



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

TEMA:

**Diseño de un sistema de iluminación Led para el estadio de la Universidad Católica
Santiago de Guayaquil utilizando una fuente de alimentación fotovoltaica.**

AUTORES:

Jiménez Carrión, José Sebastián

Vargas Velásquez, Josué Roberto

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de

Ingeniero en Electricidad

TUTOR:

Ing. Vega Ureta, Nino Tello

Guayaquil, Ecuador

Febrero 19 del 2024



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los Señores. Jiménez Carrión, José Sebastián y Vargas Velásquez, Josué Roberto como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero en Electricidad**.

TUTOR

Guayaquil, 19 de febrero del 2024

f. _____

Ing. Vega Ureta, Nino Tello, Mgs.

DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

Ing. Bayardo Bohorquez, Celso Escobar. Ph.D.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros: Jiménez Carrión, José Sebastián y Vargas Velásquez, Josué Roberto

DECLARAMOS QUE:

El trabajo de Integración Curricular **Diseño de un sistema de iluminación Led para el estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil utilizando una fuente de alimentación fotovoltaica**, previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Electricidad** ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de nuestra total autoría. En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de integración curricular referido.

Guayaquil, 19 de febrero del 2024

AUTORES

f. 

Vargas Velásquez, Josué Roberto

f. 

Jiménez Carrión, José Sebastián



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

AUTORIZACIÓN

Nosotros: **Jiménez Carrión, José Sebastián y Vargas Velásquez, Josué Roberto**

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **Diseño de un sistema de iluminación Led para el estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil utilizando una fuente de alimentación fotovoltaica**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 19 febrero del 2024

AUTORES

f.  _____

Vargas Velásquez, Josué Roberto

f.  _____

Jiménez Carrión, José Sebastián



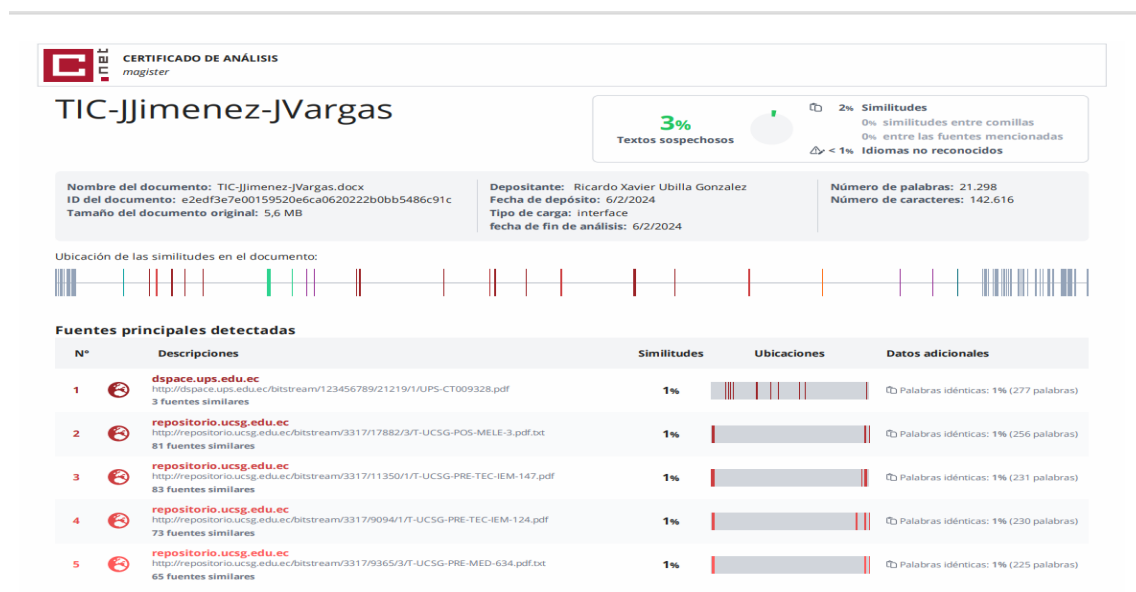
UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR / TITULACIÓN

INFORME SOFTWARE ANTIPLAGIO

Reporte Compilatio del trabajo de titulación de la Carrera ING. Eléctrica denominado: **Diseño de un sistema de iluminación Led para el estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil utilizando una fuente de alimentación fotovoltaica** de los estudiantes Josué Vargas y José Jiménez, se encuentra al 3% de coincidencias.



TUTOR

f.

Ing. Vega Ureta, Nino Tello, Mgs.

DOCENTE-TUTOR

Agradecimiento

Yo, José Jiménez, agradezco en primer lugar a DIOS por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr todos estos objetivos. A mis padres, hermanos por poner toda su fe y su confianza de ver este sueño hecho realidad, a mi esposa y a mi hijo que son la fuerza impulsadora que tengo para día a día salir adelante.

Yo, Josué Vargas, primero, agradezco a DIOS por brindarme fuerzas, salud y sabiduría para llegar hasta este punto de culminar mis estudios. A mis padres Roberto Vargas y Deccy Velásquez por siempre guiarme por el camino correcto, a mis hermanos por apoyarme cuando necesité de ellos, también le agradezco a mi mujer y a mi hijo por que fueron el motor que me impulsó día a día para poder alcanzar este sueño de ser ingeniero eléctrico.

Estamos sinceramente agradecidos con nuestro tutor Ing. Vega Ureta, Nino Tello, su dedicación, compromiso, conocimiento y forma de trabajar fueron fundamentales para nuestra investigación.

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo de integración curricular a todas las personas que forman parte de la profesión eléctrica, nuestros padres que nos han enseñado buenos hábitos y valores que nos han ayudado a avanzar adelante en tiempos difíciles y a quienes les apasiona esta profesión puesto que no hay mejor trabajo que hacer y desempeñarte en lo que te gusta.

Es para nosotros una gran satisfacción poder dedicarles a ellos este título profesional, que con mucho esfuerzo, esmero y trabajo lo hemos ganado con éxito.

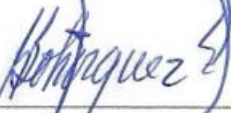


UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACION TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

ING. BAYARDO BOHORQUEZ, CELSO ESCOBAR, Ph.D.

DIRECTOR DE CARRERA

f. 

ING. PALAU DE LA ROSA, LUIS EZEQUIEL, Mgs.

OPONENTE.

Tabla de contenido

Resumen.....	XVII
Abstrac	XVIII
Capítulo 1. Generalidades del trabajo de titulación	2
1.1 Introducción	2
1.2 Antecedentes	2
1.3 Planteamiento del problema.....	3
1.4 Justificación	3
1.5 Objetivo general.....	4
1.6 Objetivos específicos	4
1.7 Hipótesis.....	4
1.8 Metodología de la investigación	5
Capitulo II. Marco teórico.....	9
2.1 Principales magnitudes de iluminación.....	9
2.1.1 Flujo luminoso	9
2.1.2 Intensidad luminosa	9
2.1.3 Rendimiento o eficiencia luminosa.....	10
2.1.4 Nivel de iluminación.....	11
2.1.5 Luminancia.....	12
2.1.6 Contraste de iluminación.....	14
2.2 Normativas para iluminación de escenarios de deportivos.....	14
2.2.1 Categorías de campos deportivos para cumplir con normas internacionales FIFA	15
2.2.2 Aspectos para tener en cuenta para una adecuada iluminación según parámetros internacionales.....	15

2.3	Estrategias de iluminación de acuerdo con la guía UEFA	16
2.3.1	Configuración de focos	16
2.3.2	Niveles de iluminación.....	17
2.3.3	Suministro de emergencia	18
2.4	Norma española UNE-EN 12193 de iluminación para estadios	18
2.5	Niveles de iluminación de acuerdo con normativa UNE-EN 12193:2009	19
2.6	Parámetros que se deben considerar en la iluminación deportiva	21
2.6.1	Iluminación plano horizontal	21
2.6.2	Iluminación plano vertical.....	21
2.6.3	Uniformidad de la luz.....	22
2.6.4	Iluminación limitada	22
2.6.5	Impacto ambiental.....	23
2.7	Tipos de iluminación.....	24
2.7.1	Lámparas incandescentes.....	24
2.7.2	Lámpara incandescente halógena de tungsteno.	24
2.7.3	Lámparas de descarga.	24
2.7.4	Lámparas de vapor de sodio alta y baja presión.	25
2.8	Luminarias LED.....	26
2.8.1	Características principales.....	27
2.9	Grado IP de lámparas LED.	27
2.10	Método para el cálculo de iluminación	29
2.10.1	Método punto por punto.....	29
2.10.2	Método de lumen.....	29
2.11	Dialux Evo 12.0	30
2.11.1	Características del Dialux Evo 12.0.....	31

2.12	Reglamento ecuatoriano Arconel 003/18	32
2.13	Radiación solar.....	32
2.13.1	Radiación directa.....	33
2.13.2	Radiación difusa.....	33
2.13.3	Albedo o radiación reflejada	33
2.14	Efecto fotovoltaico	34
2.15	Sistema de energía solar.....	36
2.15.1	Módulo de energía solar.....	36
2.15.2	Inversor	37
2.15.3	Controlador de Carga	37
2.15.4	Sistema de colección.....	37
2.15.5	Estructura de soporte.....	38
2.15.6	Contador de energía bidireccional	38
2.16	Sistema de energía solar aislado	38
2.17	Sistema de energía solar con conexión a red	39
2.17.1	Un sistema de generación de energía solar equipado con conexión a red y sistema de almacenamiento de energía	40
2.17.2	Conjunto fotovoltaico serie–paralelo	43
Capítulo 3.	Diseño del sistema de iluminación.....	44
3.1	Diseño del sistema de iluminación para el estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil	44
3.2	Puntos que se deben considerar para la propuesta	45
3.2.1	Sistema de iluminación para escenarios deportivos.....	45
3.2.2	Elección del proyector LED para la propuesta	46
3.2.3	Cálculo de la altura de torres.....	47

3.2.4	Distancia de proyección de luminarias	48
3.2.5	Obtención del número de proyectores a utilizar	51
3.2.6	Orientación y dirección de proyectores.....	54
3.2.7	Disyuntor.....	58
3.2.8	Tablero de control	59
3.3	Preparación para la Simulación en Dialux evo 12.0	62
3.3.1	Justificación de la disposición de luminarias	62
3.3.2	Cálculos preliminares.....	62
3.3.3	Selección de luminarias.....	63
3.3.4	Planos de ubicación de las torres	63
3.4	Simulación en el programa Dialux evo 12.0.....	63
3.4.1	Procedimiento	64
3.4.2	Resultados de la simulación	69
3.5	Dimensionamiento de la fuente de alimentación fotovoltaica	72
3.5.1	Ubicación del sistema	72
3.5.2	Ingreso de datos en el software PVsyst.....	73
3.6	Análisis económicos de costos referenciales	87
3.6.1	Sistema de iluminación LED	89
3.7	Equipo necesario para el sistema fotovoltaico	91
3.7.1	Panel solar	92
3.7.2	Batería	92
3.7.3	Controlador	92
3.7.4	Valor total de los equipos del sistema de generación de energía solar	93
3.8	Resultados	94

