las condiciones laborales de la población trabajadora del Centro de Transferencia de Materiales, Región Central Alajuela del Instituto Costarricense de Electricidad, en el periodo 2019*. [Tesis de grado]. Universidad Técnica Nacional. <https://repositorio.utn.ac.cr/server/api/core/bitstreams/9010a3be-bc8d-49b3-8671-24ff0a594de5/content>
- Asociación Española de Normalización. (2008). *Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 2: Lugares de trabajo exteriores (UNE-EN 12464-2)*. (p. 21). <https://www.aenor.com>
- Asociación Española de Normalización. (2024). *UNE-EN 12464-2:2007. (2007). Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 2: Lugares de trabajo en exteriores*. <https://www.une.org/normalizacion/preguntas-frecuentes>
- Azuero, Á. (2019). Significatividad del marco metodológico en el desarrollo de proyectos de investigación. *Dialnet*. 4(8), pp.110-127. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7062667>
- Barrantes Echeverría, R. (2002). *Investigación: un camino al conocimiento, un enfoque cualitativo y cuantitativo*. (p. 280). Editorial EUNED.
- BBVA. (2024). *ROI: qué es el retorno de la inversión y cuál es su fórmula*. <https://www.bbva.com/es/salud-financiera/roi-que-es-el-retorno-de-la-inversion-y-cual-es-su-formula/>
- Briggs, J. (2024). *El impacto ambiental de la energía fotovoltaica*. Minviro. <https://www.minviro.com/resources/blogs/the-environmental-impact-of-photovoltaics>
- Caja Costarricense de Seguro Social. (s.f.). *Hospital San Rafael*. <https://www.ccss.sa.cr/hospitales?v=26>
- Cajamarca, A. y Morales, G. (2018). *Diseño e implementación de un sistema de iluminación exterior programable, para la casona principal de la Escuela de Formación de Tecnólogos*. [Tesis de grado]. Escuela Politécnica Nacional, Ecuador. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19702>

- Cartín, M. (2017) *Antiguo Hospital de Alajuela (Hospital San Rafael), 1901-1950*.
<https://micostaricadeantano.com/2017/09/26/antiguo-hospital-de-alajuela-hospital-san-rafael/>
- Chacón, P. y Martínez, C. (2021). *Implementación de caso de estudio de un elemento con tecnología solar fotovoltaica en pérgolas de parqueaderos a cielo abierto utilizando el análisis de mapa de empatía hacia posibles clientes*. [Tesis de grado]. Universidad Católica de Colombia.
<https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/9e5f0bf5-c605-4820-b048-9fd745a4310d>
- Chapman, S. (2012). *Máquinas Eléctricas*. (5ª ed.). McGraw-Hill Interamericana de España, S.A.
https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/20762/mod_resource/content/1/Maquinas-electricas-Chapman-5ta-edicion-pdf.pdf
- Chaves, J. (2021). *Análisis de la eficiencia energética en los edificios administrativos de la Municipalidad de Curridabat*. [Tesis de grado]. Instituto Tecnológico de Costa Rica. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/15118>
- De la Fuente Fernández, M. (2021). *Evaluación y nuevo diseño del sistema de iluminación de los laboratorios del LAFTLA de la Escuela de Ingeniería Eléctrica*. [Tesis de grado]. Universidad de Costa Rica. <https://cedi.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/1659/40/IE-8449.pdf>
- DIALux. (s.f.). *El diseño de iluminación hecho fácil con DIALux evo*.
<https://www.dialux.com/es-ES/dialux>
- Fueres, G. (2016). *Factibilidad del sistema de alumbrado público empleando luminarias LED y alimentación solar fotovoltaica*. [Tesis de grado]. Universidad Politécnica Salesiana sede Quito. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12213>
- García, M. (2011). *Iluminación en el puesto de trabajo. criterios para su evaluación y acondicionamiento*.
<https://www.academia.edu/download/50461802/IluminacionPuestosTrabajoN.pdf>
- González, R. Amador, A. y Montero, H. (2022). *Programa para la prevención y control de los riesgos físicos ocupacionales; ruido, iluminación y temperatura, en el área*

- operativa de la empresa Tres Erres S.A Costa Rica para el año 2022.* [Tesis de grado]. Universidad Técnica Nacional. <https://repositorio.utn.ac.cr/server/api/core/bitstreams/39c5db80-3077-4648-8605-316f0b8fb342/content>
- Grupo NAP. (2011). *Energía solar fotovoltaica. Situación actual.* <https://www.eoi.es/sites/default/files/savia/documents/componente75553.pdf>
- Guayllas, B. y Morocho, J. (2024). *Análisis para la eficiencia energética de los sistemas de iluminación del edificio Guillermo Mensi mediante un sistema fotovoltaico de la de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.* [Tesis de grado]. Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27842>
- Guevara, R. y Serrano, M. (2024). *ICLG - Leyes y Regulaciones de Energía Renovable.* ICLG. <https://iclg.com/practice-areas/renewable-energy-laws-and-regulations/costa-rica#:~:text=La%20Ley%207200%20de%201990,fuentes%20renovables%20y%20no%20renovables.>
- Hernández Sampieri, R. Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. (2010). *Metodología de la investigación.* (5° ed). McGraw-Hill.
- Hospital San Rafael de Alajuela. (s.f.). *Edición especial: 120 aniversario del Hospital San Rafael de Alajuela.* <https://repositorio.binasss.sa.cr/bitstreams/a7c71910-c0d5-47a5-ad0e-ea1bc59fed77/download>
- Iberdrola (s.f.). *Radiación solar: ¿cuál es su impacto sobre el planeta y el ser humano?* <https://www.iberdrola.com/compromiso-social/radiacion-solar>
- Intertek (s.f.). *Ensayos de Protección IP (Ingress Protection) en Productos de Iluminación: Norma IEC 60529.* <https://www.intertek.es/iluminacion/ip-ingress-protection-iec-60529/#:~:text=Pese%20a%20que%20el%20ensayo,ambientes%20externos%20o%20aplicaciones%20industriales.>
- La República.* (s.f.). La Caja Costarricense del Seguro Social, los orígenes de una institución estratégica en el país. <https://www.larepublica.net/noticia/la-caja->

