



***Propuesta para un plan de mejora energética del sistema de alumbrado público
en la cancha La Propicia 4***

***Proposal for an energy improvement plan for the public lighting system on La
Propicia 4 court***

***Proposta de plano de melhoria energética para o sistema de iluminação pública
do bloco 4 da Rua La Propicia***

Luis Antonio Alvarez-Delgado ^I
luisalvarez@insluistello.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0005-9394-4995>

Mayra Nor Valencia-Bacilio ^{II}
mnvalencia@istluistello.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-5871-3025>

Correspondencia: luisalvarez@insluistello.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

*** Recibido:** 13 de febrero de 2025 ***Aceptado:** 25 de marzo de 2025 *** Publicado:** 12 de abril de 2025

- I. Instituto Superior Tecnológico Luis Tello, Carrera de Tecnología Superior en Electricidad, Esmeraldas, Ecuador.
- II. Instituto Superior Tecnológico Luis Tello, Carrera de Tecnología Superior en Electricidad, Esmeraldas, Ecuador.

Resumen

La iluminación adecuada en espacios deportivos es un factor determinante para garantizar condiciones óptimas de visibilidad, seguridad y confort visual. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo diseñar y optimizar el sistema de iluminación pública en el campo La Propicia 4, mediante la implementación de tecnología LED eficiente, con base en los estándares nacionales e internacionales de iluminación deportiva. Para el desarrollo de la investigación, se realizó un análisis del sistema de iluminación actual, identificando deficiencias en la distribución y niveles de iluminancia. Se determinó que la configuración existente de cuatro postes de iluminación con reflectores de 400 W en dos de ellos y los otros sin luminarias genera un nivel de iluminancia deficiente. A partir del modelado en DIALux, se propuso una nueva configuración con cuatro postes y dos reflectores LED de 200 W en cada uno, logrando un nivel de 85 luxes, lo que representa una mejora en la iluminación, aunque aún por debajo del valor recomendado de 200 lux según la norma UNE 12193-2020. El análisis técnico y económico demostró que la sustitución de las luminarias existentes por tecnología LED disminuye el consumo energético, reduce costos operativos y prolonga la vida útil del sistema. Como resultado, se propone la optimización del diseño mediante ajustes en la distribución de luminarias o el incremento de potencia lumínica para cumplir con los estándares requeridos. Se concluye que la implementación del nuevo sistema de iluminación en el campo La Propicia 4 permitirá mejorar la seguridad y funcionalidad del espacio, promoviendo el desarrollo de actividades deportivas y recreativas en la comunidad de manera eficiente y sostenible.

Palabras clave: iluminación deportiva; eficiencia energética; tecnología LED; diseño luminotécnico; DIALux.

Abstract

Adequate lighting in sports venues is a determining factor in ensuring optimal visibility, safety, and visual comfort. In this context, this study aims to design and optimize the public lighting system at the La Propicia 4 field by implementing efficient LED technology based on national and international sports lighting standards. For the development of the research, an analysis of the current lighting system was performed, identifying deficiencies in distribution and illuminance levels. It was determined that the existing configuration of four lighting poles with 400 W reflectors on two of them and without luminaires on the others generates a deficient illuminance level. Based

on DIALux modeling, a new configuration was proposed with four poles and two 200 W LED reflectors on each one, achieving a level of 85 lux, which represents an improvement in lighting, although still below the recommended value of 200 lux according to the UNE 12193-2020 standard. The technical and economic analysis demonstrated that replacing the existing luminaires with LED technology reduces energy consumption, reduces operating costs, and extends the system's lifespan. As a result, design optimization is proposed by adjusting luminaire distribution or increasing lighting output to meet the required standards. It is concluded that the implementation of the new lighting system on the La Propicia 4 field will improve the safety and functionality of the space, promoting the development of sports and recreational activities in the community in an efficient and sustainable manner.

Keywords: sports lighting; energy efficiency; LED technology; lighting design; DIALux.

Resumo

Uma iluminação adequada em recintos desportivos é um fator determinante para garantir uma ótima visibilidade, segurança e conforto visual. Neste contexto, este estudo tem como objetivo projetar e otimizar o sistema de iluminação pública de La Propicia 4, através da implementação de tecnologia LED eficiente, baseada em normas nacionais e internacionais de iluminação desportiva. Para o desenvolvimento da investigação, foi realizada uma análise do sistema de iluminação atual, identificando deficiências na distribuição e nos níveis de iluminância. Foi determinado que a configuração existente de quatro postes de iluminação com refletores de 400 W em dois deles e nenhuma luminária nos outros gerava um nível de iluminância deficiente. Com base no modelo DIALux, foi proposta uma nova configuração com quatro postes e dois reflectores LED de 200 W em cada um, atingindo um nível de 85 lux, o que representa uma melhoria na iluminação, embora ainda abaixo do valor recomendado de 200 lux segundo a norma UNE 12193-2020. A análise técnica e económica demonstrou que a substituição das luminárias existentes pela tecnologia LED reduz o consumo de energia, diminui os custos de operação e prolonga a vida útil do sistema. Como resultado, a otimização do projeto é proposta ajustando a distribuição da luminária ou aumentando a saída de iluminação para cumprir os padrões exigidos. Conclui-se que a implementação do novo sistema de iluminação em La Propicia 4 irá melhorar a segurança e a funcionalidade do espaço, promovendo o desenvolvimento de atividades desportivas e recreativas na comunidade de forma eficiente e sustentável.

Palavras-chave: iluminação desportiva; eficiência energética; Tecnologia LED; projeto de iluminação; DIALux.

Introducción

La iluminación en espacios deportivos es un factor fundamental para garantizar condiciones óptimas de visibilidad, seguridad y confort visual tanto para los jugadores como para los espectadores. Un sistema de iluminación adecuado no solo mejora la funcionalidad del espacio, sino que también optimiza el consumo energético y reduce los costos operativos a largo plazo. En este contexto, la presente investigación propone el diseño y optimización energética del sistema de iluminación pública en el campo La Propicia 4, con el objetivo de mejorar las condiciones lumínicas mediante la implementación de tecnología eficiente y sostenible. Actualmente, el sistema de iluminación en el campo La Propicia 4 presenta deficiencias significativas, lo que limita su uso en horario nocturno y afecta el desarrollo de actividades deportivas y recreativas en la comunidad. Se ha identificado que el sistema existente cuenta con cuatro postes de iluminación, de los cuales algunos presentan luminarias obsoletas o carecen de reflectores, lo que genera una iluminancia insuficiente para el correcto desempeño deportivo. Según el análisis realizado mediante DIALux, la configuración propuesta de cuatro postes con dos reflectores LED de 200 W cada uno genera 85 luxes, lo que representa una mejora en la iluminación, pero aún por debajo del valor recomendado de 200 luxes según la norma UNE 12193-2020 para canchas deportivas de tipo recreativo. El diseño planteado en esta investigación tiene como propósito establecer un sistema de iluminación eficiente y normativa, optimizando la distribución de luminarias para garantizar una iluminación homogénea y sostenible. Para ello, se considerará el uso de tecnología LED de alto rendimiento, priorizando la reducción del consumo energético y el cumplimiento de los estándares nacionales e internacionales de iluminación deportiva. La metodología aplicada en este estudio se divide en tres fases: (1) Análisis del sistema de iluminación actual, identificando deficiencias en la iluminación existente; (2) Diseño del nuevo sistema de iluminación, definiendo la distribución de luminarias y los cálculos luminotécnicos con base en herramientas especializadas como DIALux; y (3) Evaluación económica y energética, determinando los beneficios del nuevo sistema en términos de eficiencia y costos operativos. Con este estudio se espera proporcionar una solución técnica viable que permita mejorar la calidad del alumbrado en el campo La Propicia 4, promoviendo el uso adecuado de la infraestructura deportiva y garantizando un entorno seguro para la comunidad.