Conclusiones	95
Recomendaciones.....	97
Referencias.....	99
Anexos	107
Anexo 1. Descripción del proyector LED	107
Anexo 2. Datos técnicos del proyector LED	108
Anexo 3. Tabla de ampacidad para cable de cobre y aluminio	109
Anexo 4. Ilustraciones de la batería recomendada para el proyecto	110
Anexo 5. Características técnicas de batería	111
Anexo 6. Características técnicas de controlador universal MPPT.....	112
Anexo 7. Medición de gradas de la cancha de la UCSG.....	113
Anexo 8. Medición de la cancha de la UCSG	114
Anexo 9. Medición de la cancha	115
Anexo 10. Comparación de la implementación del proyecto	116
Figura 11. Posible ubicación de los sistemas fotovoltaicos	117
Figura 12. Análisis de retorno de la inversión.....	118
Anexo 13. Diagrama Unifilar	121

Índice de figuras

Figura 1	Flujograma del proceso de diseño de la solución	8
Figura 2	Intensidad luminosa	10
Figura 3	Rendimiento Luminoso	11
Figura 4	Definición de iluminancia	12
Figura 5	Luminancia	13
Figura 6	Configuración de focos.....	17
Figura 7	Lámpara de sodio de alta presión	25
Figura 8	Lámpara de sodio de baja presión	26
Figura 9	Tipos de radiación solar en el suelo.....	34
Figura 10	Esquema de funcionamiento de células solares fotovoltaicas	35
Figura 11	Esquema general y componentes principales de un sistema solar.....	39
Figura 12	Esquema general y componentes principales de un sistema de energía solar conectado a la red eléctrica	40
Figura 13	Diagrama de bloques de un sistema de generación de energía solar con conexión a red y sistema de almacenamiento de energía.....	41
Figura 14	Estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil.	44
Figura 15	Distancia de proyección.....	49
Figura 16	Ubicación de postes para iluminación	55
Figura 17	Ubicación de los postes	66
Figura 18	Ventana principal de DIALux evo 12.0	67
Figura 19	Configuración del plano	68
Figura 20	Iconos de herramientas del programa DIALux evo 12.0.....	68
Figura 21	Iluminación del estadio.....	69

Figura 22 Iluminación del estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, colores falsos	70
Figura 23 Iluminación del estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil	71
Figura 24 Posible ubicación de sistema fotovoltaico	72
Figura 25 Página principal de PVsyst	73
Figura 26 Almacenamiento del proyecto	74
Figura 27 Datos meteorológicos	75
Figura 28 Irradiación horizontal global variabilidad año año	76
Figura 29 Datos geográficos del Proyecto	78
Figura 30 Variante de orientación	79
Figura 31 Plano inclinado	79
Figura 32 Definición de consumos de la propuesta	80
Figura 33 Configuración del sistema	81
Figura 34 Definición de modulo FV y controlador.....	82
Figura 35 Resultado de simulación del sistema FV independiente.....	83
Figura 36 Resultados principales de la simulación	84
Figura 37 Proporción de rendimiento y fracción solar.....	85
Figura 38 Tablas mensuales de resultados de simulación	87

Índice de Tablas

Tabla 1	Parámetros de iluminación según el nivel de competición	19
Tabla 2	Grado de protección IP en sistemas de iluminación.....	28
Tabla 3	Clasificación del proyector según la apertura del haz NEMA	50
Tabla 4	Valores típicos de CBU según el tipo de deporte	51
Tabla 5	Factores de depreciación de la luminaria (FDS)	52
Tabla 6.	Determinación del disyuntor	58
Tabla 7	Materiales necesarios para la implementación del proyecto	88
Tabla 8	Descripción de precios de materiales	89
Tabla 9	Mano de obra.....	90
Tabla 10	Valor total de los equipos del sistema de generación de energía solar fotovoltaica.....	93
Tabla 11	Costo de mano de obra	94

Resumen

La alta luminosidad de la tecnología LED, combinada con su ahorro energético, eficiencia y alto rendimiento frente a otras fuentes de luz tradicionales, la convierten en una opción ideal para grandes estancias y zonas exteriores. Reconociendo estas ventajas se propone el diseño de un sistema de iluminación para el estadio de la “Universidad Católica de Santiago de Guayaquil” utilizando tecnología LED y una planta de energía solar independiente y un sistema de almacenamiento de energía.

En este estudio se emplea un enfoque cuantitativo para recopilar datos sobre los sistemas de iluminación actualmente en uso (halogenuros metálicos y LED), siguiendo las pautas de la norma española UNE-EN 12193 que rige los tipos de instalaciones deportivas. Se identifican las deficiencias de estos sistemas y se determinan los requisitos prácticos a través de un enfoque metodológico.

El análisis de iluminación se realizó para un escenario de competición y puede ser utilizado también para entrenamiento y consiste en: a) Sistema lateral de 8 postes con 40 proyectores LED. Esto fue posible con los cálculos y luego la simulación de iluminación desarrollados en DiaLux evo 12.0 de acuerdo con la norma española UNE-EN 12193. El dimensionamiento del sistema fotovoltaico (FV) independiente con su sistema de almacenamiento se realiza mediante el software PVsyst que brinda una licencia temporal por 30 días, con el cual se realizaron los cálculos técnicos y matemáticos sobre el rendimiento de las luminarias instaladas.

Palabras clave: Tecnología LED, sistemas fotovoltaicos (PV), iluminación exterior, normativa UNE-EN 12193, DiaLux, software PVsyst.

Abstract

The high luminosity of LED technology, combined with its energy savings, efficiency and high performance compared to other traditional light sources, make it an ideal option for large rooms and outdoor areas. Recognizing these advantages, the design of a lighting system for the stadium of the “Universidad Católica de Santiago de Guayaquil” is proposed using LED technology and an independent solar power plant and an energy storage system.

This study adopts a quantitative approach and collects information on existing lighting systems (metal halides and LEDs) according to the Spanish standard UNE-EN 12193 on types of sports facilities and identifies their deficiencies and practical use requirements using a method.

The lighting analysis was performed for a competition scenario and can also be used for training and consists of: a) Lateral system of 8 posts with 40 LED projectors. This was possible with the calculations and then the lighting simulation developed in DiaLux evo 12.0 in accordance with the Spanish standard UNE-EN 12193. The sizing of the independent photovoltaic (PV) system with its storage system is carried out by software application in PVsyst that provides us with a temporary license for 30 days, we have carried out mathematical technical calculations on the performance of the installed luminaires.

Keywords: LED technology, photovoltaic (PV) systems, outdoor lighting, UNE-EN 12193 standard, DiaLux, PVsyst software.

Capítulo 1. Generalidades del trabajo de titulación

1.1 Introducción

En la actualidad, el diseño eficiente y sostenible de sistemas de iluminación ha cobrado una gran relevancia en diversos campos, como la arquitectura, la ingeniería y el desarrollo urbano. En este contexto, la implementación de tecnología LED ha demostrado ser una opción altamente eficiente y respetuosa con el medio ambiente. El presente trabajo de tesis se enfoca en el diseño del sistema de iluminación LED para el estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, utilizando la norma UNE-EN 12193, así como las herramientas de simulación Dialux y PVSYST.

1.2 Antecedentes

La alta luminosidad de la tecnología LED combinada con el ahorro energético, la eficiencia y el alto rendimiento frente a otras fuentes de luz tradicionales, hace de esta la mejor opción al momento de la implementación en espacios amplios y de exteriores. Dadas estas ventajas, en el estadio Valeriano Gavini de la Universidad Politécnica Salesiana en la sede de Cuenca, utilizaron tecnología LED y una planta fotovoltaica conectada a la red con sistema de almacenamiento para diseñar un sistema de iluminación para el mismo.

La ESPOL, cuenta con un complejo deportivo diseñado para albergar diversos eventos y actividades deportivas, la misma tenía un sistema de iluminación improvisada. Los estudios, crearon un ambiente de iluminación inteligente, cuyo diseño y modelado aseguran que la oferta cumple con los requisitos técnicos de los recintos deportivos definidos en las normas internacionales.

El proyecto se basó en el análisis del sistema de alumbrado que está instalado en la empresa de proyectos del níquel del municipio de Moa, en la Provincia de Holguín. Está centrado en las características, de usos y los tipos de elementos que se implementaron en dichos sistemas de alumbrado público de distintos fabricantes en las cuales, obtuvo detalles de accesorios instalados en cada luminaria y la descripción necesaria para crear el sistema adecuado. Se expuso concretamente una solución eficaz de mantenimientos de estas luminarias, ya sea de tecnología LED o no, con esto se proyectó el nuevo sistema de iluminación. Además, se propuso la implementación de celdas fotovoltaicas para el suministro de energía al sistema de iluminación propuesto.

1.3 Planteamiento del problema

La Universidad Católica Santiago de Guayaquil cuenta con un estadio de fútbol que no se utiliza durante la noche por falta de iluminación adecuada. La instalación de iluminación convencional, a través de la compañía eléctrica, implicaría la realización de obras de tendido eléctrico, construcciones civiles, estudios de resistividad del suelo, así como la instalación de tableros eléctricos. Estas acciones conllevarían a significativos costos de implementación, incremento en las facturas eléctricas mensuales y la necesidad de mantenimientos regulares.

1.4 Justificación

Implementar un sistema de iluminación LED sostenible en el estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, conforme a las normativas internacionales para la iluminación de instalaciones deportivas, fomentará el progreso deportivo dentro de la comunidad universitaria. Además, establecerá un espacio práctico para que los estudiantes de la Facultad de Tecnología y Desarrollo

experimenten con sistemas fotovoltaicos. Esta iniciativa no solo supondrá una reducción significativa en los gastos de electricidad mensuales y los costos de mantenimiento, sino que también contribuirá a la eliminación de la contaminación ambiental.

1.5 Objetivo general

- Diseñar un sistema de iluminación LED para el Estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil.

1.6 Objetivos específicos

- Realizar el cálculo de carga del Sistema de luces LED y simular en Dialux.
- Dimensionar el sistema de abastecimiento solar fotovoltaico, utilizando PVSYST, para el estadio de la UCSG.
- Elaborar el análisis económico del diseño de iluminación LED fotovoltaico.

1.7 Hipótesis

Al realizar el diseño de un sistema verde LED de iluminación, para el estadio de la UCSG se desplegará y utilizará energías limpias, no contaminantes del medio ambiente que permitan un ahorro y eficiencia energética y una mejor iluminación del estadio, el cual puede también ser utilizado para otras disciplinas deportivas y de esta manera fomentar la salud de los estudiantes que conforman la comunidad universitaria.