- costarricense-del-seguro-social-los-origenes-de-una-institucion-estrategica-en-el-pais
- Marín, L. (2013). Actualización de norma costarricense sobre niveles de iluminancia y condiciones de iluminación incluyendo Fotometría. *Revista UCR*.
https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/article/view/8233/html_24
- Mata, L. (2019). *El enfoque de investigación: la naturaleza del estudio*. Investigalia.
<https://investigaliacr.com/investigacion/el-enfoque-de-investigacion-la-naturaleza-del-estudio/>
- Medina Romero, M. Rojas León, R. Bustamante Hoces, W. Loaiza Carrasco, R. Martel Carranza, C. y Castillo Acobo, R. (2023). *Metodología de la investigación: técnicas e instrumentos de investigación*. (Primera edición). Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C.
<https://editorial.inudi.edu.pe/index.php/editorialinudi/catalog/download/90/133/157?inline=1#:~:text=Un%20instrumento%20de%20investigaci%C3%B3n%20es,%2C%20pruebas%20estandarizadas%2C%20entre%20otros.>
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2019). *Plan Nacional de Descarbonización*.
<https://cambioclimatico.minae.go.cr/plan-nacional-de-descarbonizacion/>
- Miranda, U. y Acosta, Z. (2009). *Fuentes de información para la recolección de información cuantitativa y cualitativa*.
<https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/06/885032/texto-no-2-fuentes-de-informacion.pdf>
- Mistec. (2020). *Iluminación exterior-Definición, ventajas y tipos*. <https://www.mistec-group.com/es/2020/06/06/iluminacion-exterior-definicion-beneficios-y-tipos/>
- Organización de las Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible: 17 objetivos para transformar nuestro mundo*.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>
- Ortega, C. (s.f.). *Método analítico: Qué es, para qué sirve y cómo realizarlo*.
<https://www.questionpro.com/blog/es/metodo-analitico/>
- Quesada, A. (2022). *Propuesta de mejora en la movilidad urbana sostenible en el cantón de La Unión*. [Tesis de grado]. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de

- Química, Carrera de Ingeniería Ambiental. Cartago, Costa Rica.
<https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/13985>
- Ramírez, W. y Suclupe, V. (2023). *Implementación de sistema fotovoltaico para iluminación de pasadizo de la Universidad Cesar Vallejo Chiclayo*.
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_71029fe62b4b1ec4cfc45bf49b7747ba
- Rodríguez, J. (2018). *Evaluación financiera de proyectos: Aplicación del ROI en decisiones empresariales*. [Trabajo de grado, Universidad EAFIT]. Repositorio Institucional EAFIT. <https://repository.eafit.edu.co/home>
- Rubio, K. y Torres, S. (2024). *Diseño de un sistema de iluminación fotovoltaico para el parque deportivo Rincón del Trébol en el municipio de Mosquera Cundinamarca*.
<https://ciencia.lasalle.edu.co/items/c4395277-15cd-4889-aca7-e513e33cc5d7/full>
- Solartik. (2023). *Sistema fotovoltaico*. Instituto de Investigaciones Tecnológicas del Agua.
<https://www.iitaac.org.mx/sistema-fotovoltaico/>
- Tractoria. (2025). *Calculadora ROI: Uso y beneficios para la industria*.
<https://traction.com/es/blog/calculadora-roi-descubre-que-es-y-como-utilizarla-para-la-industria>
- Universidad Nacional Autónoma de México. (s.f.) *Sistemas de iluminación*.
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/739/A4%20%20SISTEMAS%20DE%20ILUMINACI%C3%93N.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Viloria, D. (2024). *Uniformidad de iluminancia: un indicador de la calidad de la iluminación*.
<https://iluminet.com/uniformidad-iluminancia-indicador-de-la-calidad-iluminacion/>

APÉNDICES Y ANEXOS

ANEXO N°1

ENCUESTA N°1

IDENTIFICACIÓN DE VENTAJAS Y DESAFÍOS

Objetivo:

Obtener información de las ventajas y desafíos que presenta la implementación de un sistema lumínico de energía solar fotovoltaica para el área de parqueo del Hospital San Rafael de Alajuela.

Datos generales

Nombre del encuestado: Rafael Alberto Ureña Anchia

Puesto: Ingeniero en Equipo medico

Fecha: 09/06/2025

PERCEPCIÓN SOBRE SISTEMA PROPUESTO

1. ¿Cree que la implementación de un nuevo sistema de iluminación solar fotovoltaica mejorará la eficiencia energética del centro médico?

☒ (x) Si

☐ () No

☐ () No está seguro

2. ¿Considera que el sistema propuesto de iluminación permitirá una adecuada visibilidad?

☒ (x) Si

6. ¿Tiene algún comentario o sugerencia sobre la propuesta plasmada?

Si bien es cierto que el costo económico inicial es sumamente alto, favor tomar en consideración todas las áreas anexas al centro medico para evitar robos y hurtos.

Nota:

Por este medio se le notifica al encuestado que los resultados obtenidos mediante la siguiente encuesta serán utilizados exclusivamente con fines académicos, y formarán parte de un trabajo final de graduación para optar por el grado de licenciatura en electromecánica, de la Universidad Central, en el primer semestre de 2025.

Con su firma otorga el consentimiento y visto bueno del uso ético de dichos datos.

Firma del encuestado	RAFAEL ALBERTO UREÑA ANCHIA (FIRMA) Firmado digitalmente por RAFAEL ALBERTO UREÑA ANCHIA (FIRMA) Fecha: 2025.06.09 14:21:52 -06'00'
Firma del encuestador	ALEJANDRO ALFARO YUBANK (FIRMA) Firmado digitalmente por ALEJANDRO ALFARO YUBANK (FIRMA) Fecha: 2025.06.18 11:34:13 -06'00'

☐ () No

☐ () No está seguro

3. ¿Cree que este cambio contribuirá a la seguridad?