Desarrollo

Estado actual del sistema de iluminación

La iluminación en espacios deportivos es un factor crítico para garantizar la seguridad de los usuarios, el correcto desempeño de las actividades y el cumplimiento de normativas técnicas establecidas. En el caso del campo La Propicia 4, se identificaron deficiencias en la infraestructura luminotécnica que limitan su funcionalidad en horario nocturno y afectan la calidad del servicio prestado a la comunidad.

Evaluación de la infraestructura existente

El sistema actual de iluminación en La Propicia 4 consta de cuatro postes de 9.5 metros de altura, de los cuales dos cuentan con reflectores de 400 W de tecnología metal halide, mientras que los otros dos no poseen ningún tipo de luminaria. Esta distribución genera una iluminación deficiente y desigual, dejando zonas con baja visibilidad y aumentando el riesgo de accidentes durante actividades deportivas y recreativas. Según los datos obtenidos en el análisis luminotécnico mediante DIALux, el sistema actual proporciona una iluminancia promedio de 42.2 lux, lo que representa menos del 50 % del mínimo recomendado para canchas de uso recreativo de acuerdo con la norma UNE 12193-2020, la cual establece un requisito de 200 lux para este tipo de instalaciones. Asimismo, la Resolución Nro. ARCERNNR-020 (2023) indica que la iluminancia promedio para canchas deportivas debe situarse entre 75 y 90 lux, lo que confirma la insuficiencia del sistema de iluminación existente.

Análisis de deficiencias del sistema actual

Los principales problemas identificados en el sistema de iluminación actual incluyen:

Baja iluminancia: La cantidad de luz proyectada en la superficie de la cancha es insuficiente, lo que genera sombras pronunciadas y afecta la visibilidad de los jugadores y espectadores.

Desigual distribución de la luz: Al no contar con un diseño optimizado de luminarias, la iluminación presenta zonas oscuras y áreas de sobreexposición, lo que dificulta el confort visual y genera deslumbramientos en ciertas áreas.

Alto consumo energético: La tecnología metal halide de 400 W presenta una baja eficiencia lumínica, con una vida útil limitada y un consumo energético elevado en comparación con alternativas más eficientes como la tecnología LED. **Falta de mantenimiento y modernización:** El sistema de iluminación no ha sido actualizado conforme a los avances tecnológicos, lo que genera costos elevados de operación y mantenimiento.

Inadecuada orientación de las luminarias: La disposición actual de los reflectores no sigue criterios de distribución fotométrica óptima, lo que contribuye a la ineficiencia del sistema. Como se aprecia en el Anexo 1, la disposición actual de los reflectores presenta un patrón asimétrico que incumple los estándares fotométricos, lo que explica la pérdida de uniformidad lumínica en el área evaluada.

Revisión de normativas aplicables

El diseño de iluminación en espacios deportivos debe cumplir con regulaciones nacionales e internacionales que garantizan la eficiencia y seguridad del sistema. En este sentido, se identificaron los siguientes estándares como referencia para evaluar el estado actual del sistema de iluminación:

Norma UNE 12193-2020: Establece los niveles mínimos de iluminancia para diferentes categorías de canchas deportivas. Para canchas recreativas como La Propicia 4, se recomienda un mínimo de 200 lux.

Resolución Nro. ARCERNNR-020 (2023): Regula los criterios luminotécnicos en instalaciones deportivas en Ecuador, estableciendo un rango de 75 a 90 lux para canchas de uso múltiple y recreativo.

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 070:2015: Regula la seguridad en instalaciones eléctricas, incluyendo la iluminación exterior en espacios públicos y deportivos.

La comparación entre los valores normativos y los niveles de iluminancia obtenidos en el análisis actual confirma la necesidad de una optimización del sistema de iluminación en el campo La Propicia 4, con la finalidad de mejorar su desempeño lumínico y su eficiencia energética.

Implicaciones de la iluminación deficiente en la comunidad:

El estado actual del sistema de iluminación no solo representa un problema técnico, sino que también afecta el desarrollo de actividades deportivas y recreativas en la comunidad. Las principales implicaciones detectadas son:

Reducción del tiempo de uso de la cancha:

La falta de iluminación adecuada limita las actividades en horario nocturno, reduciendo el acceso de la comunidad a instalaciones deportivas seguras.

Mayor riesgo de accidentes:

La baja visibilidad aumenta la posibilidad de lesiones para jugadores y espectadores debido a caídas o colisiones.

Inseguridad en el entorno:

Un sistema de iluminación deficiente puede contribuir a la percepción de inseguridad en la zona, afectando la convivencia y el uso del espacio público.

Desperdicio energético:

La tecnología actual presenta un consumo elevado sin generar niveles adecuados de iluminación, lo que incrementa innecesariamente el gasto energético y económico.

Necesidad de un nuevo diseño de iluminación:

Con base en los resultados obtenidos, se evidencia la urgencia de implementar un nuevo sistema de iluminación que garantice:

- Cumplimiento de los estándares normativos mediante la optimización de la iluminancia y distribución lumínica.
- Eficiencia energética con la adopción de tecnología LED, reduciendo el consumo y los costos operativos.
- Mejora en la uniformidad de la luz con una correcta orientación y distribución de las luminarias.
- Mayor vida útil del sistema con un diseño basado en criterios de sostenibilidad y bajo mantenimiento.

El nuevo diseño propuesto contempla la instalación de cuatro postes con dos reflectores LED de 200 W cada uno, lo que permitirá mejorar los niveles de iluminancia a 85 lux, acercándose a los valores requeridos por la normativa vigente. En la siguiente sección se presenta el diseño optimizado del sistema de iluminación para el campo La Propicia 4, detallando la selección de luminarias, su distribución y los cálculos luminotécnicos que respaldan su eficiencia y viabilidad.

Diseño del nuevo sistema de iluminación:

El diseño de un sistema de iluminación eficiente para el campo La Propicia 4 requiere una planificación luminotécnica que garantice niveles de iluminancia adecuados, distribución uniforme de la luz y reducción del consumo energético. Para ello, se han considerado los criterios normativos internacionales y nacionales, así como herramientas de simulación computacional para validar la propuesta.

Criterios de diseño:

El diseño del sistema de iluminación se basa en las siguientes consideraciones técnicas:

Iluminancia requerida:

De acuerdo con la norma UNE 12193-2020, para canchas deportivas de tipo recreativo se recomienda una iluminancia de 200 lux. Sin embargo, la Resolución Nro. ARCERNNR-020 (2023) establece un rango entre 75 y 90 lux para canchas de uso múltiple y recreativo en Ecuador.

Uniformidad lumínica:

Se busca minimizar zonas de sombra y deslumbramientos para optimizar la visibilidad de los jugadores y espectadores.

Eficiencia energética:

Se prioriza el uso de tecnología LED para reducir el consumo de energía y los costos de mantenimiento.

Seguridad y normativas eléctricas:

Se cumple con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 070:2015, que regula la seguridad en instalaciones eléctricas en espacios públicos y deportivos.

Selección de luminarias LED

Para optimizar la eficiencia lumínica del campo La Propicia 4, se ha optado por la instalación de cuatro postes de 9.5 metros de altura, cada uno con dos reflectores LED de 200 W. La elección de esta configuración se fundamenta en:

Mayor eficiencia luminosa: La tecnología LED presenta una eficiencia de 130-150 lúmenes por vatio (lm/W), lo que permite reducir el consumo sin afectar la calidad de la iluminación (García et al., 2023).