1.8 Metodología de la investigación

La metodología de este estudio se ancla en un enfoque cuantitativo, poniendo especial énfasis en la necesidad de medir con precisión las variables de interés, basándose en objetivos detalladamente especificados y explícitamente definidos. El proceso comienza con la identificación y delimitación clara de los objetivos de investigación, seguido de la recopilación rigurosa de datos relevantes mediante técnicas cuantitativas.

Para el análisis de los datos, se emplean herramientas estadísticas y software especializado en simulación, lo cual permite modelar escenarios y predecir resultados bajo diferentes condiciones. Este enfoque no solo facilita la identificación de patrones y tendencias, sino que también provee una base sólida para la toma de decisiones.

El proyecto incluye etapas de diseño, donde se seleccionan tecnologías adecuadas, como sistemas de iluminación LED y fuentes de energía renovable, específicamente paneles fotovoltaicos, para satisfacer las necesidades identificadas. Se realiza una evaluación de las alternativas disponibles, teniendo en cuenta criterios de eficiencia energética, sostenibilidad y costos de implementación y mantenimiento.

Una vez definida la solución óptima, se procede a la fase de simulación, utilizando software de modelado como Dialux, para predecir el comportamiento lumínico y energético del sistema propuesto. Estas simulaciones permiten ajustar los parámetros del diseño antes de su implementación física, asegurando que el sistema de iluminación cumpla con las normas internacionales para escenarios deportivos y las expectativas de la comunidad universitaria.

Este método cuantitativo, complementado con herramientas de simulación y análisis, ofrece un enfoque sistemático para abordar el problema de investigación, proporcionando soluciones basadas en evidencia que son tanto técnicamente viables como económicamente sostenibles.

El desarrollo del proyecto se articula en varios segmentos críticos, los cuales se interconectan para formar la estructura completa de la investigación. En general, la secuencia y metodología del proyecto, desde el análisis inicial hasta el análisis final de la solución propuesta, se llevó a cabo mediante el siguiente esquema:

1. **Análisis de necesidades:** Se identifican la necesidad de mejorar la iluminación en el campo de fútbol. Esto incluye la evaluación preliminar de las condiciones actuales de iluminación y la identificación de los requisitos específicos para cumplir con los estándares internacionales.
2. **Recopilación de datos:** Se recopila la información relevante sobre las dimensiones del campo, las características actuales de iluminación, las normativas aplicables (UNE-EN 12193) y los requerimientos específicos para eventos deportivos nocturnos.
3. **Análisis técnico:** Se realiza un análisis técnico que incluye:
 - Evaluación de las opciones de iluminación existentes.
 - Identificación de las tecnologías de iluminación LED más adecuadas.

- Análisis de las características de los proyectores LED (como el modelo PRO-96/4 ELL) y su adecuación a las necesidades del estadio (Anexo 1).
4. **Selección de equipamiento:** Basándose en el análisis técnico, se selecciona el equipamiento específico, incluyendo proyectores LED y otros componentes necesarios para el sistema de iluminación.
 5. **Cálculos de iluminación:** Se calculan los parámetros de iluminación necesarios, tales como:
 - Número de proyectores requeridos.
 - Distribución y orientación óptima de los proyectores.
 - Intensidad lumínica y uniformidad de la cobertura.
 6. **Simulaciones:** Se utiliza el software de simulación Dialux para modelar el sistema de iluminación propuesto. Esto permite visualizar la distribución de la luz, identificar áreas de sombra potenciales y optimizar la colocación de los proyectores.
 7. **Análisis energético:** Se evalúa la eficiencia energética del sistema propuesto, incluyendo la posible integración de fuentes de energía renovable (como paneles solares fotovoltaicos) para alimentar el sistema de iluminación.
 8. **Análisis de sostenibilidad:** Se consideran los aspectos de sostenibilidad del proyecto, evaluando el impacto ambiental del sistema de iluminación y explorando medidas para minimizar la huella de carbono.

9. **Diseño final y planificación de la implementación:** Se desarrolla el diseño detallado del sistema de iluminación, incluyendo especificaciones técnicas para la instalación y mantenimiento. Asimismo, se planifica la implementación del proyecto, considerando aspectos logísticos y cronograma de trabajo.
10. **Análisis final de la solución:** Se evalúa la solución de iluminación propuesta en términos de cumplimiento de los objetivos del proyecto, eficacia de la iluminación, eficiencia energética, y sostenibilidad. Se presentan los hallazgos, conclusiones y recomendaciones para futuras mejoras o investigaciones.

Estos segmentos se ilustran claramente en la Figura 1, proporcionando una visión panorámica y detallada de los componentes fundamentales y las etapas del proyecto. Este esquema es fundamental para entender el enfoque metodológico adoptado y la secuencia de actividades programadas.

Figura 1

Flujograma del proceso de diseño de la solución



Nota. Se muestra el proceso general del diseño de la solución. Elaborado por los autores (2023).

Capítulo II. Marco teórico

2.1 Principales magnitudes de iluminación

Partiendo de la base de que, para poder hablar de iluminación, es preciso contar con la existencia de una fuente productora de luz y de un objeto a iluminar. El flujo y la intensidad luminosa son magnitudes características de las fuentes de luz, indicando la primera la cantidad de luz emitida por dicha fuente en 1 segundo en todas direcciones, mientras que la segunda indica la cantidad de luz emitida en 1 segundo y en una determinada dirección (Carpio González, 2019, pág. 7).

2.1.1 Flujo luminoso

Es la cantidad de energía luminosa que produce una fuente. La unidad con la que se representa es el lumen (Lm) y su símbolo es Φ (Malagón Revilla & Sánchez Tituana, 2021, pág. 27).

2.1.2 Intensidad luminosa

De acuerdo con Contreras y Ponce (2022, pág. 20) esta magnitud se obtiene referente a una sola dirección y se mantiene contenida en un ángulo sólido. La intensidad luminosa se caracteriza como la cantidad de potencia, ajustada por la longitud de onda, que emana de una fuente luminosa en una dirección específica como se ilustra en la figura 2. Se representa en ecuaciones con el símbolo I y su unidad de medida es la candela (cd); la ecuación 2.1 detalla su cálculo:

Ecuación 2.1

$$I = \frac{\Phi}{w} = \frac{\text{Lumen}}{\text{Radianes}} = \text{Candela}$$

Donde:

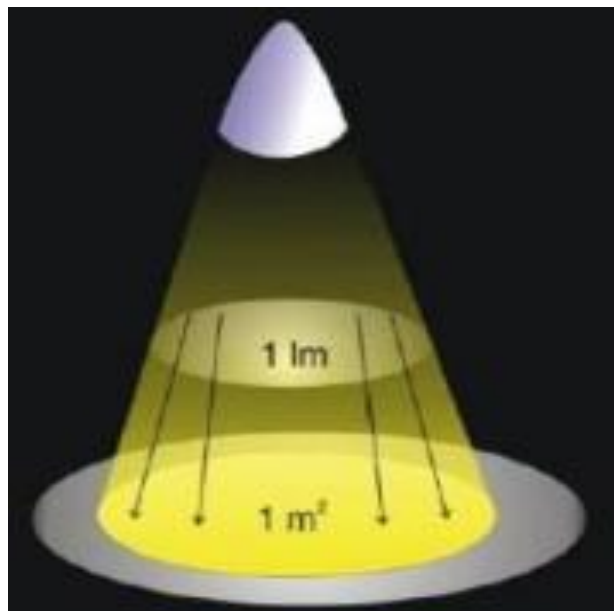
I se conoce como intensidad luminosa.

Φ es el flujo luminoso contenido en el ángulo.

w es el ángulo sólido en estereorradianes.

Figura 2

Intensidad luminosa



Nota. Intensidad luminosa de una lámpara. Obtenido de Carpio González (2019).

2.1.3 Rendimiento o eficiencia luminosa

Carvajal y Liger (2021, pág. 10) indican que el rendimiento o la eficiencia luminosa es el coeficiente resultante de la interacción entre el flujo luminoso y la potencia eléctrica consumida por la fuente de luz; las mismas están definidas en las características de las lámparas y se ilustran en la figura 3. Se representa con la letra griega η , su unidad de medida es lumen/Watios (Lm/W) y su fórmula está dada por:

Ecuación 2.2

$$\eta = \frac{\Phi}{P} = \frac{\text{Lumen}}{\text{Watios}} = \text{Lumen/Watios}$$

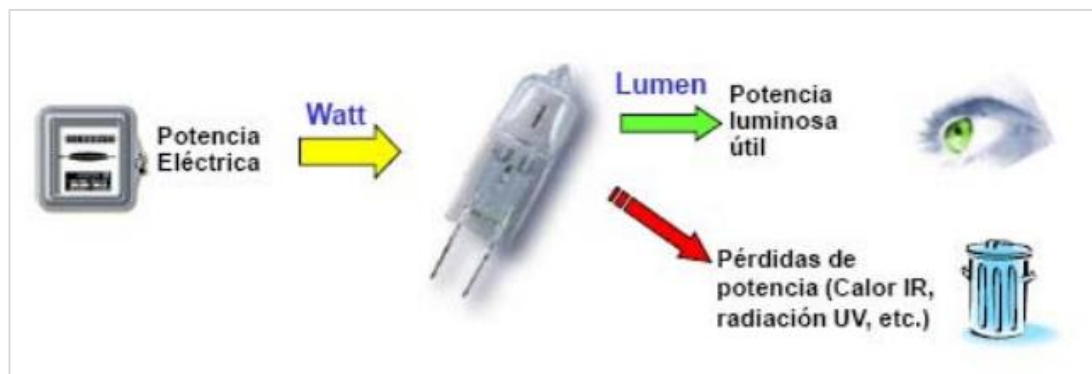
Donde:

Φ es el Flujo luminoso.

P es Potencia en W.

Figura 3

Rendimiento Luminoso



Nota. Potencia de una fuente de iluminación. Obtenido de Carpio González (2019).