☐ () Alta

☒ (x) Media

☐ () Baja

4. ¿Seleccione según su opinión cuáles podrían ser los principales obstáculos con la implementación del nuevo sistema? (Marque todas las opciones que considere)

☒ (x) Costo inicial alto

☐ () Mantenimiento del sistema

☐ () Compatibilidad con la infraestructura

☒ (x) Vida útil de los equipos

☐ () Eficiencia de los equipos en condiciones climáticas adversas

☐ () Otro: _____

5. ¿Opina usted que la implementación de este sistema se puede justificar en términos de ahorro energético y beneficios?

☐ () Si

☐ () No

☒ (x) No está seguro

ENCUESTA N°2

IDENTIFICACIÓN DE VENTAJAS Y DESAFÍOS

Objetivo:

Obtener información de las ventajas y desafíos que presenta la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica para el área de parqueo del Hospital San Rafael Alajuela.

Datos generales

Nombre del encuestado: Greivin Villalta Montero

Puesto: Ingeniero en Electromecánica

Fecha: 09/06/2025

PERCEPCIÓN SOBRE SISTEMA PROPUESTO

1. ¿Cree que la implementación de un nuevo sistema de iluminación solar fotovoltaica mejorará la eficiencia energética del centro médico?

☒ (x) Si

☐ () No

☐ () No está seguro

2. ¿Considera que el sistema propuesto de iluminación permitirá una adecuada visibilidad?

☐ () No está seguro

6. ¿Tiene algún comentario o sugerencia sobre la propuesta planteada?

El sistema propuesto bien planteado puede representar una excelente opción a un sistema de iluminación tradicional, solo considero importante buscar iluminar todos los límites con el objetivo de evitar la presencia de robos.

Nota:

Por este medio se le notifica al encuestado que los resultados obtenidos mediante la siguiente encuesta serán utilizados exclusivamente con fines académicos, y formarán parte de un trabajo final de graduación para optar por el grado de licenciatura en electromecánica, de la Universidad Central, en el primer semestre de 2025.

Con su firma otorga el consentimiento y visto bueno del uso ético de dichos datos.

Firma del encuestado	GREIVIN ELIAS VILLALTA MONTERO (FIRMA)	Firmado digitalmente por GREIVIN ELIAS VILLALTA MONTERO (FIRMA) Fecha: 2025.06.09 11:33:10 -06'00'
Firma del encuestador	ALEJANDRO ALFARO YUBANK (FIRMA)	Firmado digitalmente por ALEJANDRO ALFARO YUBANK (FIRMA) Fecha: 2025.06.18 11:35:01 -06'00'

☒ (x) Si

☐ () No

☐ () No está seguro

3. ¿Cree que este cambio contribuirá a la seguridad?

☐ (x) Alta

☐ () Media

☐ () Baja

4. ¿Seleccione según su opinión cuáles podrían ser los principales obstáculos con la implementación del nuevo sistema? (Marque todas las opciones que considere)

☒ (x) Costo inicial alto

☐ () Mantenimiento del sistema

☐ (x) Compatibilidad con la infraestructura

☒ (x) Vida útil de los equipos

☐ () Eficiencia de los equipos en condiciones climáticas adversas

☐ () Otro: _____

5. ¿Opina usted que la implementación de este sistema se puede justificar en términos de ahorro energético y beneficios?

☒ (x) Si

☐ () No

ENCUESTA N°3

IDENTIFICACIÓN DE VENTAJAS Y DESAFÍOS

Objetivo:

Obtener información de las ventajas y desafíos que presenta la implementación de un sistema lumínico de energía solar fotovoltaica para el área de parqueo del Hospital San Rafael Alajuela.

Datos generales

Nombre del encuestado: Carlos Salazar Mora

Puesto: Ingeniero en Equipo medico

Fecha: 09/06/2025

PERCEPCIÓN SOBRE SISTEMA PROPUESTO

1. ¿Cree que la implementación de un nuevo sistema de iluminación solar fotovoltaica mejorará la eficiencia energética del centro médico?

☒ (x) Si

☐ () No

☐ () No está seguro

2. ¿Considera que el sistema propuesto de iluminación permitirá una adecuada visibilidad?

☐ () No está seguro

6. ¿Tiene algún comentario o sugerencia sobre la propuesta plasmada?

A pesar de que la empresa que distribuye el equipo indica que es libre de mantenimiento, la verdad es que suena muy poco creíble, considero que se debería de contemplar presupuesto para este rubro en un futuro.

Nota:

Por este medio se le notifica al encuestado que los resultados obtenidos mediante la siguiente encuesta serán utilizados exclusivamente con fines académicos, y formarán parte de un trabajo final de graduación para optar por el grado de licenciatura en electromecánica, de la Universidad Central, en el primer semestre de 2025.

Con su firma otorga el consentimiento y visto bueno del uso ético de dichos datos.

Firma del encuestado	CARLOS MARIO SALAZAR MORA (FIRMA) Fecha: 2025.06.09 12:02:21 -06'00'
Firma del encuestador	ALEJANDRO ALFARO YUBANK (FIRMA) Firmado digitalmente por ALEJANDRO ALFARO YUBANK (FIRMA) Fecha: 2025.06.18 11:44:25 -06'00'

☒ (x) Si

☐ () No

☐ () No está seguro

3. ¿Cree que este cambio contribuirá a la seguridad?

☒ (x) Alta

☐ () Media

☐ () Baja

4. ¿Seleccione según su opinión cuáles podrían ser los principales obstáculos con la implementación del nuevo sistema? (Marque todas las opciones que considere)

☒ (x) Costo inicial alto

☒ (x) Mantenimiento del sistema

☐ () Compatibilidad con la infraestructura

☒ (x) Vida útil de los equipos

☐ () Eficiencia de los equipos en condiciones climáticas adversas

☐ () Otro: _____

5. ¿Opina usted que la implementación de este sistema se puede justificar en términos de ahorro energético y beneficios?

☒ (x) Si

☐ () No

ENCUESTA N°4

IDENTIFICACIÓN DE VENTAJAS Y DESAFÍOS

Objetivo:

Obtener información de las ventajas y desafíos que presenta la implementación de un sistema lumínico de energía solar fotovoltaica para el área de parqueo del Hospital San Rafael Alajuela.