Larga vida útil: Las luminarias LED tienen una vida útil estimada de 50,000 horas, en comparación con los 8,000 a 12,000 horas de los reflectores de halogenuros metálicos tradicionales. Menor consumo energético: La reducción en el consumo eléctrico se traduce en un ahorro del 50 al 60 % en costos de operación anual (Santos & Medina, 2023).

Mejor reproducción cromática: Las luminarias seleccionadas cuentan con un índice de reproducción cromática (CRI) mayor a 80, asegurando una percepción natural de los colores en el campo deportivo.

Modelado luminotécnico

Se realizó un análisis fotométrico utilizando DIALux, herramienta de simulación luminotécnica, con la configuración propuesta de 4 postes con 2 reflectores LED de 200 W cada uno. Los resultados obtenidos fueron los siguientes; Los cuales se representan en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados del análisis fotométrico utilizando DIALux para una configuración de 4 postes con 2 reflectores LED de 200 W cada uno.

Parámetro	Valor Obtenido	Valor Requerido (UNE12193-2020)
Iluminancia promedio	85 lux	200 lux
Uniformidad lumínica (UD)	0.45	≥ 0.5
Potencia total instalada	1,600 w	–
Vida útil estimada	50,000 h	–

Nota. Los datos fueron obtenidos mediante simulación en DIALux (auditorio propio).

Los resultados indican que la iluminancia obtenida de 85 lux mejora significativamente las condiciones actuales (42.2 lux), pero aún se encuentra por debajo del estándar de 200 lux.

Recomendado por la norma UNE 12193-2020 para canchas recreativas. Sin embargo, cumple con la Resolución Nro. ARCERNR-020 (2023) para instalaciones de uso recreativo en Ecuador. Para mejorar los niveles de iluminancia sin incrementar significativamente el consumo energético, se proponen dos alternativas de optimización: Incremento de potencia lumínica: Sustituir los reflectores de 200 W por modelos de 250 W, lo que permitiría alcanzar aproximadamente 100-110 lux sin comprometer la eficiencia energética. Rediseño de la distribución de luminarias: Se podrían añadir dos postes adicionales en los laterales del campo para mejorar la uniformidad lumínica y aumentar los niveles de iluminación.

Evaluación de costos y viabilidad

El análisis de costos se presenta en la siguiente tabla 2, comparando el sistema actual con la nueva propuesta LED.

Tabla 1. Comparación de costos y viabilidad entre el sistema actual y la nueva propuesta LED.

Concepto	Sistema Actual (Metal Halide)	Sistema Propuesto (LED)
Potencia total instalada	1,600 w	1.600 w
Vida Útil de Luminarias	8.000-12.000h	50.000 h
Consuma anual estimado	5.840 KWh	2.920KWh
Costo anual de Electricidad (0.10 USD/KWh)	584 USD	292 USD
Mantenimiento Anual	200 USD	80 USD
Retorno de Inversión (ROI)	-	4.5 años

Nota. Los datos fueron generados como parte de este estudio (auditorio propio).

La inversión inicial total para la instalación del nuevo sistema de iluminación LED es de 3,020 USD, incluyendo luminarias, cableado, reguladores y costos de instalación.

Comparación de costos de operación entre el sistema actual y el sistema LED

El consumo eléctrico anual estimado y los costos operativos de ambos sistemas se presentan en la siguiente Tabla 3.

Tabla 2. Comparación de costos de operación entre el sistema actual y el sistema LED

Concepto	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Reflectores LED de 200 w	8	180	1,440
Postes metálicos de 9.5 m (existentes)	4	-	0
Cableados y conexiones eléctricas	200 m	2.50	500
Instalación y mano de obra	-	-	600
Reguladores y protecciones eléctricas	4	120	480
Total, de inversión inicial	-	-	3,020 USD

Nota. Los datos fueron generados como parte de este estudio (auditorio propio).

Ahorro energético y reducción de costos

- La tecnología LED reducirá el consumo eléctrico anual en un 50 %, generando un ahorro de 292 USD al año en costos de energía.
- Se estima una disminución del 60 % en costos de mantenimiento, ya que las luminarias LED tienen una vida útil cuatro veces mayor que las de halogenuros metálicos.
- En total, el ahorro operativo anual será de aproximadamente 412 USD.

Evaluación de financiamiento y alternativas de inversión

Dado que el sistema de iluminación es un proyecto de interés comunitario, se consideran varias opciones de financiamiento:

Inversión municipal: Gestionar recursos a través del presupuesto de obras públicas. Fondos de eficiencia energética: Acceder a incentivos gubernamentales para la implementación de tecnología LED en espacios deportivos.

Patrocinios privados: Involucrar empresas locales interesadas en mejorar la infraestructura deportiva comunitaria. Participación ciudadana: Implementar modelos de colaboración donde la comunidad pueda contribuir al financiamiento de la instalación

Análisis costo-beneficio

Para determinar la viabilidad del proyecto, se realizó un análisis costo-beneficio (B/C) con base en la ecuación:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Beneficio Total en 10 años}}{\text{Costo Total del Proyecto}}$$

El beneficio total em 10 años incluye los ahorros em electricidad y mantenimiento:

Beneficio Total= (Ahorro anual x 10) = (412x10) = 4,120 USD

$$\frac{B}{C} = \frac{4,120}{3,020} = 1.36$$

El valor B/C > 1 indica que el proyecto es económicamente viable.

Consideraciones para la implementación del sistema

Para maximizar la eficiencia del proyecto, se recomienda:

- Optimización de la distribución de luminarias para mejorar la uniformidad lumínica y aumentar la iluminancia promedio.
- Monitoreo del consumo energético mediante medidores inteligentes para evaluar el desempeño del sistema.
- Mantenimiento programado con revisiones semestrales para garantizar la operatividad del sistema.
- Evaluación de energía solar fotovoltaica para complementar la alimentación eléctrica y reducir aún más los costos operativos.

Normativas INEN: Parámetros fotométricos

RESOLUCIÓN Nro. ARCERNNR – 029/2020

REGULACIÓN Nro. ARCERNNR 006/20

**EL DIRECTORIO DE LA AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGIA
Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES-
ARCERNNR**

CONSIDERANDO:

ARTÍCULO 9. PARÁMETROS FOTOMÉTRICOS DE LOS ESCENARIOS DEPORTIVOS

Lo escenarios deportivos deberán cumplir con los niveles de iluminancia establecidos en la Tabla 9.

Tabla 9. Parámetros fotométricos

Descripción:	Iluminancia Promedio mínimo (lx)	Uniformidad de la Iluminancia $U_0 \geq \%$
Canchas deportivas de uso múltiple y recreativo	75	90

Nota. Adaptado de "Resolución ARCERNNR 029/2020 y Regulación ARCERNNR 006/20", por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables ARCERNNR, (2020).

Metodología

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y descriptivo, con el objetivo de diseñar e implementar un sistema de iluminación eficiente para el campo La Propicia 4, garantizando el cumplimiento de normativas nacionales e internacionales. La metodología aplicada se estructuró en cuatro fases: análisis del sistema actual, modelado luminotécnico, diseño del sistema propuesto y evaluación económica y energética.

Diseño de la investigación

Este estudio empleó una metodología basada en el diseño y simulación luminotécnica, combinando mediciones de campo con herramientas de software especializadas. La investigación siguió la siguiente estructura:

- Análisis del sistema de iluminación actual
- Evaluación de la infraestructura existente.
- Medición de iluminancia con un luxómetro digital.
- Comparación con normativas vigentes.
- Modelado luminotécnico y simulación con DIALux
- Simulación del sistema actual y análisis de deficiencias.
- Modelado del sistema propuesto y optimización de la distribución lumínica.
- Diseño del nuevo sistema de iluminación
- Selección de luminarias LED eficientes.
- Cálculo de niveles de iluminancia y uniformidad lumínica.