2.1.4 Nivel de iluminación

Es la intensidad de iluminación o luminancia, esta magnitud es característica del lugar iluminado. La misma es representada por la letra E, y su unidad de medida es el Lux.; a su vez, también se la define como la cantidad de iluminación de 1 m² que incide sobre una superficie que debe estar repartida de manera uniforme, y un flujo luminoso de un (1) lumen; esta se ilustra en la figura 4 (Carpio González, 2019, pág. 10). El cálculo se realiza de acuerdo con la ecuación 2.3, presentada a continuación:

Ecuación 2.3

$$E = \frac{\Phi}{S} = \frac{\text{Lumen}}{m^2} = Lux$$

Donde:

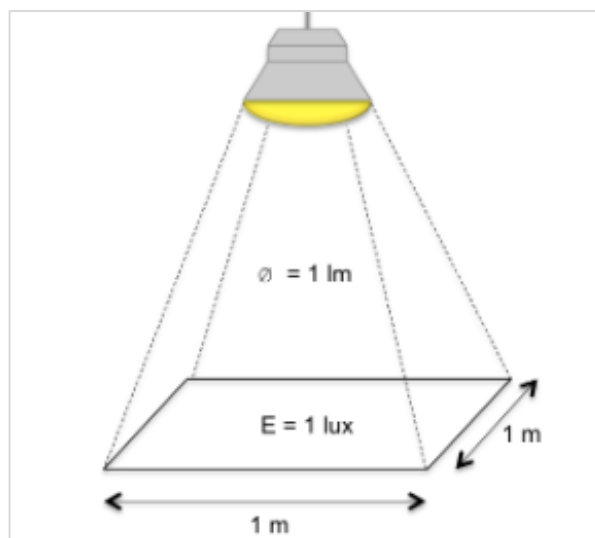
E nivel de iluminación en Luxes.

Φ Flujo luminoso.

S superficie iluminada en m^2 .

Figura 4

Definición de iluminancia



Nota. Distancia de iluminación según la altura de la fuente con respecto al entorno a iluminar.

Obtenido de (Carpio González, 2019).

2.1.5 Luminancia

La luminancia se define como la concentración angular y superficial de flujo luminoso que interactúa, traspasa o surge sobre un área o superficie que va sobre una

dirección específica. También, se la conoce como la intensidad luminosa por unidad de superficie aparente de una fuente que produce luz o que refleje luz y se ilustra en la figura 5. Su unidad de medida es la cd/m^2 y se la representa por la letra L (Aulestia Ortiz , Vera Macías, & Mejia Torres, 2019, pág. 75). La luminancia se calcula de acuerdo con lo presentado en la ecuación 2.4.

Ecuación 2.4

$$L = \frac{I}{S} = \frac{\text{Candela}}{m^2} = \text{Candela}/m^2$$

Donde:

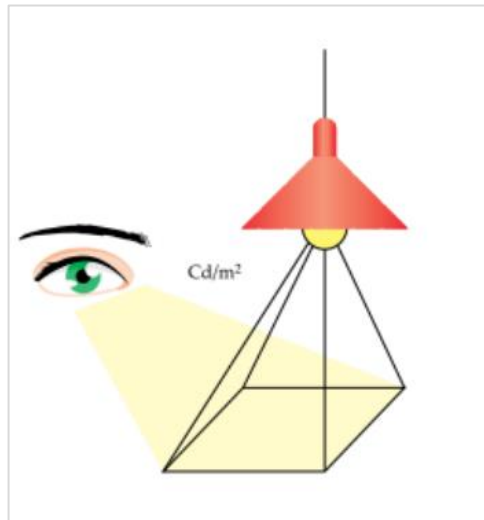
L es luminancia.

I es intensidad luminosa.

S es la superficie en m^2 .

Figura 5

Luminancia



Nota. Cantidad de iluminación que percibe la vista. Obtenido de Malagón y Sánchez (2021).

2.1.6 Contraste de iluminación

Es la variación de luminancias que inciden sobre un objeto y su alrededor. Esta variación va a dar como resultado una mejor percepción del objeto o lugar iluminado. El contraste de luminancias y la visualización de un objeto va a estar relacionada con diferencias de luminancias, por ello un castraste moderado dará como resultado una correcta apreciación de un objeto (Fereño Ontaneda & Ulloa Torres, 2022, pág. 31).

2.2 Normativas para iluminación de escenarios de deportivos

El cumplimiento de normativas para brindar una adecuada iluminación a campos deportivos es de vital importancia ya sea para partidos amistosos no televisados hasta eventos de categoría internacional televisados, en especial cuando los mismos se llevan a cabo en horas de la tarde o noche (FIFA, 2021, pág. 2).

2.2.1 Categorías de campos deportivos para cumplir con normas internacionales

FIFA

- **Clase V:** Establecida para encuentros televisados, no de existir presencia de sombras sobre el campo de juego. Solo para juegos internacionales.
- **Clase IV:** Como en la categoría V tampoco debe existir presencia de sombras sobre el campo de juego, esta es tomada en cuenta para encuentros nacionales.
- **Clase III:** El campo debe contar con mínimo 8 postes de luz, esta se la utiliza para cotejos nacionales no televisados.
- **Clase II:** Esta categoría va a requerir mínimo 6 postes de luz, la misma se la utiliza para partidos de liga y de clubes que no sean televisados, recomendada para campos de fútbol en espacios abiertos.
- **Clase I:** En esta categoría se va a emplear mínimo 4 postes de luz, y en general su requerimiento será para entrenamientos y encuentros de recreación no iluminados (FIFA, 2021, pág. 3).

2.2.2 Aspectos para tener en cuenta para una adecuada iluminación según parámetros internacionales

- **Temperatura de color:** Debe estar el engranado regulado a 4.000° Kelvin.
- **Iluminación:** En eventos no televisados la misma debe estar entre los 200 y 750 luxes y los televisados cerca de los 700 luxes.

- **Deslumbramientos:** En las diferentes categorías se debe tener en consideración la no existencia de este, para los aficionados, y por ello se tiene que evitar la contaminación lumínica. Para esto se recomienda una combinación entre iluminación permanente y temporal.
- **Óptica:** Los reflectores LED generalmente cuentan con un ángulo de luz reducido por esto será necesario adaptar el diseño óptico a los diferentes niveles del estadio.
- **Uniformidad de la Iluminación:** Es un elemento clave por esto la FIFA y UEFA piden que la iluminación de estadios cuente con una uniformidad de 0.5 a 0.7, el mismo que se basa en la relación de 0 a 1, esto proporcionará el grado de uniformidad correctamente distribuido sobre el campo de juego (FIFA, 2021, pág. 3).

2.3 Estrategias de iluminación de acuerdo con la guía UEFA

El costo de usar focos para proporcionar una iluminación adecuada para los estadios es alto y los focos son difíciles de integrar en muchos proyectos de bajo presupuesto. Sin embargo, la opinión más generalizada es que todos los estadios excepto los más pequeños deberían tener focos siempre que sea posible (UEFA, 2010, pág. 84).

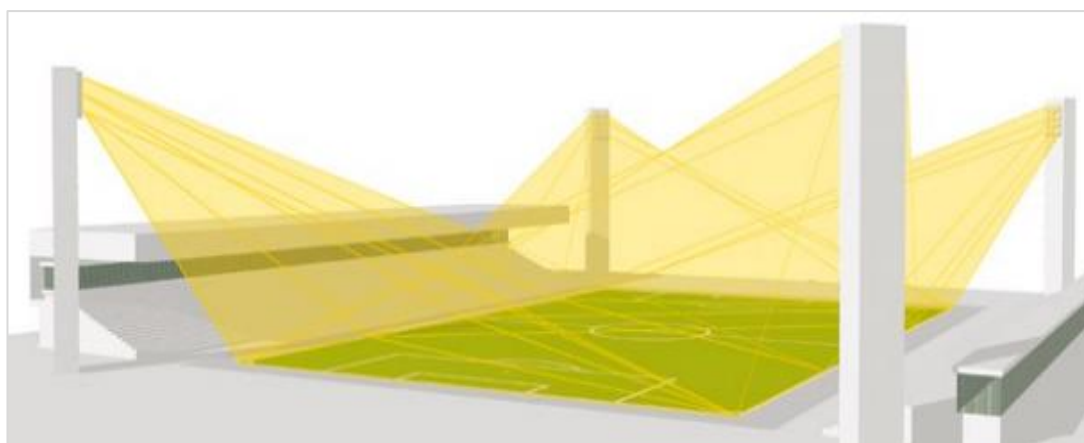
2.3.1 Configuración de focos

Las opciones de colocación de luces dentro de un estadio son muy limitadas. Deben instalarse a una altura específica para reducir en lo posible reflejos horizontales, pero existen casos de estadios completamente cubiertos, y el espacio que deja dicha cubierta lo hace menos posible. Por lo tanto, los estadios que sean completamente

cubiertos requieren anillos de luz montados en soportes perimetrales colocados alrededor del campo al nivel del techo, mientras que los estadios sin techo tienden a tener configuraciones de torre. También, es posible utilizar una combinación de iluminación de torre y plataforma. Debido al diseño del foco, no debe haber contaminación lumínica en las inmediaciones. Los proyectores deben estar correctamente alineados con el campo de juego y su altura y apariencia no deben causar oposición por parte de la comunidad local, como se muestra en la figura 6 (UEFA, 2010, pág. 84).

Figura 6

Configuración de focos



Nota. Obtenido de UEFA (2010).

2.3.2 Niveles de iluminación

Es deseable que el diseño de iluminación proporcionado por el proyector tenga la capacidad de ajustar la intensidad de la luz de acuerdo a las necesidades específicas de un evento o situación particular. Por ejemplo, después de un partido, durante la limpieza o en una sesión de entrenamiento, no se requiere el mismo nivel de

iluminación que durante una competencia. Esto permite una implementación de estrategias de iluminación flexibles y coherentes, al mismo tiempo que reduce los costos al optimizar el consumo de energía (UEFA, 2010, pág. 85).

2.3.3 Suministro de emergencia

El suministro de energía de emergencia se refiere a un sistema de respaldo diseñado para proporcionar electricidad en caso de un fallo o interrupción del suministro eléctrico principal. Es fundamental que cada estadio cuente con este tipo de suministro para garantizar la continuidad de los partidos y eventos sin ser afectados por cortes de energía. La UEFA (2010, pág. 85) establece que la cancelación de un partido debido a una falta de suministro eléctrico no se considera aceptable, subrayando la importancia de tener un sistema de energía de emergencia eficaz en cada instalación deportiva.

2.4 Norma española UNE-EN 12193 de iluminación para estadios

Respecto a la iluminación en estadios, la UNE-EN 12193 expresa en su contenido:

- **Área principal (PA):** Es el área real de juego que se necesita para llevar a cabo la práctica de algún deporte. Eso es lo que indica el área real marcada para dicho deporte (fútbol), pero existen otros casos en el que dicha área se extiende en sus alrededores a un área de juego extra (por ejemplo: voleibol o béisbol).
- **Área total:** Comprende área principal más otra área adicional de seguridad que esta por fuera del área principal.

- **Área de referencia:** Esta es el área donde se aplicarán todas las exigencias de iluminación, ya que la misma será definida para el deporte (AENOR, 2009, pág. 4).