Datos generales

Nombre del encuestado: Jonathan Castro Alfaro

Puesto: Jefatura del Servicio de Ingeniería y Mantenimiento

Fecha: 16/06/2025

PERCEPCIÓN SOBRE SISTEMA PROPUESTO

1. ¿Cree que la implementación de un nuevo sistema de iluminación solar fotovoltaica mejorará la eficiencia energética del centro médico?

☒ (x) Si

☐ () No

☐ () No está seguro

2. ¿Considera que el sistema propuesto de iluminación permitirá una adecuada visibilidad?

☒ (x) No está seguro

6. ¿Tiene algún comentario o sugerencia sobre la propuesta plasmada?

El sistema propuesto representa una oportunidad del mejoramiento de la seguridad del centro médico, es importante el adquirir con luminarias extra en caso de averías con el objetivo de evitar zonas sin iluminación.

Nota:

Por este medio se le notifica al encuestado que los resultados obtenidos mediante la siguiente encuesta serán utilizados exclusivamente con fines académicos, y formarán parte de un trabajo final de graduación para optar por el grado de licenciatura en electromecánica, de la Universidad Central, en el primer semestre de 2025.

Con su firma otorga el consentimiento y visto bueno del uso ético de dichos datos.

Firma del encuestado	JONATHAN CASTRO ALFARO (FIRMA)	Firmado digitalmente por JONATHAN CASTRO ALFARO (FIRMA) Fecha: 2025.06.16 14:10:00 -06'00'
Firma del encuestador	ALEJANDRO ALFARO YUBANK (FIRMA)	Firmado digitalmente por ALEJANDRO ALFARO YUBANK (FIRMA) Fecha: 2025.06.18 11:35:32 -06'00'

☒ (x) Si

☐ () No

☐ () No está seguro

3. ¿Cree que este cambio contribuirá a la seguridad?

☐ (x) Alta

☐ () Media

☐ () Baja

4. ¿Seleccione según su opinión cuáles podrían ser los principales obstáculos con la implementación del nuevo sistema? (Marque todas las opciones que considere)

☒ (x) Costo inicial alto

☐ () Mantenimiento del sistema

☐ () Compatibilidad con la infraestructura

☐ () Vida útil de los equipos

☐ () Eficiencia de los equipos en condiciones climáticas adversas

☐ () Otro: _____

5. ¿Opina usted que la implementación de este sistema se puede justificar en términos de ahorro energético y beneficios?

☐ () Si

☐ () No

ENCUESTA N°5

IDENTIFICACIÓN DE VENTAJAS Y DESAFÍOS

Objetivo:

Obtener información de las ventajas y desafíos que presenta la implementación de un sistema lumínico de energía solar fotovoltaica para el área de parqueo del Hospital San Rafael de Alajuela.

Datos generales

Nombre del encuestado: Jose Carvajal Delgado

Puesto: Arquitecto

Fecha: 16/06/2025

PERCEPCIÓN SOBRE SISTEMA PROPUESTO

1. ¿Cree que la implementación de un nuevo sistema de iluminación solar fotovoltaica mejorará la eficiencia energética del centro médico?

☒ (x) Sí

☐ () No

☐ () No está seguro

2. ¿Considera que el sistema propuesto de iluminación permitirá una adecuada visibilidad?

☒ (x) Sí

6. ¿Tiene algún comentario o sugerencia sobre la propuesta plasmada?

Me parece que esta propuesta es una opción buena que puede ayudar en gran medida a la seguridad del hospital.

Nota:

Por este medio se le notifica al encuestado que los resultados obtenidos mediante la siguiente encuesta serán utilizados exclusivamente con fines académicos, y formarán parte de un trabajo final de graduación para optar por el grado de licenciatura en electromecánica, de la Universidad Central, en el primer semestre de 2025.

Con su firma otorga el consentimiento y visto bueno del uso ético de dichos datos.

☐ () No

☐ () No está seguro

3. ¿Cree que este cambio contribuirá a la seguridad?

☐ (x) Alta

☐ () Media

☐ () Baja

4. ¿Seleccione según su opinión cuáles podrían ser los principales obstáculos con la implementación del nuevo sistema? (Marque todas las opciones que considere)

☐ () Costo inicial alto

☐ () Mantenimiento del sistema

☐ () Compatibilidad con la infraestructura

☐ () Vida útil de los equipos

☒ (x) Eficiencia de los equipos en condiciones climáticas adversas

☐ () Otro: _____

5. ¿Opina usted que la implementación de este sistema se puede justificar en términos de ahorro energético y beneficios?

☒ (x) Sí

☐ () No

☐ () No está seguro

Firma del encuestado	JOSE ALBERTO CARVAJAL DELGADO (FIRMA) Firmado digitalmente por JOSE ALBERTO CARVAJAL DELGADO (FIRMA) Fecha: 2025.06.18 11:48:38 -06'00'
Firma del encuestador	ALEJANDRO ALFARO YUBANK (FIRMA) Firmado digitalmente por ALEJANDRO ALFARO YUBANK (FIRMA) Fecha: 2025.06.18 12:09:59 -06'00'

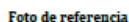
ANEXO N°2

ANÁLISIS COMPARATIVO DE DESEMPEÑO

MÉTRICA	SISTEMA ACTUAL	SISTEMA PROPUESTO
Modelo de luminaria		
Consumo Eléctrico por lampara (kWh)		
Costos de Mantenimiento		
Vida Útil (años)		
Eficiencia Energética (%)		
Impacto Ambiental (CO ₂ reducido)		

5K

5K

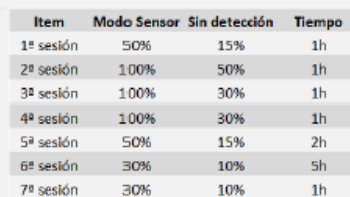


Sistema dos en uno de iluminación solar que incluye luminaria LED, panel fotovoltaico, regulador de carga MPPT (controlador), baterías, sensor de movimiento y control remoto. Esta innovadora tecnología ofrece una forma conveniente y sostenible de iluminar áreas exteriores y senderos con un mínimo de inversión y mantenimiento, pues no requiere un punto eléctrico o conecta la red de suministro de energía.