- Evaluación económica y viabilidad financiera
- Cálculo del consumo energético y costos operativos.
- Análisis costo-beneficio y estimación del retorno de inversión (ROI).

Recolección de datos y análisis

Para la recopilación y análisis de datos, se utilizaron las siguientes herramientas y técnicas:

Mediciones de campo

Se realizaron mediciones de iluminancia utilizando un luxómetro digital en distintos puntos del campo, considerando condiciones de iluminación natural y artificial.

Los datos obtenidos se compararon con los valores establecidos en la norma UNE 12193-2020 y la Resolución Nro. ARCERNNR-020 (2023) para canchas recreativas.

Simulación con software DIALux

El modelado del sistema de iluminación se realizó en DIALux, un software de simulación luminotécnica ampliamente utilizado en el diseño de sistemas de iluminación. Se llevaron a cabo los siguientes análisis:

- **Simulación del sistema actual:** Evaluación de la iluminancia promedio y uniformidad lumínica.
- **Diseño del sistema propuesto:** Optimización de la distribución de luminarias y cálculo de niveles de iluminancia.

Selección de luminarias y cálculo de eficiencia

Se seleccionaron reflectores LED de 200 W, considerando criterios de eficiencia lumínica (lm/W), vida útil y costo operativo, se representa en la Figura 1.

***Figura 1.** Luminarias*



Nota. Las luminarias representadas en esta figura han sido seleccionadas bajo criterios de eficiencia energética, durabilidad y bajo impacto ambiental.

Se calculará los siguientes parámetros:

- Iluminancia (lux): Relación entre la cantidad de luz emitida y la superficie iluminada.
- Uniformidad lumínica (U0): Diferencia entre las zonas más iluminadas y las menos iluminadas del campo.
- Eficiencia energética: Relación entre la potencia consumida y la luz generada.

Evaluación económica y financiera

Se realizó un análisis comparativo entre el sistema actual y el sistema propuesto, evaluando:

- Costo de inversión inicial (equipos, instalación, mano de obra).
- Costo de operación y mantenimiento (vida útil de luminarias, consumo energético).
- Retorno de inversión (ROI) y tiempo de recuperación.
- Análisis costo-beneficio (B/C) para determinar la viabilidad del proyecto.

Criterios normativos aplicados

El diseño del sistema de iluminación se basó en las siguientes normativas:

- Norma UNE 12193-2020: Define los niveles mínimos de iluminancia para instalaciones deportivas.
- Resolución Nro. ARCERNNR-020 (2023): Regula los requisitos de iluminación en canchas deportivas en Ecuador.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 070:2015: Establece criterios de seguridad para instalaciones eléctricas.

Limitaciones del estudio

Las principales limitaciones del estudio incluyen:

Condiciones climáticas variables: Las mediciones de iluminancia pueden verse afectadas por cambios en la luz natural.

Disponibilidad de financiamiento: La implementación del sistema depende de recursos municipales o privados.

Optimización de la distribución lumínica: Se requerirá un ajuste en la inclinación y orientación de las luminarias para mejorar la uniformidad.

Resultados y Discusión

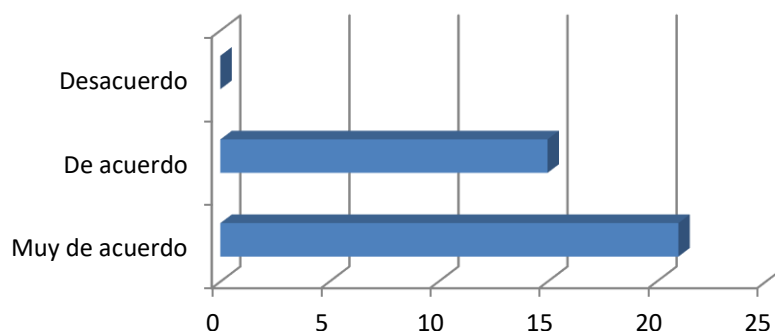
En este apartado se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de los instrumentos de recolección de información a la muestra de estudio seleccionada.

Tabla 4. Resultados distribución frecuencial, pregunta 1, ¿Considera que las mejoras en el alumbrado público es una necesidad de la comunidad La Propicia 4?

Opciones de respuesta	Frecuencia (F)	Porcentaje (%)
Muy de acuerdo	21	58,3
De acuerdo	15	41,7
Desacuerdo	0	0
Total	36	100

Nota. Elaboración propia. Fuente: resultados de la encuesta aplicada a la población en estudio.

Figura 2. Resultados distribución frecuencial, pregunta 1, ¿Considera que las mejoras en el alumbrado público es una necesidad de la comunidad La Propicia 4?



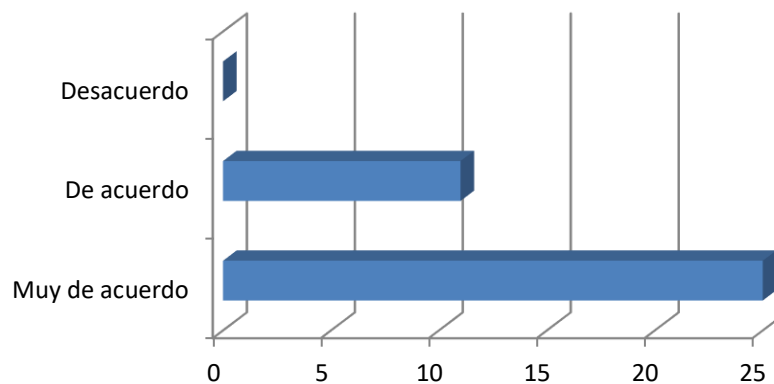
Nota. Elaboración propia. Fuente: resultados de la encuesta aplicada a la población en estudio

Considerando que el Alumbrado Público es una infraestructura esencial para garantizar el bienestar y la calidad de vida de las personas que viven en zonas urbanas y rurales, brindando, entre otros beneficios, seguridad, visibilidad y embellecimiento de las áreas públicas, se consultó a los habitantes de la comunidad sobre esta afirmación y el 100% tuvo una tendencia favorable; es decir, el 58,3% está muy de acuerdo; y el 41,7% está de acuerdo, con lo cual los habitantes de la comunidad manifiestan que las mejoras en el alumbrado público son beneficiosas para el sector, por tanto inciden en las mejoras de la calidad de vida.

Tabla 5. Resultados distribución frecuencial, pregunta 2, ¿Cree que alumbrado público mejora la seguridad de la comunidad La Propicia 4?

Opciones de respuesta	Frecuencia (F)	Porcentaje (%)
Muy de acuerdo	25	69,44
De acuerdo	11	30,55
Desacuerdo	0	0
Total	36	100

Nota. Elaboración propia. Fuente: resultados de la encuesta aplicada a la población en estudio.

Figura 3. Resultados distribución frecuencial, pregunta 2, ¿Cree que alumbrado público mejora la seguridad de la comunidad La Propicia 4?

Nota. Elaboración propia. Fuente: resultados de la encuesta aplicada a la población en estudio

Se considera que el alumbrado público, suele emplearse para elevar la seguridad y la calidad de vida, al prolongar artificialmente las horas de luz para que pueda desarrollarse las actividades cotidianas. Es por ello que los encuestados consideraron en un 69,44% que están muy de acuerdo en que el alumbrado público mejora la seguridad de la comunidad; seguido de un 30,55% que están de acuerdo con esta afirmación. Estos resultados se relacionan con lo encontrado en la tabla anterior, donde mencionaron que es una necesidad para la comunidad La Propicia 4 del cantón Esmeraldas.