2.5 Niveles de iluminación de acuerdo con normativa UNE-EN 12193:2009

La normativa española UNE-EN 12193:2009 especifica los niveles de iluminación requeridos para las instalaciones deportivas, basándose en la intensidad lumínica necesaria para cada tipo de actividad o competición que se desarrolle en ellas. Esta clasificación de iluminación se realiza considerando el nivel de competencia deportiva como criterio principal, asegurando así que cada espacio deportivo cuente con la iluminación adecuada para su uso específico. Los valores detallados para cada categoría de instalación deportiva se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1

Parámetros de iluminación según el nivel de competición

Exterior			Área de referencia		Números de puntos de cuadrícula	
			Longitud (m)	Anchura (m)	Longitud (m)	Anchura (m)
Fútbol americano	PA:		110 a 117,5	55	21	9 a 11
Baloncesto	PA:		28	15	13	7
	TA:		32	19	15	9
Fistball	PA:		50	20	17	7
	TA:		66	32	17	9
Floorball PA	PA:		40	20	15	7
	TA:		43	22	15	7
Fútbol	PA:		100 a 110	64 a 75	19 a 21	13 a 15
	TA:		108 a 118	72 a 83	21	13 a 15
Tira y afloja			-	-	-	13 a 15
Handball	PA:		40	20	15	7
	TA:		44	27,5	15	9
Netball PA	PA:		30,5	15,3	13	7
	TA:		37,5	22,5	15	9
Rugby	PA:		144	69	23	11
	TA:		154	79	23	11
Voleibol	PA:		24	15	13	9
			(véase nota)		(véase nota)	
Voleibol de playa						
CLASE	ILUMINACIÓN HORIZONTAL				GR	Ra
	Ēm lx	Emin/Ēm				
I	500	0,7			50	60
II	200	0,6			50	60
III	75	0,5			55	20
NOTA - Para la Clase I, la competencia internacional en el nivel máximo puede justificar una longitud de 34 m x 19 para el área principal (PA). El número correspondiente de puntos de cuadrícula es de 15 x 9.						

Nota. Obtenido de AENOR (2009, pág. 5).

- **Alumbrado Clase I:** Cotejos de alto nivel, pueden ser nacionales e internacionales. En estos encuentros existe concurrencia de un gran número de aficionados y sus establecimientos son grandes.
- **Alumbrado Clase II:** Cotejos de medio nivel, competiciones de nivel local y regional.

- **Alumbrado Clase III:** Para establecimientos recreativos, entrenamientos o practicas físicas (AENOR, 2009, pág. 5).

2.6 Parámetros que se deben considerar en la iluminación deportiva

La iluminación de complejos deportivos tiene que satisfacer todos los requerimientos que sean necesarios para brindar un confort de calidad tanto a los espectadores como a los deportistas, para que puedan desempeñar todas sus cualidades en el campo de juego y los espectadores gocen de un buen espectáculo si el mismo se lleva a cabo en horarios nocturnos (Contreras Pérez & Ponce Vera, 2022, pág. 30).

2.6.1 Iluminación plano horizontal

Dado que el campo de juego es el componente que más importa a los jugadores y espectadores, es considerado el punto focal de visibilidad. La luz que llega a un plano horizontal se denomina plano horizontal. Para medir la iluminancia de plano horizontal se traza una rejilla de 10 m x 10 m en el campo de juego esta va a permitir calcular la iluminación máxima, mínima y media a una altura de 1 metro sobre la superficie del campo de juego y se la conoce por las siglas *E_h*. (Malagón Revilla & Sánchez Tituana, 2021, pág. 29).

2.6.2 Iluminación plano vertical

La calidad de una imagen de televisión depende de la adecuada iluminación vertical debido al grado de influencia ya que permite visualizar a los atletas y al balón, y esto se debe a que es la cantidad de iluminación que recibe la superficie vertical de los jugadores (Contreras Pérez & Ponce Vera, 2022, pág. 30).

2.6.3 Uniformidad de la luz

Para garantizar el confort de deportistas y espectadores, eliminar las variaciones de iluminación y permitir la mejor visibilidad, la uniformidad en los planos horizontal y vertical debe ser lo más efectiva posible. Si son instalaciones deportivas profesionales y existe la posibilidad de que sus eventos sean televisados entonces su sistema de iluminación deberá ser para ambos planos cumpliendo con la uniformidad establecida para los polideportivos según categoría de estadio; se limita al plano horizontal solo cuando no es televisado (Malagón Revilla & Sánchez Tituana, 2021, pág. 32).

2.6.4 Iluminación limitada

El uso de fuentes de luz de alta intensidad puede resultar problemático a la hora de iluminar centros deportivos, ya que provocan un deslumbramiento desagradable y, por tanto, incomodidad para los espectadores. Una fuente de luz demasiado brillante provoca deslumbramiento, generando molestias, interferencias o afectando el rendimiento visual. Esto suele ocurrir porque los puntos de irradiación en los que se enfoca no son los óptimos (Esteves Espinoza, 2017, pág. 25). Debido a estos factores, existen dos tipos de deslumbramiento: el resplandor perturbador y el resplandor molesto, como sigue a continuación.

2.6.4.1 Resplandor perturbador.

Crea un velo de luz que bloquea la visión y desaparece cuando termina su causa (Chan Samaniego, 2023, pág. 28).

2.6.4.2 Resplandor molesto.

Crea fatiga debido a la luz intensa que incide en los ojos, lo que dificulta la visión, esto provoca dos tipos de deslumbramiento, el primero se produce por la observación directa de la fuente luminosa al mirar directamente luminarias o grupos de luminarias. La segunda forma de deslumbramiento resulta de la observación indirecta o reflexiva de las fuentes, como ocurre cuando se ven reflejadas en una superficie, es importante tener en cuenta el deslumbramiento en las instalaciones deportivas ya que puede afectar a deportistas, espectadores y personas que transitan por ellas. Por lo tanto, al elegir las lámparas, es necesario no solo tener en cuenta la limitación de la luz dispersa fuera del haz principal, sino también iluminarlas correctamente en el ángulo para que este problema no se vea reflejado (Esteves Espinoza, 2017, pág. 27).

2.6.5 *Impacto ambiental*

Es ampliamente reconocido que el uso de iluminación artificial y el consumo de energía eléctrica impactan negativamente en el medio ambiente. En este sentido, es esencial considerar la implementación de reflectores con cortes precisos en los proyectos de iluminación, ya que estos dispositivos ayudan a mantener los niveles de luz dentro de los mínimos requeridos, reduciendo así su impacto ecológico. Un aspecto crucial de este impacto es la atracción de insectos hacia la luz blanca, fenómeno que ocurre porque los insectos se ven atraídos y quedan atrapados alrededor de las fuentes de luz, debido a la emisión de luz ultravioleta de algunos reflectores (Malagón Revilla & Sánchez Tituana, 2021, pág. 33).

2.7 Tipos de iluminación.

En la actualidad, hay numerosas fuentes que emiten luz artificial, las cuales se emplean en variadas aplicaciones. La creación de una fuente de luz implica un proceso por el cual la energía se transforma en radiación electromagnética, conocido como el proceso de excitación atómica y la emisión de fotones (Malagón Revilla & Sánchez Tituana, 2021, pág. 34). A continuación, se detalla varios tipos de fuentes de luz:

2.7.1 Lámparas incandescentes.

La calefacción es la base del funcionamiento de las lámparas incandescentes. El mismo filamento que contiene dentro de ella emite radiación a altas temperaturas, son la fuente de luz más antigua y permite una mejor reproducción de los colores y es una fuente muy cercana a la luz del sol (Bonilla Gancino & Pullutaxi Guaman , 2021, pág. 16).

2.7.2 Lámpara incandescente halógena de tungsteno.

En lugar de usar una bombilla, estas lámparas calientan el filamento. El haluro está presente en la bombilla de estas lámparas incandescentes estándar, lo cual es beneficioso, para prolongar su vida útil mediante su mantenimiento (Bonilla Gancino & Pullutaxi Guaman , 2021, pág. 17).

2.7.3 Lámparas de descarga.

Una lámpara de descarga funciona aprovechando el fenómeno de la luminiscencia, que produce una radiación luminosa con un ligero aumento de la temperatura, por lo que también se denomina lámparas frías. La excitación de un gas o vapor ionizado a través de descargas eléctricas entre dos electrodos produce la luz

que se emite. Los electrones en el tubo que contiene los electrodos experimentan un flujo como resultado de estas descargas eléctricas, que transfiere energía a los electrones (Bonilla Gancino & Pullutaxi Guaman , 2021, pág. 17).

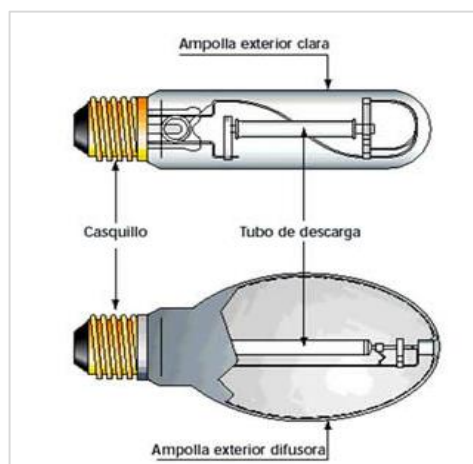
2.7.4 Lámparas de vapor de sodio alta y baja presión.

2.7.4.1 Alta presión.

Para Wan (2022, pág. 2), las lámparas de sodio de alta presión (HPS) representan el tipo más óptimo de iluminación por descarga de gas. Estas lámparas son capaces de generar una luminosidad intensa sobre amplias áreas, manteniendo una eficiencia energética elevada; en la figura 7 se ilustra la lámpara de alta presión. El manejo del sodio elemental resulta más sencillo debido a su baja reactividad con el óxido de aluminio, facilitando además la resistencia a altas temperaturas.

Figura 7

Lámpara de sodio de alta presión



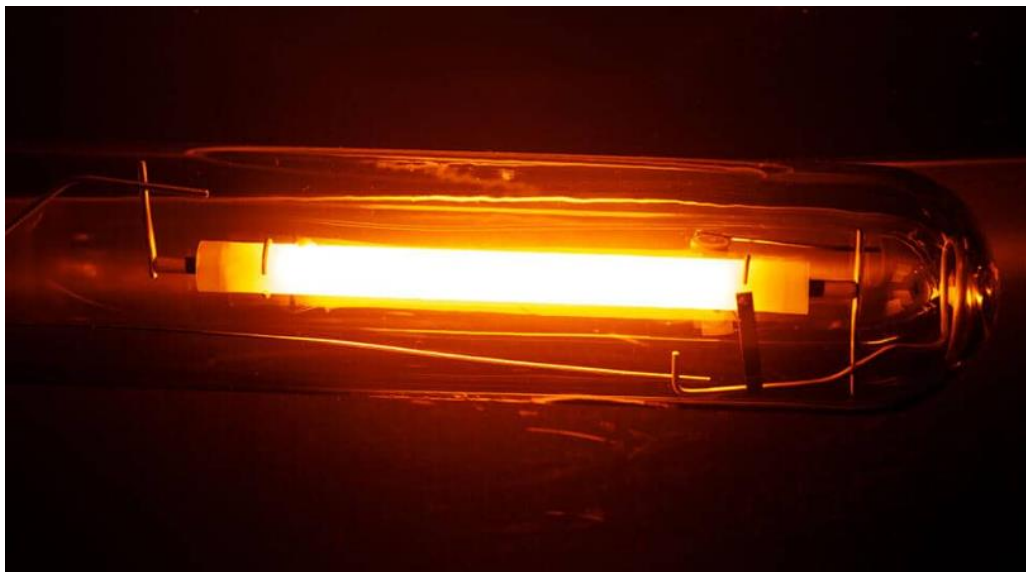
Nota. Obtenido de Wan (2022).