Luminaria LED, con batería de litio con gran capacidad de almacenamiento de carga en proceso de conversión de energía, panel con soporte ajustable al mejor ángulo para mayor absorción de la energía solar (desde -90° hasta 90°), botón de encendido/apagado y control remoto que permite diferentes configuraciones de modos de trabajo, luminosidad, tiempo, y ajustes del sensor.
Instalación en poste cónico (no incluido).

Áreas comunes en conjuntos residenciales, industria y comercio.

La luminaria cuenta con un modo de trabajo predeterminado y sensor de movimiento tipo microondas que permite un optimizar/ajustar el consumo durante noche dependiendo de si detecta o no movimiento.

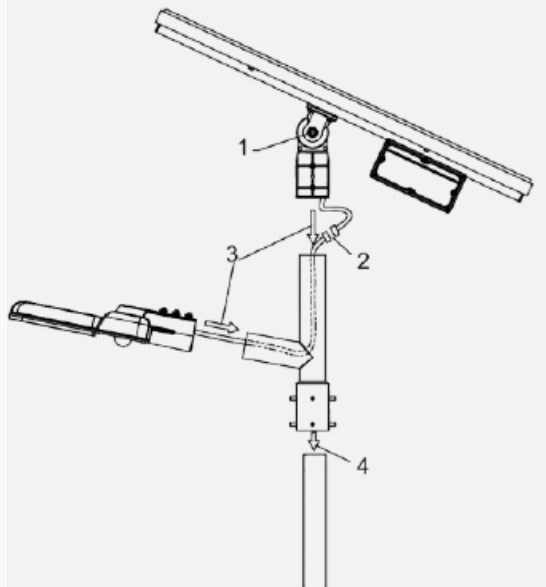


LED Solar Systems

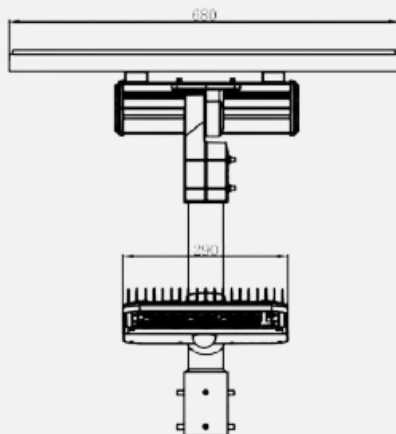
INTI SOLAR II 60W 5K

P40422

INSTALACIÓN



El soporte se debe usar sobre postes con entre $\varnothing 60 \sim 80$ mm de diámetro.



DATOS LUMINARIA

INFORMACIÓN ÓPTICA

Temperatura de color	5000K (CW)
Flujo luminoso inicial	12600 lm
Apertura has de luz	Tipo II -S
Reproducción de color (IRC)	70
Eficacia inicial LED	210 lm/W
Número de LEDs	96 pcs
Material del lente	PC
Vida útil LED	50.000 hrs
Garantía	5 Años

*Vida útil LED L70 LM80 TM21

PARÁMETROS FÍSICOS

Acabado housing	Aluminio, color gris
Grado de protección	IP65/IK08
Dimensiones (LxWxH)	780x680x680 mm
Peso Kg	24.4 kg
Tipo de montaje	Punta de poste
Temperatura de operación	0°C ~ +45°C
Altura recomendada	10-12m

*El flujo luminoso puede reducirse por efectos de la temperatura de operación y de la temperatura ambiente.

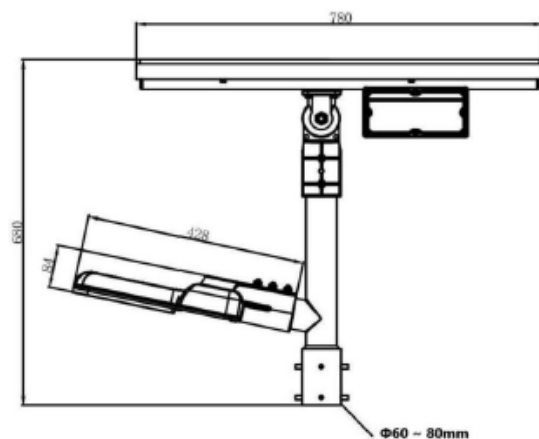
* El desempeño (lumen inicial, autonomía y tiempo de carga) del producto depende de las condiciones particulares de instalación respecto a horas de luz diurna, nubosidad, clima, y sombras provenientes de construcciones y objetos cercanos, y atenuación configurada en el producto.

LED Solar Systems

INTI SOLAR II 60W 5K

P40422

DIMENSIONES



PARÁMETROS ELÉCTRICOS

INFORMACIÓN DEL CONJUNTO

Potencia máxima módulo LED	60W
Corriente de operación módulo LED	39 mA DC
Horas de carga	8-10h/día*
Autonomía	12H (modo preestablecido)
Sensor	Micro-Ondas
Función sensor	encendido/apagado
Rango sensor (Radial)	10 mt (máx)

INFORMACIÓN DEL PANEL

Tipo panel solar	MONOCRISTALINO
Temp. Operación	-40°C ~ +85°C
Corriente de Operación	5.35 A DC
Tensión de panel Pmax	18.72 V DC
Potencia máxima	100 W
Dimensiones	780x680x30mm

CONTROL REMOTO PARA CONFIGURACIÓN



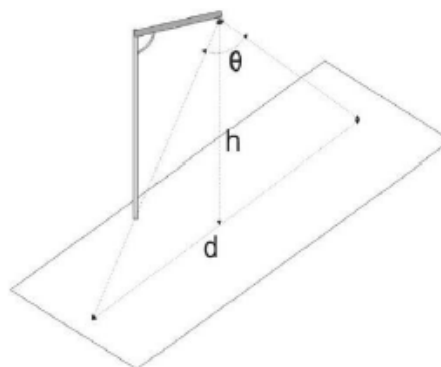
- El control remoto inalámbrico infrarrojo / 2.4G se puede utilizar para configurar los productos de la serie de controladores solares de la compañía.
- Pantalla LCD, muestra los parámetros y datos establecidos, así como el estado del controlador
- Suspensión automática transcurrido 5min sin funcionamiento
- Transmisión de datos precisa y rápida
- Utiliza dos pilas AA
- Indicación del nivel de la batería