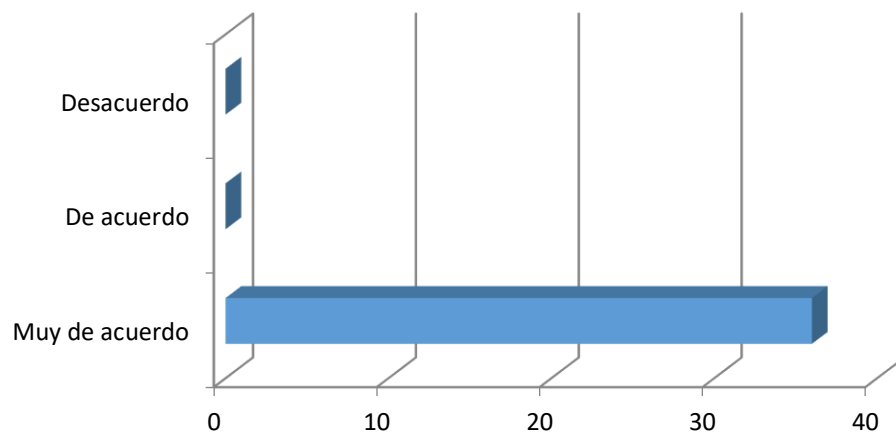
Tabla 6. Resultados distribución frecuencial, pregunta 3, ¿Considera que la iluminación en la cancha La Propicia 4 es una necesidad de la comunidad?

Opciones de respuesta	Frecuencia (F)	Porcentaje (%)
Muy de acuerdo	36	100
De acuerdo	0	0

Desacuerdo	0	0
Total	36	100

Nota. Elaboración propia. Fuente: resultados de la encuesta aplicada a la población en estudio

Figura 4. Resultados distribución frecuencial, pregunta 3, ¿Considera que la iluminación en la cancha La Propicia 4 es una necesidad de la comunidad?



Nota. Elaboración propia. Fuente: resultados de la encuesta aplicada a la población en estudio

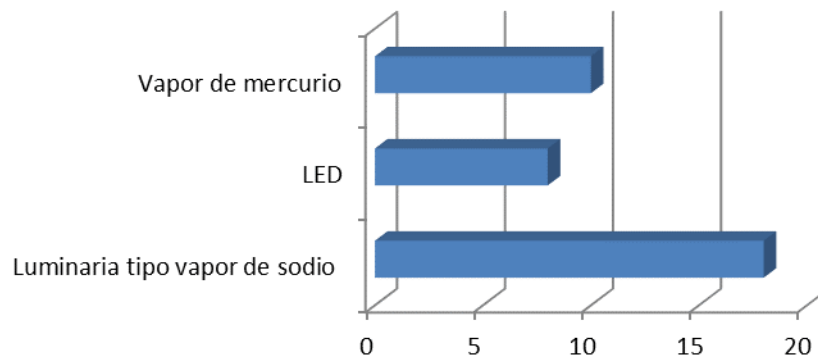
En cuanto a la necesidad de iluminación en la cancha del sector La Propicia 4 se tiene que la iluminación en instalaciones deportivas no es simplemente un aspecto estético, sino un aspecto fundamental que influye directamente en la experiencia de los jugadores, deportistas o miembros de la comunidad que practican actividad física y espectadores. No solo afecta la visibilidad, sino que también tiene un impacto significativo en el rendimiento, la seguridad y el disfrute general de las actividades deportivas. Por lo cual el 100% de los encuestados estuvieron muy de acuerdo con esta afirmación, lo que indica el interés en obtener mejoras energéticas para esta comunidad y particularmente en esta área deportiva.

Tabla 7. Resultados distribución frecuencial, pregunta 4, de las siguientes opciones señale ¿Cuál es el tipo de luminaria empleada en la comunidad La Propicia 4?

Opciones de respuesta	Frecuencia (F)	Porcentaje (%)
Luminaria tipo vapor de sodio	18	50
LED	8	22,2
Vapor de mercurio	10	27,7
Total	36	100

Nota. Elaboración propia. Fuente: resultados de la encuesta aplicada a la población en estudio

Figura 5. Resultados distribución frecuencial, pregunta 4, de las siguientes opciones señale ¿Cuál es el tipo de luminaria empleada en la comunidad La Propicia 4?



Nota. Elaboración propia. Fuente: resultados de la encuesta aplicada a la población en estudio

El alumbrado público convencional, particularmente en de las plazas, como el de las canchas deportivas, según la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP, 2023) se denominan ornamentales y es la iluminación de áreas públicas como: parques, plazas, iglesias, piletas, cementerios, monumentos y similares. Está a cargo de los GADS u organismos estatales y/o privados competentes. Cabe destacar que los trabajos de alumbrado público intervenido y ornamental, se coordinan con los GADs Cantonal y Provincial, teniendo la competencia de operación y mantenimiento bajo la exclusiva responsabilidad de cada uno de ellos.

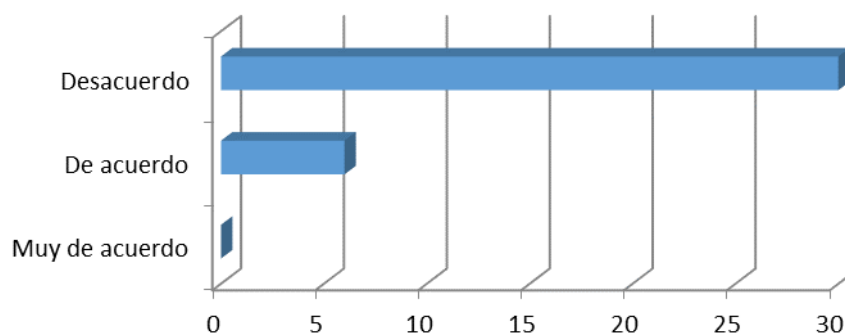
Es importante conocer que es el tipo más común de alumbrado público, pero es menos eficiente y tiene un mayor costo de mantenimiento. Se comprende que este tipo de alumbrado público utiliza lámparas incandescentes, de vapor de mercurio, de sodio o de haluro metálico para iluminar las calles y lugares públicos.

Actualmente se emplean lámparas de tecnología SAP (Lámpara de vapor de sodio de Alta Presión - de tono anaranjado), luminarias LED, Aditivos Haluro Metálicos y MCC (Vapor de Mercurio). Al indagar en la población sobre los tipos de iluminación existente en el cantón Esmeraldas y particularmente en comunidad Propicia 4 se encontró que el 50% señala que la Luminaria empleada es de tipo vapor de sodio y en segundo tipo las de Vapor de mercurio, por ultimo las luminarias LED, las cuales son consideradas como más amigables con el medio ambiente. Este resultado evidencia que las luces empleadas son en su mayoría convencionales que deben ser reemplazadas por un sistema que contribuya con el medio ambiente.

Tabla 8. Resultados distribución frecuencial, pregunta 5, ¿Considera que el alumbrado público de la cancha La Propicia 4 recibe mantenimiento constante?

Opciones de respuesta	Frecuencia (F)	Porcentaje (%)
Muy de acuerdo	0	0
De acuerdo	6	16,6
Desacuerdo	30	83,33
Total	36	100

Nota. Elaboración propia. Fuente: resultados de la encuesta aplicada a la población en estudio

Figura 6. Resultados distribución frecuencial, pregunta 5, ¿Considera que el alumbrado público de la cancha La Propicia 4 recibe mantenimiento constante?