2.7.4.2 Baja presión.

Wan (2022, pág. 3) describe una variedad de lámpara parecida a la de sodio de alta presión, que incorpora un tubo de descarga en su interior de vidrio. Dentro de este tubo, se encuentran electrodos metálicos encargados de convertir la energía eléctrica en luz. No obstante, solo con los electrodos, no es suficiente para iluminar. Estas lámparas albergan una mezcla de gases, neón y argón, dentro de su estructura de vidrio. La interacción de estos gases con los electrodos electrificados da lugar a la emisión de luz incandescente. En la figura 8 se muestra un ejemplo de una lámpara de baja presión.

Figura 8

Lámpara de sodio de baja presión



Nota. Obtenido de Wan (2022).

2.8 Luminarias LED.

Las luminarias LED, cuyas siglas en español representan "diodo emisor de luz", surgieron a principios de la década de los sesenta y forman parte de la categoría de los diodos. Estas luminarias son dispositivos de estado sólido, carecen de

componentes frágiles o desmontables, y presentan una vida útil más prolongada en comparación con las lámparas convencionales. Además, destacan por su mayor eficiencia luminosa (Bonilla Gancino & Pullutaxi Guaman , 2021, pág. 18).

Las luminarias LED están reemplazando actualmente a los antiguos tubos fluorescentes por su potente iluminación y alta eficiencia energética. Esto se traduce tanto en ahorro de energía como en una larga vida útil. Se puede aplicar en una variedad de entornos, incluidos parques, instalaciones deportivas y tiendas minoritarias (Malagón Revilla & Sánchez Tituana, 2021).

2.8.1 Características principales.

- Nivel alto de eficacia, puede llegar hasta los 100 Lm/W.
- Reduce el consumo energético hasta un 50%.
- Tensión de 100 – 240 V.
- No necesita controlador.
- Vida útil 50.000 – 100.000 h.
- La ausencia de mercurio las hace más amigables con el medio ambiente.
- Bajo costo de mantenimiento.
- Fácil instalación. (Malagón Revilla & Sánchez Tituana, 2021, pág. 36).

2.9 Grado IP de lámparas LED.

Según Hurtado Aguilar (2022, pág. 16), el tipo y grado de protección deben tener en las especificaciones de montaje. Según la estanqueidad requerida por las condiciones ambientales del lugar de instalación, las luminarias deben cumplir

requisitos especiales de sellado para cableado y otro es para componentes ópticos definidos según la clasificación que utiliza el código IP, o equivalente NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos) e IEC (Asociación Internacional de Fabricantes Eléctricos comisión electrotécnica). El índice IP se asume en función de las condiciones ambientales, y aceptado mediante código IP (Código de Protección Internacional) o equivalente NEMA, que se refiere al grado de protección contra el ingreso polvo y agua.

Tabla 2

Grado de protección IP en sistemas de iluminación

Segundo Índice	Descripción	Alcance de la protección
0	Sin protección	Alcance de la protección
1	Protección contra el goteo de agua vertical	La caída vertical de agua no debe causar daños.
2	Protección contra goteo el goteo de agua inclinada vertical	La caída de gotas de agua con hasta un ángulo 15° desde cualquier dirección no deben causar daño
3	Protección contra el agua en spray	La caída de gotas de agua con hasta 60° desde cualquier dirección no deben causar daño (lluvia).
4	Protección contra las salpicaduras de agua.	Las salpicaduras de agua desde cualquier dirección no deben causar daño interior.
5	Protección contra chorros de agua de cualquier dirección con manguera.	Los chorros de agua con mangueras y desde cualquier dirección, o deben causar daño al interior.
6	Protección contra inundaciones.	La cantidad de agua que ingrese, si se llega a suscitar una inundación esporádica o temporal, no debe dañar el interior.
7	Protección contra la inmersión temporal.	En caso de que sumerja en condiciones de presión entre 1-30 min, no debe presentar fallas las piezas internas.

Segundo Índice	Descripción	Alcance de la protección
8	Protección durante inmersión continua.	Si se sumerge el equipamiento 2 horas y con 2 bares para (IP68 no metálicos) y 5 horas con una presión de 5 bares (IP68 metálicos) no debe presentar daño interior.
9	Protección contra la introducción de agua usando pistolas de limpieza d alta presión.	El agua que se introduzca en el interior, producida al utilizar pistolas de limpieza con agua de alta presión, no deben causar daño interior. con agua de alta presión, no deben causar daño interior.

Nota. Obtenido de Hurtado Aguilar (2022).

2.10 Método para el cálculo de iluminación

Malagón y Sánchez (2021), refieren que un proyecto de iluminación debe calcularse utilizando métodos similares para crear su propia simulación:

1. Método punto por punto;
2. Método de lumen.

2.10.1 Método punto por punto

Este método se considera el más preciso, ya que cada punto se mide teniendo en cuenta el aporte individual de cada armadura, por lo que resulta más engorroso y utilizable siempre que el número de puntos y armaduras no sea grande (Malagón Revilla & Sánchez Tituana, 2021, pág. 41).

2.10.2 Método de lumen

Al igual que el método anterior, tiene su propia precisión para determinar la iluminación promedio y es el más utilizado porque puede usarse en situaciones con más puntos, lámparas más grandes y áreas más grandes (Malagón Revilla & Sánchez

Tituana, 2021, pág. 41). Su cálculo se realiza de acuerdo con lo expresado en la ecuación 2.5, mostrada a continuación:

Ecuación 2.5

$$E = \frac{\Phi\tau}{\text{Área}} = \frac{\Phi\tau}{(a \times l)}$$

Donde,

E = nivel de iluminación (lux).

$\Phi\tau$ = lumen total (lm) en superficie.

a= ancho del área (en metros).

l = longitud del área (m).

Un punto importante es que el flujo luminoso total ($\Phi\tau$) se ve afectado por los factores de uso (fu) y mantenimiento (fm), y la expresión está descrita en la ecuación 2.6:

Ecuación 2.6

$$E = \frac{\Phi\tau * fu * fm}{\text{Área}} (lux)$$

Para calcular la luminiscencia se utiliza el método del lumen del haz, lo que ayuda a encontrar cada parámetro mediante un método preciso y siguiendo cada paso.

2.11 Dialux Evo 12.0

En 1994, DIAL, una empresa alemana de iluminación y domótica, creó un software "completo" y gratuito. Al utilizar DiaLux, puedes crear proyectos de

iluminación que sean a la vez efectivos y profesionales, ya sea en interiores o exteriores, a través de un proyecto virtual. También puede recibir evaluaciones energéticas en tiempo real y datos actualizados de luminarias fabricadas (Lithonia, 2016 , pág. 2).

Además, este software se puede utilizar para importar archivos de AutoCAD para su examen y tiene la capacidad de calcular los niveles de iluminación resultantes de la luz directa e indirecta, lo que se logra mediante el cálculo de la radiosidad. Estos programas que permiten realizar cálculos y simulaciones de iluminación han sido destacados durante décadas por su confiabilidad, pero es importante señalar que también han permitido realizar comparaciones en tiempo real.

- Desviación de los datos de luminosidad teóricos de la lámpara respecto a los reales.
- Suministro de energía en uso real comparado con laboratorios.
- Desviación de la temperatura de funcionamiento.
- Desviación del grado de reflexión de las superficies.

2.11.1 Características del Dialux Evo 12.0

- Un proyecto de interiorismo donde se conoce como interiorismo apartamentos, industrias y lugares de trabajo.
- Proyecto exterior, se refiere a áreas exteriores como polideportivos, áreas verdes, estacionamientos (exteriores).
- Proyecto de calle, como su nombre indica para todos los proyectos de carreteras.

Con ello, se puede afirmar que al seleccionar un proyecto, se inicia el análisis de los parámetros correspondientes para los cálculos de luz. De esta manera, al escoger el proyecto en el que se aplicará el trabajo, se abre otra ventana con el propósito de iniciar la creación del proyecto, como se muestra en la Figura. A continuación, se presenta la información preestablecida, que incluye el nombre del proyecto y su descripción, la cual es externa al entorno en este caso. Posteriormente, se detalla cómo se generan planos del área a trabajar en la fábrica, además de la posibilidad de ingresar detalles sobre los objetos a utilizar, los colores, las lámparas y, finalmente, los estampados (Lithonia, 2016 , pág. 3).

2.12 Reglamento ecuatoriano Arconel 003/18

El Reglamento Ecuatoriano ARCONEL 003/18, titulado “Producción de Foeleertricidad para la Autoproducción de Electricidad por los Consumidores Finales”, establece que, de acuerdo con la disposición transitoria primera del Decreto N° ARCONEL-033/18 del 22 de octubre de 2018, las normativas presentes en este documento para el fomento, implementación y participación en la generación de electricidad solar por parte de los consumidores finales permanecerán en efecto hasta que se emita un nuevo reglamento específico sobre generación distribuida. Este reglamento aplica a sistemas de energía solar con una potencia nominal de hasta 100 kW para usuarios residenciales, extendiéndose hasta 300 kW para clientes comerciales y hasta 500 kW para usuarios industriales (ARCONEL-057/18, 2020).

2.13 Radiación solar

Lindao Suárez (2020, pág. 47) hace referencia a que es un conjunto de ondas electromagnéticas que viajan libremente a través del espacio desde el Sol hasta la

Tierra en forma de un espectro de diferentes longitudes de onda y frecuencias. La cantidad de radiación solar que llega a la Tierra depende de ciertos factores, como:

- La posición de la Tierra con relación al sol.
- Las condiciones climáticas.
- Capa atmosférica.
- Problema de suspensión.

Los tipos de radiación que afectan a la superficie terrestre son:

- Radiación directa.
- Radiación difusa.
- Albedo o radiación reflejada.

2.13.1 Radiación directa

Es una radiación procedente del sol que no sufre desviaciones en su paso por la atmósfera (Barrionuevo Acosta, 2022, pág. 6).