INFORMACIÓN DE LA BATERÍA

Tipo batería	LiFePo4
Capacidad [Ah]	32.7 Ah
Tensión nominal	12.8 VDC
Capacidad [Wh]	418.6 Wh
Protección de Sobre-Corriente	<20A
Topología de Carga	MPPT
Medición de carga	Basado en tensión
Ciclos de vida	>3000 Ciclos

ALCANCE DEL SENSOR

Modo de inducción	Angulo	h (altura)	d (ancho)
Inducción de microondas	65°	5m	8m

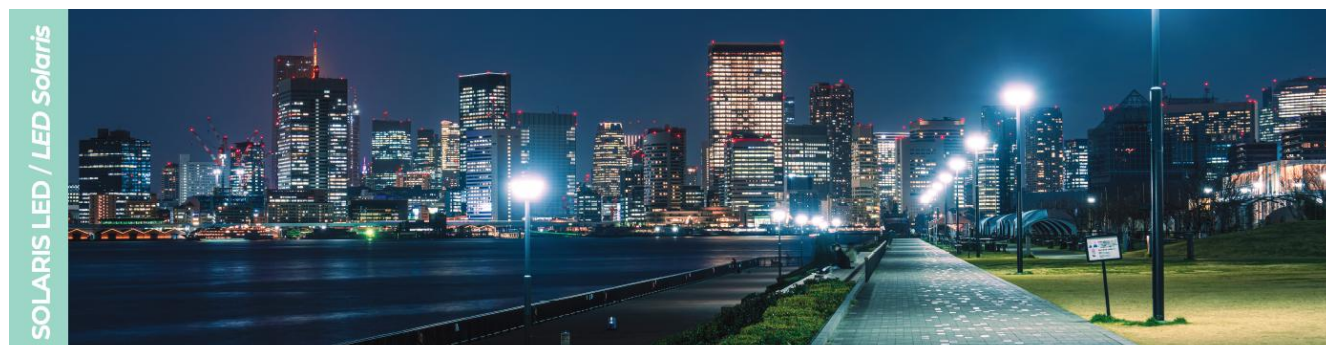


Las características de los productos pueden ser modificadas sin previo aviso según la evolución de la tecnología LED. 01/25.

Producto Ecológico: Permite ahorrar energía comparado con productos tradicionales. Libre de mercurio.

by FEILO SYLVANIA

FICHAS TÉCNICAS DE LAS LUMINARIAS PROPUESTAS- ILUKON SOLARIS STREETLIGHT WING 60W



SOLARIS LED / LED Solaris

Solaris LED Streetlight Wing



Características / Characteristics

La luminaria Solaris LED Streetlight Wing es un diseño todo en uno, con una distribución de iluminación profesional de 140° x 70° de haz de ángulo, logrando un área de iluminación mucho mayor. Además, cuenta con un brazo para ajustar la luminaria de 0 a 90° para una máxima flexibilidad de carga solar. Maximizando su uso, cuenta también con un control remoto, ajustando tiempo de funcionamiento y cantidad de flujo luminoso. El Panel solar es de grado A con vidrio laminado, de gran tamaño, con un 21%+ de alta conversión para una carga más rápida, y con más de 20 años de vida útil. La Batería incorporada es de LiFePO4 de alta calidad con gran capacidad, 2000 ciclos, con protección contra sobrecarga y sobredescarga, segura y duradera. La Carcasa de aluminio, resistente y duradera, IP65 resistente al agua e IK08 contra impactos.

The Solaris LED Streetlight Wing luminaire is an all-in-one design, with a professional lighting distribution of 140° x 70° beam angle, achieving a much larger lighting area. Additionally, it features an arm to adjust the luminaire from 0 to 90° for maximum solar charging flexibility. Maximizing its use, it also has a remote control, adjusting the operating time and amount of luminous flux. Solar Panel is Grade A with laminated glass, oversized, 21%+ high conversion for faster charging, and over 20 years lifespan. Built-in Battery is high quality LiFePO4 with large capacity, 2000 cycles, with over charge and over discharge protection, safe and durable. The aluminum housing, resistant and durable, IP65 waterproof and IK08 against impacts.

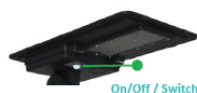
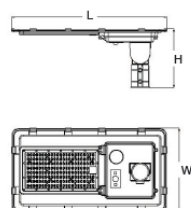


Información Técnica / Technical Information

Especificaciones / Specifications									
Código SKU	Descripción Description	Potencia Power (W)	Flujo Luminoso Flux (lm)	TCC CCT (K)	Tiempo de Carga Charging Time	Tiempo de Encendido Lighting Time	Paquete de Baterías LiFePO4 Battery Pack	Panel Solar Monocristalino Mono Solar Panel	Altura de Instalación Installation Height
605040650	LUM STREETLIGHT LED SOLARIS ILUK WING 40W 6500LM	40	6500	6000	7H	Modo de iluminación mantenida: 35 horas	76.8Wh/12.8V, 6AH	22W/18V	4-6m
605060100	LUM STREETLIGHT LED SOLARIS ILUK WING 60W 10KLM	60	10500			Modo sensor automático: 60 horas	115.2Wh/9.6V, 12AH	28W/17.5V	4-6m
605080120	LUM STREETLIGHT LED SOLARIS ILUK WING 80W 12KLM	80	12500			Keep Lighting Mode: 35 hours Sensor Mode: 60 hours	153.6Wh/12.8V, 12AH	42W/17.5V	4-6m

Dimensiones Generales / General Dimensions

Formato Format	L (mm)	W (mm)	H (mm)	Ø(mm)
40W	507	287	230	60
60W	612	331	230	60
80W	853	349	245	60



On/Off / Switch

Presione el botón de la lámpara para encenderla y seleccionar el modo de trabajo.
 Presione por primera vez, la lámpara se enciende y ingresa al modo Mantener Iluminación.
 Presione por segunda vez, la lámpara ingresa al modo de sensor automático.
 Presione por tercera vez, la lámpara se apaga.
 Please press the button on the lamp to turn on the lamp and select working mode.
 Press 1st time, lamp turns on and enters Keep Lighting Mode.
 Press 2nd time, lamp enters Auto Sensor Mode.
 Press 3rd time, lamp turns off.