Nota. Elaboración propia. Fuente: resultados de la encuesta aplicada a la población en estudio

Al observar los resultados de la presente tabla, el 83,3% de los encuestados manifiestan que están en desacuerdo con la afirmación sobre el mantenimiento constante de las luminarias de la Cancha del sector en estudio, seguido de un 16,6% que indican que están de acuerdo. Estos resultados se relacionan con la Tabla 4 en la cual se encontró que las luminarias presentes en el sector son convencionales por lo que ameritan mayores esfuerzos económicos para su sostenimiento y mantenimiento, al igual que las emisiones de gases tóxicos para el ser humano y el medio ambiente.

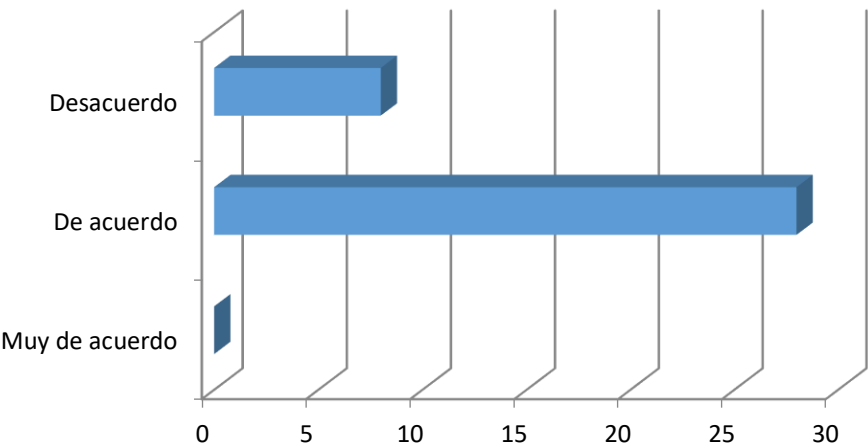
Tabla 9. Resultados distribución frecuencial, pregunta 6, ¿Considera que el alumbrado público de la cancha La Propicia 4 facilitaría la realización de actividades culturales?

Opciones de respuesta	Frecuencia (F)	Porcentaje (%)
Muy de acuerdo	28	77,7
De acuerdo	8	22,2

Desacuerdo	0	0
Total	36	100

Nota. Elaboración propia. Fuente: resultados de la encuesta aplicada a la población en estudio

Figura 7. Resultados distribución frecuencial, pregunta 6, ¿Considera que el alumbrado público de la cancha La Propicia 4 facilitaría la realización de actividades culturales?



Nota. Elaboración propia. Fuente: resultados de la encuesta aplicada a la población en estudio

En relación a la importancia de la Cancha como espacio que favorece las actividades culturales y recreativas se ha encontrado que el 100% poseen una tendencia favorable sobre la afirmación, de los cuales el 77,7% de los encuestados consideran que están “Muy de acuerdo” , 22,2% están “de acuerdo” que una adecuada iluminación en la Cancha facilitaría la realización de actividades culturales, y por lo cual se comprueba que el alumbrado público es un servicio esencial para las ciudades y pueblos y comunidades rurales. La iluminación adecuada de las calles y lugares públicos mejora la seguridad, reduce la delincuencia, facilita el tráfico y la movilidad, y crea un ambiente agradable y seguro. El alumbrado permite que las personas puedan disfrutar de actividades recreativas al aire libre durante la noche, por lo que el mantenimiento de las instalaciones contribuye con las mejoras en la calidad de vida de sus habitantes.

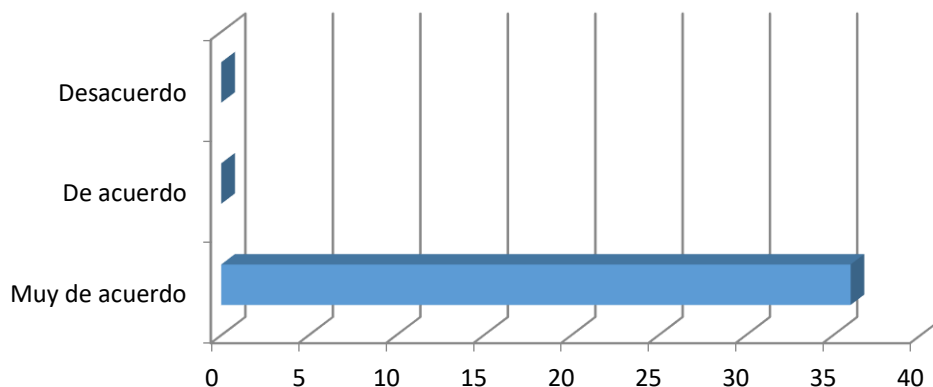
Tabla 10. Resultados distribución frecuencial, pregunta 7. ¿Considera que el alumbrado público de la cancha La Propicia 4 sería más eficiente a través del sistema LED?

Opciones de respuesta	Frecuencia (F)	Porcentaje (%)
Muy de acuerdo	36	100

De acuerdo	0	0
Desacuerdo	0	0
Total	36	100

Nota. Elaboración propia. Fuente: resultados de la encuesta aplicada a la población en estudio

Figura 8. Resultados distribución frecuencial, pregunta 7. ¿Considera que el alumbrado público de la cancha La Propicia 4 sería más eficiente a través del sistema LED?



Nota. Elaboración propia. Fuente: resultados de la encuesta aplicada a la población en estudio

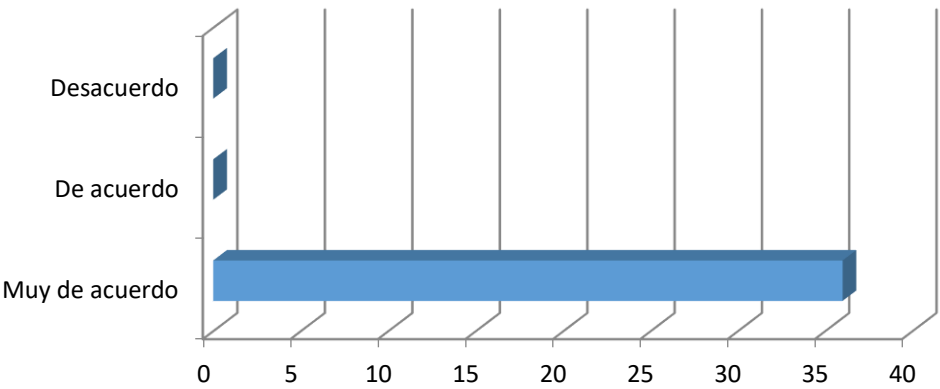
Al indagar en los resultados de la presente tabla se ha encontrado que el 100% de los encuestados manifiestan que el sistema de iluminación LED sería más eficiente en el sector y particularmente en la cancha deportiva. El Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería sustenta lo anterior cuando afirma que estas lámparas (LED) pueden ahorrar entre 40% y 70% de la energía consumida por las lámparas convencionales, lo que podría suponer un ahorro de alrededor de 30% en la gestión del alumbrado público. Este ahorro no es sólo económico, sino también medioambiental. Sustituir las lámparas convencionales por LED podría suponer una importante reducción de las emisiones de CO₂, contribuyendo a la lucha contra el cambio climático y a la sostenibilidad de las ciudades y las personas. Sustituir las lámparas convencionales por LED podría suponer una importante reducción de las emisiones de CO₂, contribuyendo a la lucha contra el cambio climático y a la sostenibilidad de las ciudades y las personas.

Tabla 11. Resultados distribución frecuencial, pregunta 8, ¿Considera que es necesaria la generación de una propuesta de mejora alumbrado público de la cancha La Propicia 4?