2.13.2 Radiación difusa

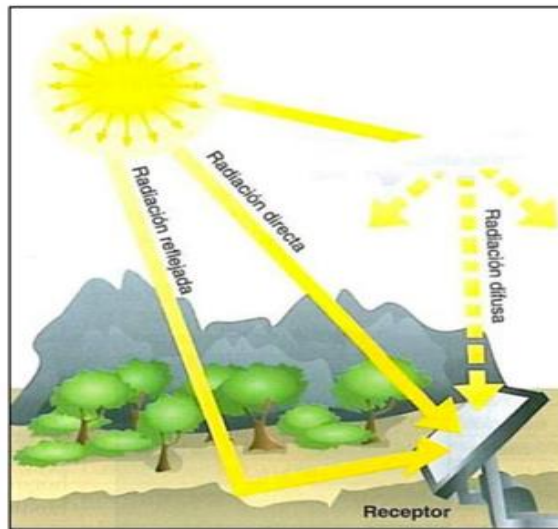
La dirección de la radiación solar cambia principalmente debido a la reflexión y difusión atmosférica (Bermeo Carranza, 2019, pág. 42).

2.13.3 Albedo o radiación reflejada

El albedo se refiere a la radiación solar, tanto directa como difusa, que es reflejada por el suelo o por otras superficies próximas (Bermeo Carranza, 2019, pág. 43). En la figura 9, se ilustran los tipos de radiación solar en el suelo:

Figura 9

Tipos de radiación solar en el suelo



Nota. Obtenido de Lindao Suárez (2020, pág. 6).

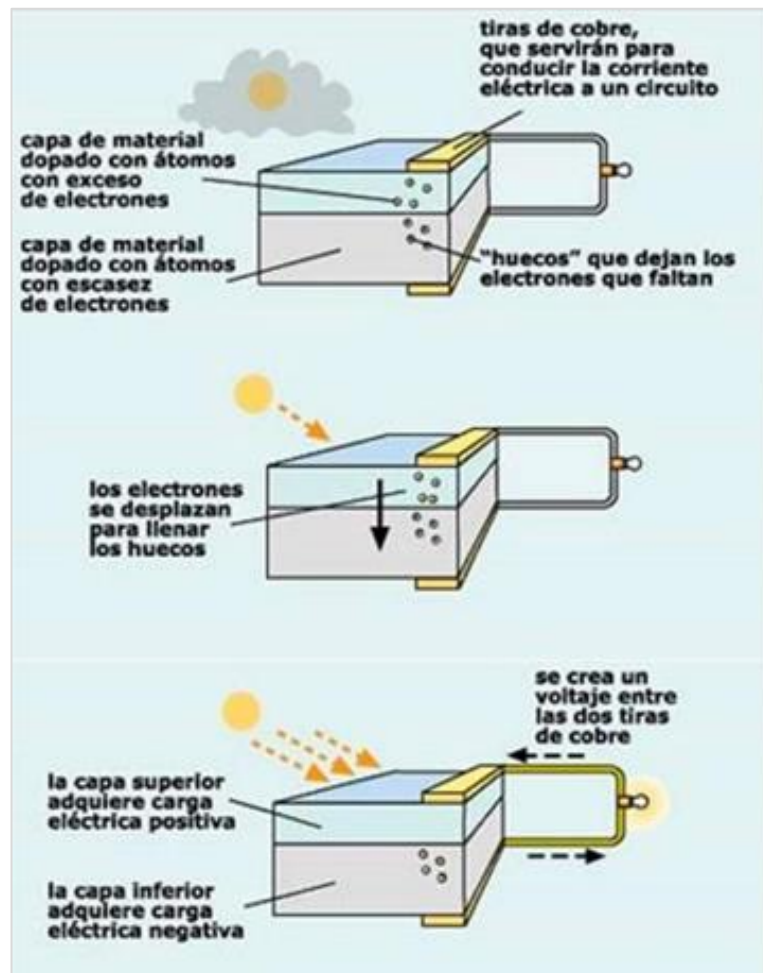
2.14 Efecto fotovoltaico

Lindao Suárez (2020, pág. 20) menciona que la absorción de fotones en pares de electrones es la función principal de una célula fotovoltaica, que emplea semiconductores p y n; esto las transforma en células fotoeléctricas. La transferencia de electrones desde la banda de valencia a la línea de conducción se logra midiendo la energía absorbida, que es equivalente o superior a la energía de la banda prohibida.

Mediante este proceso, el campo eléctrico generado en los semiconductores se utiliza para crear pares de huecos de electrones que son difusos y segregados en la unión p – n. La atracción entre electrones y huecos se produce en el lado positivo. En última instancia, la corriente eléctrica CC se produce por el flujo de electrones en el circuito externo. A continuación, en la figura 10, se muestra el esquema de funcionamiento de células solares fotovoltaicas:

Figura 10

Esquema de funcionamiento de células solares fotovoltaicas



Nota. Obtenido de Rasero (2011, pág. 100).

la esencia de una célula fotovoltaica radica en su capacidad para absorber fotones y generar pares electrón-hueco utilizando semiconductores tipo p y n, convirtiéndolas efectivamente en células fotoeléctricas. Este proceso facilita el movimiento de electrones de la banda de valencia a la banda de conducción al absorber energía que es igual o mayor que la energía de la banda prohibida. A través de este mecanismo, se aprovecha el campo eléctrico creado en los semiconductores para

generar y separar pares de huecos de electrones en la unión p-n, con la atracción de electrones hacia el lado positivo. Finalmente, se produce una corriente continua (CC) como resultado del movimiento de electrones a través del circuito externo.

2.15 Sistema de energía solar

Rodríguez-Peñañiel (2023, pág. 5) argumenta que, es un conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que realizan la función principal de captar la radiación solar y convertir la energía solar disponible en energía eléctrica. Estos sistemas se dividen en dos categorías dependiendo de su consumo de energía.

- Independientes o autónomos (standalone).
- Conectado a red y centralizado (conectado a red).

Los principales componentes de un sistema de energía solar son:

- Módulos fotovoltaicos.
- Inversor.
- Controlador de carga.
- Sistema de acumulación.
- Estructura de soporte.
- Contador de energía bidireccional

2.15.1 Módulo de energía solar

En su obra, Solano Vélez (2022, pág. 15) menciona una variedad de células solares que pueden ser conectadas en serie o en paralelo con el propósito de proporcionar la corriente y el voltaje necesarios para captar la radiación solar. Estas células solares se clasifican en función de su estructura cristalina en elementos de

silicio monocristalino, policristalino y amorfo. Entre ellos, los monocristalinos son los más ampliamente utilizados debido a su eficiencia superior, que oscila entre el 18% y el 20%. Los paneles policristalinos alcanzan una eficiencia del 14% al 16%, mientras que los amorfos tienen una eficiencia aproximada del 10%.

2.15.2 Inversor

Como uno de los componentes básicos, su función principal es convertir la corriente continua (DC) producida por el panel solar en corriente alterna (AC), ya sea monofásica o trifásica. Depende de la aplicación en los sistemas fotovoltaicos, los inversores se clasifican en autónomos, conectados a la red e híbridos. La principal característica de los inversores conectados a la red es que pueden funcionar directamente conectados a la parte fotovoltaica y sincronizarse con la red eléctrica a los valores correctos de frecuencia y tensión (Villacis Robalino, 2018, pág. 7).

2.15.3 Controlador de Carga

La tarea principal del controlador de carga consiste en regular la corriente producida por los paneles solares y adecuar la corriente de carga entregada al sistema. Esto garantiza que la batería mantenga su estado de carga al máximo, con el objetivo de prolongar la durabilidad del almacenamiento energético (Villacis Robalino, 2018, pág. 7).

2.15.4 Sistema de colección

Este sistema se compone de una serie de baterías de dimensiones seleccionadas para garantizar la disponibilidad de electricidad en momentos específicos del día, de acuerdo con las demandas del usuario. En la actualidad, las baterías más

frecuentemente empleadas en los sistemas fotovoltaicos son las de plomo-ácido, níquel-cadmio y litio. Aunque estas últimas presentan un costo más elevado, ofrecen ventajas técnicas superiores en comparación con las opciones previas (Yépez Alvarado, 2019, pág. 44).

2.15.5 Estructura de soporte

Incluye todos los componentes necesarios para asegurar, unir y resguardar de manera efectiva los elementos de un sistema fotovoltaico, asegurando así su funcionamiento mecánico seguro. La estructura principal sostiene el módulo fotovoltaico, teniendo en cuenta el ángulo de inclinación y la orientación ideal para su óptimo desempeño (Yépez Alvarado, 2019, pág. 40).

2.15.6 Contador de energía bidireccional

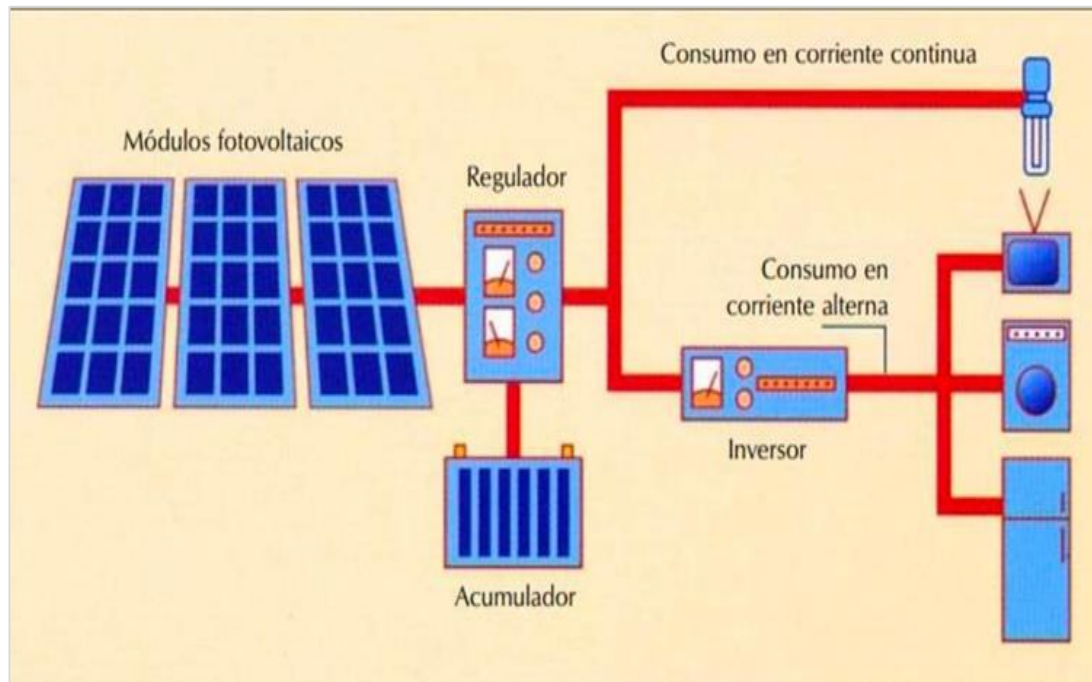
De acuerdo con Erazo Mera (2017, pág. 28), es un dispositivo que permite medir el flujo de energía en dirección normal y opuesta. A partir de esta medición se estima la cantidad de energía que el sistema de energía solar inyecta a la red durante un periodo de tiempo determinado.