Configuraciones por botón/ Optional Work Modes Bottom

Modo Sensor Automático / Auto Sensor Mode

La lámpara se enciende automáticamente por la noche y alcanza el brillo máximo cuando se detecta movimiento en el rango ±8Mtrs, luego cambia a un brillo más bajo en 20 segundos sin movimiento.
 Lamp automatically lights up at night and turns to full brightness when motion is detected in the range ±8Mtrs, then turns to lower brightness in 20 seconds of no motion.



Modo Iluminación Mantenida / Keep Lighting Mode

La lámpara se enciende automáticamente por la noche y mantiene el 60 % de brillo durante 5 horas, después de lo cual la lámpara cambia al modo de sensor automático.
 Lamp automatically lights up at night and keep 60% brightness for 5 hours, after which lamp turns to Auto Sensor Mode.



COMERCIOS
COMMERCE



FÁBRICAS
INDUSTRIES



HOSPITALES
HOSPITALS



BODEGAS/TALLERES
WAREHOUSES/GARAGES



ESCUELAS
SCHOOLS



HOTELES
HOTELS



OFICINAS
OFFICES



TIENDAS
STORES



ILUKON
PROFESSIONAL LIGHTING

APÉNDICE 2

RECOMENDACIONES PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

SYLVANIA
Fello Sylvania Costa Rica S.A.
Zona Industrial Pavas
San José, 1109
Costa Rica
T +506 4110 7600
www.sylvania-america.com
A Fello Sylvania Company

San Jose, 03 de junio de 2025

Señores

HOSPITAL SAN RAFAEL DE ALAJUELA
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
Presente

Estimados señores

Por este medio nos permitimos detallar el mantenimiento recomendado para el correcto funcionamiento de la luminaria solar integrada a instalarse en el parqueo de su representada:

El mantenimiento de una luminaria solar se enfoca principalmente en la limpieza de las celdas solares. Es importante limpiar el panel para asegurar que no haya polvo, suciedad o escombros que puedan reducir la eficiencia de la producción solar y por ende la carga de la batería.

Mantenimiento específico:

- Limpieza del panel solar:

Se recomienda limpiar los paneles solares regularmente, aproximadamente cada 3 o 4 meses, o más a menudo si la luminaria está en una zona con mucho polvo o en presencia de ceniza del volcán. Utilizar un paño suave y agua, evitando usar productos químicos agresivos ya que pueden dañar las celdas.

- Limpieza de la luminaria:

Limpiar la luminaria con un paño suave para eliminar el polvo y la suciedad que se acumulan.

- Recomendaciones adicionales:

Ubicación estratégica: Colocar la luminaria en un lugar que reciba suficiente luz solar durante el día.

Control de la vegetación: Eliminar la vegetación que pueda dar sombra sobre los paneles.

Sin otro particular, se despide.

Atentamente,


Lic. Angela Piedrahita Molina
Coordinadora Soluciones fotovoltaicas

Fello Sylvania Costa Rica S.A.
Registrada en Costa Rica S-101-8187, Registered Office: Zona Industrial Pavas,
San José, 1109, Costa Rica

APÉNDICE 3

PROPUESTA DE LUMINARIAS POR PARTE DE PROVEEDORES



MASESA Materiales y Servicios GFM S.A.
Oribodegas Centro Comercial El Pueblo Local No. 153
ventas@masesa.com 2233 2020
http://www.masesa.com
Cedula Juridica: 3101188102

OV-80622
Cliente

CAJA COSTARRICENSE DEL SEGURO SOCIAL

Proyecto: ILUMINACION LED
Cedula Juridica: 400042147
Telefono: 2006 2020
Correo: ajcedas@ccss.sa.cr

Dirección de Envío
CAJA COSTARRICENSE DEL SEGURO SOCIAL

Fecha de presupuesto: 13/02/2025 14:09:40
Vendedor: Valeska Araya Granados
Correo: valeska@masesa.com

Fecha de vigencia:
Referencia cliente:
Telefono: +506 2233-2020 ext 1019 / +506 6302-1396

COTIZACIÓN:

Item	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Impuestos	Monto
1	Luminaria LED SOLAR S6A60 12.000 lumens 4000K DIANMING LUMINARIA SOLAR DMSL-S6A-60 W-AH (12.000 Lumens - 200LM/W IP66 - IK 09 4000K - 7días) GARANTÍA 3 AÑOS DE LA BATERÍA* Y 7 AÑOS DE LA LUMINARIA Certificada NQM-091	7	4050.000	Exento IVA	28.350.000.00
2	SERVICIO DE DESINSTALACION E INSTALACIÓN DE EQUIPO INDUSTRIAL (CONFECCIÓN, IZAJE E INSTALACIÓN DE COLUMNA, PEDESTAL Y LUMINARIA SOLAR)	7	550.000	Exento IVA	3.850.000.00
TIEMPO DE ENTREGA PARA CONFECCIÓN DE COLUMNA Y PEDESTAL: 22 DIAS TIEMPO DE ENTREGA DE LUMINARIAS: INMEDIATA					

Subtotal	32.200.000.00
Impuesto Valor Agregado (IVA)	0.00
Total	32.200.000.00

Monto en letras: Seis Millones Cuatrocientos Noventa Y Seis Mil Colon
Notas:

TÉRMINOS Y CONDICIONES DE OFERTA:

TIEMPO DE ENTREGA PARA CONFECCIÓN DE COLUMNA Y PEDESTAL: 22 DIAS NATURALES
TIEMPO DE ENTREGA DE LUMINARIAS: INMEDIATA

MONEDA DE COTIZACIÓN: COLONES

PROFORMA NO. FH0003484



Fecha: 02 DE JUNIO DE 2025
Cliente: 999999999
Nombre: CCSS
Proyecto: PARQUEO HOSPITAL ALAJUELA
Vigencia de la oferta: 17 DE JUNIO DE 2025
Condiciones de pago: USUALES
Observaciones: ATENCION

Feilo Sylvania Costa Rica S.A
Cedula Juridica 3-101-008587
Zona Industrial Pavas, San Jose, Costa Rica
Telefono: 2210-7600 Fax Ventas: 2232-8718
servicioalcliente.cr@sylvania-lighting.com

NOTA: CONFIRMAR MODELOS COTIZADOS

Lin.	Cantidad	Codigo	Descripcion	Precio	Total Neto	I.V.	Entrega
1	150	P40422-36	INTI SOLAR II 60W 5K 12600LM	320,000.00	48,000,000.00	13	
				Subtotal: ₡	48,000,000.00		
				Impuestos: ₡	6,240,000.00		
				TOTAL: ₡	54,240,000.00		

FACTURACIÓN ELÉCTRICA FEBRERO-ABRIL 2025



Si cancela posterior al vencimiento
se incluirá en la próxima facturación
un cargo de \$1.003.299,15

¡DESCUBRE LOS PRODUCTOS DE LA TIENDA ICE

- 1. **ALIMENTACIÓN**
alimentos y bebidas
- 2. **RENTAS**
alquiler de maquinaria
- 3. **RENTAS**
alquiler de maquinaria
- 4. **RENTAS**
alquiler de maquinaria
- 5. **RENTAS**
alquiler de maquinaria

¡Visítanos en www.tiendaice.com o llama al 011 223 123 4567

F.P	Demanda Medida
Horaria	
0.93	0.00
0.92	0.00
0.90	0.00

Dispensa de servicio mediante oficio No. 1072 del 1-08-96 de la Tribunal con Directo.
Autorizado mediante oficio número 11-97 del 12 de agosto de 1997.

Costo Variable de Combustible Energía	₡3,096,101.95
Costo Variable de Combustible Demanda	₡4,452,512.72

143



Factura Electrónica

Número Consecutivo: 00100003010015742084

Clave: 50601042500400004213900100003010015742084107395798

Instituto Costarricense de Electricidad

Dirección: San José, San José, Mata Redonda, APARTADO 10032-

Cédula Jurídica: 4000042139

Teléfono: 1194

Email: FacturaElectronicaElectricidad@ice.go.cr

Factura Interno: 25038386536

Tipo Documento: FACTURA

Fecha y Hora: 01/04/2025 09:06:10 PM

Condición de Venta: CONTADO

Método de Pago: Efectivo

Moneda: CRC

Nise: 7577

Mes Cobro: 2025-03

Receptor del Comprobante

Nombre: CAJA COSTARRICENSE DE SEGURO SOCIAL

Dirección: ALAJUELA, ALAJUELA, ALAJUELA, SECRETARIA DIRECCION ADMTVA, 3 PISO HSRA

Identificación: 4000042147

Teléfono:

Email: hbrenesm@ccss.sa.cr; csalass@ccss.sa.cr; vmorasan@ccss.sa.cr

Facturación

Cantidad	Descripción	Precio	Descuento	Exonerado	I.V.A	Sub Total
50000	ALUMBRADO PUBLICO	153,000.00	0.00	0.00	0.00	153,000.00
1	ENERGIA	15,174,558.06	0.96	0.00	0.00	15,174,557.10
1	DEMANDA	20,185,007.90	0.00	0.00	0.00	20,185,007.90

Importe Total Facturado 35,512,565.00

Importe Pagado 0.00

Importe Total a Pagar 35,512,565.00

Fecha de Vencimiento 21/04/2025

Este detalle y el XML adjunto corresponden al cumplimiento de la normativa No DGT-R-033-2019 DEL 27 DE JUNIO DEL 2019 emitido por el Ministerio de Hacienda, le estará llegando a su correo normalmente el detalle aprobado por la ARESEP

VERSIÓN 4.3





Factura Electrónica

Número Consecutivo: 00100003010015934955

Clave: 50601052500400004213900100003010015934955168568743

Instituto Costarricense de Electricidad

Dirección: San José, San José, Mata Redonda, APARTADO 10032-

Cédula Jurídica: 4000042139

Teléfono: 1194

Email: FacturaElectronicaElectricidad@ice.go.cr

Factura Interno: 25048392471

Tipo Documento: FACTURA

Fecha y Hora: 01/05/2025 09:04:32 PM

Condición de Venta: CONTADO

Método de Pago: Efectivo

Moneda: CRC

Nise: 7577

Mes Cobro: 2025-04

Receptor del Comprobante

Nombre: CAJA COSTARRICENSE DE SEGURO SOCIAL

Dirección: ALAJUELA, ALAJUELA, ALAJUELA, SECRETARIA DIRECCION ADMITVA, 3 PISO HSRA

Identificación: 4000042147

Teléfono:

Email: hbrenesm@ccss.sa.cr;csalass@ccss.sa.cr;vmorasan@ccss.sa.cr

Facturación

Cantidad	Descripción	Precio	Descuento	Exonerado	I.V.A	Sub Total
1	REDONDEO	0.65	0.00	0.00	0.00	0.65
1	DEMANDA	19,758,693.92	0.00	0.00	0.00	19,758,693.92
50000	ALUMBRADO PUBLICO	153,000.00	0.00	0.00	0.00	153,000.00
1	ENERGIA	14,730,660.43	0.00	0.00	0.00	14,730,660.43

Importe Total Facturado	34,642,355.00
Importe Pagado	0.00
Importe Total a Pagar	34,642,355.00
Fecha de Vencimiento	19/05/2025

Este detalle y el XML adjunto corresponden al cumplimiento de la normativa No.DGT-R-033-2019 DEL 27 DE JUNIO DEL 2019 emitido por el Ministerio de Hacienda, le estará llegando a su correo normalmente el detalle aprobado por la ARESEP

VERSIÓN 4.3