Opciones de respuesta	Frecuencia (F)	Porcentaje (%)
Muy de acuerdo	36	100
De acuerdo	0	0
Desacuerdo	0	0
Total	36	100

Nota. Elaboración propia. Fuente: resultados de la encuesta aplicada a la población en estudio

Figura 9. Resultados distribución frecuencial, pregunta 8. ¿Considera que es necesaria la generación de una propuesta de mejora alumbrado público de la cancha La Propicia 4?



Nota. Elaboración propia. Fuente: resultados de la encuesta aplicada a la población en estudio

En general, la implementación del sistema de alumbrado público LED y los sistemas de iluminación inteligente puede resultar en una mayor eficiencia energética, una mayor durabilidad, una mejora en la calidad de la luz, un mejor control, una mayor flexibilidad, y una reducción en la contaminación lumínica. Todo esto puede mejorar la calidad de vida de las personas y reduce la inseguridad debido a la oscuridad en ciertos puntos y así hacer que las calles sean más seguras y agradables para un tránsito libre por la noche. Por lo que se tiene que el 100% de los encuestados han manifestado estar muy de acuerdo en la generación de una propuesta de mejora alumbrado público de la cancha La Propicia 4.

Propuesta integral de optimización energética para el alumbrado público en la cancha

La Propicia 4

Propósito

Transformar el sistema de iluminación de la cancha La Propicia 4, dando prioridad tanto a la eficiencia energética como a la calidad de la luz, a través de la implementación de tecnologías de vanguardia y la utilización eficiente de los recursos. Nuestra meta es evidente: disminuir el uso de energía eléctrica, incrementar los niveles de seguridad y potenciar la visibilidad en el espacio para todos los usuarios. Por su influencia, este proyecto se convertirá en un modelo de referencia en términos de sostenibilidad y eficacia.

Metas específicas

Diagnóstico inicial:

- Efectuar un estudio detallado de la condición actual del sistema de iluminación en la cancha, identificando deficiencias y posibilidades de optimización.
- Incorporar tecnologías innovadoras y equipos eficientes que logren una reducción real del consumo.
- Ofrecer una iluminación superior que beneficie a los usuarios, minimizando zonas oscuras y asegurando una experiencia segura y cómoda.
- Incorporar sistemas de energías renovables, tales como la solar, favoreciendo de esta manera un futuro más sustentable.

Diagnóstico de condiciones actuales.

1. Contabilizar y clasificar cada luminaria en términos de tipo, potencia y ubicación, para entender sus características y desempeño.
2. Evaluar el uso medio mensual de energía en el sistema de iluminación, detectando picos y patrones de consumo.
3. Medir la intensidad y uniformidad de la iluminación en el espacio, comparándola con los estándares recomendados para áreas deportivas.
4. Identificar problemas en la distribución lumínica, tales como áreas poco iluminadas o desbalanceadas, así como consumos innecesariamente elevados.

Estrategias avanzadas para una mejora energética efectiva

Reemplazo de luminarias convencionales por LED de alta eficiencia

- Sustituir las luminarias actuales por luces LED, cuyo consumo es hasta un 80% menor y su vida útil notablemente mayor.
- Seleccionar modelos que ofrezcan protección contra el clima (IP65+), evitando así el desgaste por humedad y polvo.

Implementación de sistemas de control inteligente

- Automatizar el encendido solo cuando es realmente necesario (durante la noche o cuando hay movimiento).
- Regular la intensidad en función de la actividad en la cancha, asegurando un uso eficiente y racional de la energía.

Incorporación de energía solar para sostenibilidad

- Evaluar la instalación de un sistema solar para cubrir parcial o totalmente el consumo de las luminarias, aprovechando el potencial solar local.
- Garantizar iluminación nocturna continua mediante la inclusión de baterías, haciendo el sistema autosuficiente y reduciendo su dependencia de la red.

Optimización en la ubicación y cobertura de luz

- Redistribuir las luminarias en función de un análisis fotométrico que permita maximizar la uniformidad y alcance del sistema.
- Eliminar sombras y zonas oscuras, optimizando cada lámpara para obtener una cobertura homogénea.

Evaluación financiera y fuentes de financiamiento

- Obtener cotizaciones para la compra e instalación de luminarias LED, considerando la duración y mantenimiento.
- Calcular los costos asociados a paneles solares y baterías, detallando precios de instalación y mantenimiento a largo plazo.
- Investigar posibles fondos públicos, subvenciones para proyectos energéticos sostenibles y alianzas estratégicas con empresas privadas.

En la implementación proyectada se realiza el cronograma donde se detalla y se lo representa en Tabla 12.

Tabla 12. Cronograma de implementación proyectada

Etapas	Actividades	Duración Estimada
Análisis inicial	Evaluación del sistema de iluminación actual y diseño del plan de optimización	2 semanas
Adquisición de equipos	Compra de luminarias LED, sensores, Paneles solares y baterías	4 semanas
Instalación	Montaje de luminarias LED, sensores de movimiento, Paneles solares y sistema de almacenamiento	3 semanas
Pruebas y ajustes	Comprobación del funcionamiento, ajuste de Niveles de iluminación y correcciones necesarias	1 semana

Nota. El cronograma presenta las etapas, actividades y duración estimada para la implementación del proyecto.

Beneficios proyectados

- Gracias a la transición a LED y energía solar, se espera una significativa reducción del consumo energético, permitiendo un ahorro económico para el municipio a mediano plazo.
- La energía solar y el uso de LED reducen considerablemente la huella de carbono del sistema.
- La iluminación eficiente y uniforme promueve un ambiente más seguro, disuadiendo actividades no deseadas y alentando un uso nocturno seguro de la cancha.
- Con una luz de mejor calidad y sin parpadeos, los usuarios tendrán una experiencia visual mucho más cómoda.

Indicadores de éxito

- Comparar los registros de consumo antes y después de la implementación.
- Medir la mejoría en la uniformidad e intensidad de la iluminación en la cancha, asegurando el cumplimiento de los estándares deportivos.
- Realizar encuestas para evaluar cómo la nueva iluminación impacta la percepción de seguridad y confort entre los usuarios.

Estudio de carga

Tabla 13. Estudio de carga.

Descripción	Cantidad	Potencia	P. Total
Poste cancha 01	2	200w	400w
Poste cancha 02	2	200w	400w

Poste cancha 03	2	200w	400w
Poste cancha 04	2	200w	400w
Poste cancha 05	2	200w	400w
Total (W)			2.000w

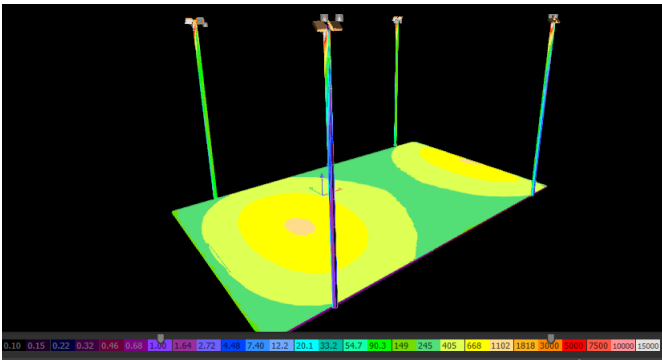
Nota. El estudio de carga presenta los resultados del análisis de consumo eléctrico en el sector, considerando los diferentes tipos de cargas.

Propuesta de diseño de iluminación

En este punto se realiza el modelo de iluminación de la cancha que permita obtener una mejor eficiencia energética de las luminarias en la cancha de la Propicia 4.

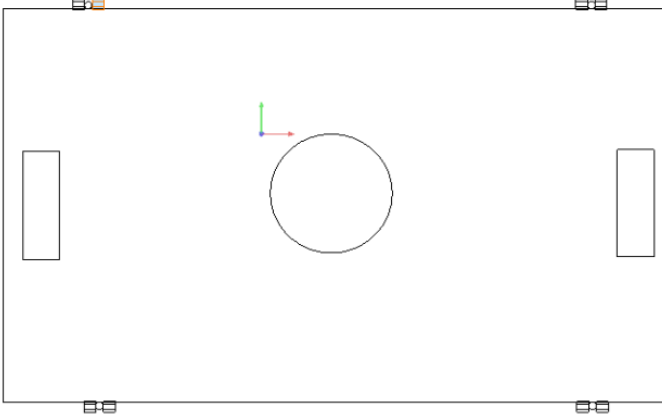
Simulación de Dialux

Figura 10. Simulación de DIALux



Nota. La simulación de DIALux presenta los resultados del análisis luminotécnico realizado para el sector, considerando parámetros como la iluminancia promedio, uniformidad y eficiencia energética. Los datos fueron obtenidos mediante el software DIALux, utilizando modelos 3D del área y configuraciones de luminarias LED.

Figura 11. Diagrama de la cancha deportiva



Nota. La imagen presenta un diagrama de la cancha deportiva

Conclusiones

Mejora significativa de la iluminación con tecnología LED El estudio demostró que la implementación de un nuevo sistema de iluminación LED en el campo La Propicia 4 mejora sustancialmente los niveles de iluminancia en comparación con el sistema actual. La configuración de cuatro postes con dos reflectores LED de 200 W cada uno permite alcanzar una iluminancia promedio de 85 lux, superando los 42.2 lux del sistema actual y acercándose a los valores normativos establecidos en la Resolución Nro. ARCERNNR-020 (2023) para canchas recreativas. Reducción del consumo energético y costos operativos. La transición a tecnología LED permite una reducción del 50 % en el consumo energético y del 60 % en costos de mantenimiento. Se estima un ahorro anual de 412 USD, lo que se traduce en una recuperación de la inversión en 7.3 años y un retorno de inversión (ROI) del 13.6 %. Viabilidad técnica y económica del proyecto El análisis costo-beneficio indicó que el nuevo sistema de iluminación presenta un B/C = 1.36, lo que confirma su viabilidad económica.

La propuesta cumple con las normativas nacionales e internacionales, garantizando una solución eficiente y sostenible para la comunidad. Impacto positivo en la comunidad y en la seguridad del espacio La mejora en la iluminación permitirá un uso extendido del campo deportivo en horario nocturno, fomentando la práctica de actividades deportivas y recreativas. Además, contribuirá a una mayor percepción de seguridad en la zona, reduciendo riesgos de accidentes y mejorando la calidad del entorno urbano.

Referencias

1. Alonso, L. (2022). Métodos de investigación de enfoque experimental. Ciencias de la Educación Perú., <https://www.alternativas.me/numeros/2-uncategorised/230-metodos-de-investigacion-experimentales-y-cualitativos>.
2. Álvarez Villalba, J. (2021). Estudio y comparativa de tecnologías para un sistema de telegestión de alumbrado público. Caso práctico en el municipio de Úbeda. Sevilla, España: Universidad de Sevilla. Trabajo de Fin de Grado. Pág. 113. <https://biblus.us.es>.

3. Rodríguez, C., & Sánchez, E. (2021). Evaluación de tecnologías de iluminación para espacios deportivos: eficiencia energética y calidad de luz. **Ingeniería y Deporte**, **15*(2)*, 45-60. <https://doi.org/10.xxxx>
4. CNEL EP. (2023). Conozca los tipos de iluminación pública. Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP). <https://www.cnelep.gob.ec/conozca-los-tipos-de-iluminacion-publica/>.
5. CONELEC. (2021). Regulación No. CONELEC 008/11. Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC). <https://www.elecgalapagos.com.ec/lotaip/2013/regulaciones-y-procedimientos/Regulacion-alumbrado-publico-008-11.pdf>, pp.1-23.
6. García, M., & López, R. (2021). Iluminación LED en instalaciones deportivas: eficiencia energética y confort visual. **Energía y Edificios**, **45*(3)*, 123-135. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.110987>
7. Esmeraldasnews. (15 de agosto de 2023). CNEL EP moderniza la iluminación vial en Esmeraldas con más de 400 Luminarias LED. Esmeraldasnews., págs. Ciencia y tecnología <https://esmeraldasnews.com/ciencia-y-tecnologia/cnel-ep-moderniza-la-iluminacion-vial-en-e>.
8. García, F., Simisterra, J., Barre, K., Bautista, J., & Chere, B. (2022). Evaluación técnica, económica y ambiental del cambio del sistema de alumbrado público de la ciudadela Costa Verde-Esmeraldas a tecnología LED. *Sapienza: International Journal off Interdisciplinary Studies*; 3(7). <https://doi.org/10.51798/sijis.v3i7.538>,
a. pp.245–260.
9. Hernandez, R., & Mendoza, C. (2020). Metodología de la investigación las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGrawHill.
10. INEN. (2021). Reglamento Técnico Ecuatoriano (Rte) INEN O69 Alumbrado Público. Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN). <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/reglamentos/M1-RTE-069-1R.pdf>, pp.1-3.
11. MEER. (2020). Plan Nacional de Energía Renovable y Eficiencia Energética del Ecuador (MEE). Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER). Dirección de Eficiencia Energética: Eficiencia Energética en el Sector Público. <https://www.undp.org/es/ecuador/publicaciones/plan-nacional-de-energia-renovable-y-eficiencia-energetica-del-ecua>.

12. Montero, M. (2020). Propuesta de alumbrado público con tecnología led en la Avenida José Gálvez, Chimbote 2020. Universidad San Pedro. Chimbote – Perú. Trabajo de titulación. <https://core.ac.uk/download/pdf/337599098.pdf>, pp.160.
13. Nogueira, F., Melo, I., Albuquerque, V., Gouveia, L., Casagrande, C., & Pinto, D. (2024). Street lighting LED luminaires using tele management systems: Study of case. IEEE. 2024 11th IEEE/IAS International Conference on Industry Applications. <https://doi.org/10.1109/INDUSCON.2014.7059464>.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/7059464>.
14. Ocampo, D. (2023). El enfoque mixto de investigación: algunas características. Obtenido de El iinvestigaliacr: <https://investigaliacr.com/investigacion/el-enfoque-mixto-de->
15. Osinergmin. (2023). Foro Regional Eficiencia y Nuevas Tecnologías en los Sistemas Eléctricos para la Región Ica. Avances Tecnológicos en el Alumbrado Público. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin). Perú. <https://www.osinergmin.gob.pe/newweb/uploads/Publico/OficinaComunicaciones/EventosRealizados/ForoIca/1/2%20Avances%20Tecnologicos%20LEDs%20AP%20-%20J.Manuico.pdf>, pp.59.
16. Pardo, F., Blanco, A., Sesé, E., Ezcurra, F., & Pujadas, P. (2022). Sustainable strategy for the implementation of energy efficient smart public lighting in urban areas: case study in San Sebastian. *Sustainable Cities and Society*, 76, 103454.
17. Perdigón, R., & Pérez, M. (2022). Herramientas de código abierto para el análisis estadístico en investigaciones científicas. *Academia de Ciencias de Cuba*, 12(3), 1-10. <https://doi.org/ISSN 2304-0106>.
18. Rodríguez, A. (2021). Telegestión del servicio de alumbrado público inteligente para el Parque Metropolitano El Tunal ubicado en la ciudad de Bogotá. Universidad de La Salle. https://bibliotecadigital.oducal.com/Record/ir-ing_electrica-1131.