2.16 Sistema de energía solar aislado

Este sistema generalmente está destinado a aplicaciones de baja potencia y se utiliza para suministrar cargas de energía doméstica o cuando es necesario alimentar cargas ubicadas en lugares remotos donde el acceso a la red eléctrica es difícil. Estos sistemas dependen de la energía producida por módulos fotovoltaicos y sistemas de almacenamiento (Lino Veas, 2022, pág. 76). En la figura 11 se ilustra el funcionamiento del sistema de energía solar aislado:

Figura 11

Esquema general y componentes principales de un sistema solar



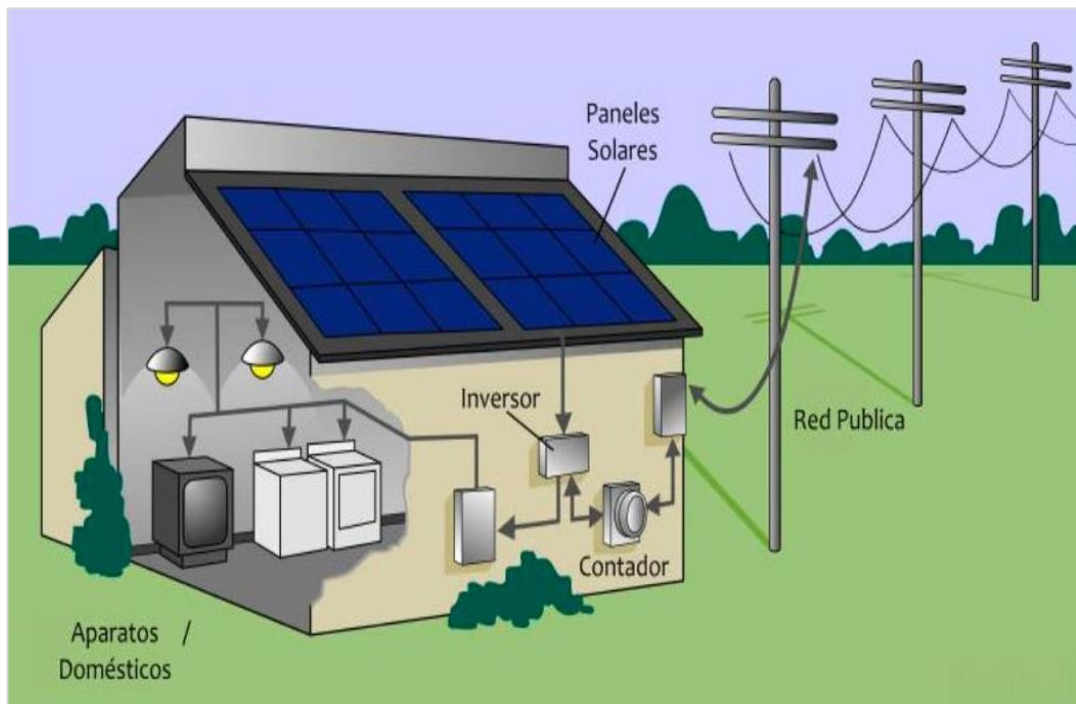
Nota. Obtenido de Lindao Suárez (2020, pág. 16).

2.17 Sistema de energía solar con conexión a red

Un sistema de energía solar conectado a la red permite generar electricidad a partir del sol y suministrar excedentes a la red eléctrica, reduciendo la dependencia de fuentes convencionales. El objetivo principal de este tipo de conexión es maximizar el rendimiento del sistema fotovoltaico, ya que toda la energía eléctrica generada se inyecta directamente a la red de la empresa distribuidora (Lino Veas, 2022, pág. 77). En la figura 12 se muestran los componentes principales del sistema de energía solar y sus conexiones a la red:

Figura 12

Esquema general y componentes principales de un sistema de energía solar conectado a la red eléctrica



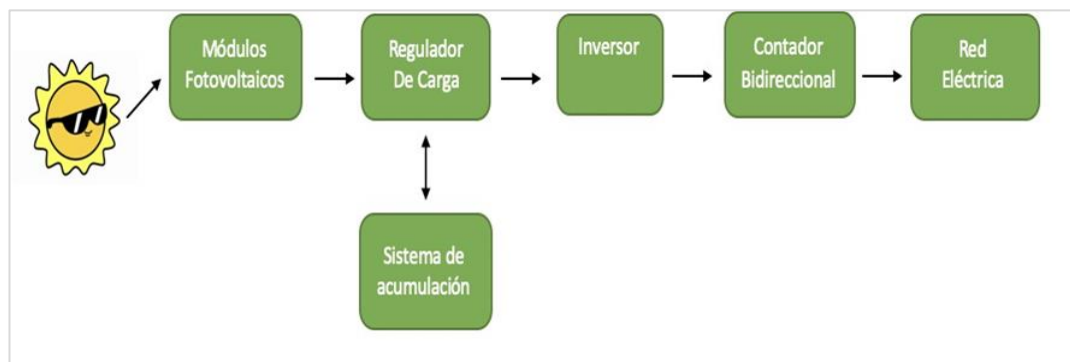
Nota. Obtenido de Cruceira Fultan (2020, pág. 23).

2.17.1 Un sistema de generación de energía solar equipado con conexión a red y sistema de almacenamiento de energía

Un sistema de generación de energía solar con conexión a red y almacenamiento utiliza paneles solares para producir electricidad, almacena el excedente en baterías y suministra energía a la red cuando es necesario. Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red normalmente no utilizan baterías entre los componentes, pero si los usuarios necesitan almacenamiento adicional, existen formas de hacerlo; se debe seguir el siguiente diagrama de bloques (Lindao Suárez, 2020, págs. 16,17). A continuación, en la figura 13 se ilustra este sistema:

Figura 13

Diagrama de bloques de un sistema de generación de energía solar con conexión a red y sistema de almacenamiento de energía



Nota. Obtenido de Lindao Suárez (2020, págs. 16,17).

La Figura 13 ilustra el diagrama de bloques de un sistema de generación de energía solar con conexión a la red y un sistema de almacenamiento de energía, mostrando cómo los distintos componentes interactúan para gestionar la producción, el almacenamiento y la distribución de la energía solar (Lindao Suárez, 2020).

1. **Módulos fotovoltaicos:** Son el punto de partida del sistema, donde la energía solar es capturada y convertida en electricidad de corriente continua (CC). Estos paneles absorben la luz solar y la transforman en energía eléctrica a través del efecto fotovoltaico.
2. **Regulador de carga:** Este dispositivo actúa como un gestor entre los módulos fotovoltaicos y el sistema de almacenamiento (baterías). Su función principal es proteger las baterías de sobrecargas o descargas excesivas, regulando el flujo de energía hacia y desde ellas. El regulador asegura que las baterías se carguen de manera óptima y mantiene su salud y longevidad.

3. Sistema de acumulación (Batería): Las baterías almacenan la energía generada por los módulos fotovoltaicos que no se utiliza inmediatamente. Esto permite el uso de energía solar durante la noche o en días nublados, cuando la producción de los paneles es insuficiente.
4. Inversor: Convierte la electricidad de corriente continua (CC), proveniente de los paneles solares y las baterías, en corriente alterna (CA), compatible con los aparatos domésticos y la red eléctrica. Además, sincroniza la energía solar con la red, permitiendo un intercambio eficiente de energía.
5. Contador bidireccional: Este dispositivo mide la energía que se envía a la red eléctrica y la que se recibe de ella, permitiendo la compensación por el excedente de energía generada. En sistemas conectados a la red, cuando la producción de energía solar excede el consumo local, el excedente se inyecta en la red, y el contador bidireccional registra este intercambio.
6. Red eléctrica: La conexión final del sistema, donde la energía solar puede ser distribuida para uso doméstico o comercial. En momentos de baja producción solar, la red eléctrica puede suministrar energía adicional al sistema, asegurando un suministro constante. (Lindao Suárez, 2020)

Este sistema ofrece una solución sostenible y eficiente para la generación de energía, maximizando el uso de fuentes renovables, reduciendo la dependencia de energías fósiles y optimizando el balance energético mediante el almacenamiento y la integración inteligente con la red eléctrica (Lindao Suárez, 2020).

2.17.2 Conjunto fotovoltaico serie-paralelo

Un sistema fotovoltaico consiste en conectar módulos fotovoltaicos en serie o paralelo para obtener la tensión y corriente correctas para conectar al inversor fotovoltaico utilizado. Al conectar módulos fotovoltaicos en serie, se pueden sumar los voltajes de los módulos individuales, de modo que la corriente en la salida sigue siendo la misma para cada módulo, al tiempo que lo hace más adecuado para su uso en la salida del conjunto (Lindao Suárez, 2020, pág. 32).

Capítulo 3. Diseño del sistema de iluminación

3.1 Diseño del sistema de iluminación para el estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil

Este capítulo se dedica a la ejecución de estudios de campo en las instalaciones del estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil. El objetivo fue recopilar datos esenciales que permitieran realizar los cálculos necesarios para desarrollar la propuesta de diseño de iluminación. En la figura 14, se muestran las inmediaciones del estadio de fútbol asociado al proyecto.

Figura 14

Estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil.



Nota. Medidas del estadio de la UCSG tomadas de la cancha: Ancho: 75 m; Longitud: 105 m; Área: 7.875 m². Foto tomada por autores (2023).

El estadio de fútbol de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil presenta unas dimensiones significativas en su cancha, con un ancho de 75 metros y una longitud de 105 metros, abarcando un área total de 7.875 metros cuadrados. Estas

medidas aseguran un amplio espacio para la realización de eventos deportivos, cumpliendo con los estándares internacionales para campos de fútbol.

3.2 Puntos que se deben considerar para la propuesta

En el terreno de juego, es importante tener en cuenta la infraestructura del estadio y seleccionar de forma óptima el sistema de iluminación que represente la distribución y colocación de los postes para permitir una iluminación óptima del estadio. A continuación, se presentan los tipos más utilizados:

3.2.1 Sistema de iluminación para escenarios deportivos

- **Sistema de alumbrado lateral:** Dispone de 1 hasta 4 postes por banda, el número de postes dependerá bastante de la clase en la que se encuentre el escenario deportivo y las dimensiones de este, de acuerdo con esas condiciones se deberá considerar el número de postes adecuados para lograr una óptima distribución de la iluminación (Malagón Revilla & Sánchez Tituana, 2021, pág. 31).
- **Sistema de alumbrado por esquinas:** En este sistema se emplea 4 postes una en cada esquina del campo de juego, esto se debe a la infraestructura que exista alrededor por su diseño arquitectónico o por el diseño de las tribunas (Malagón Revilla & Sánchez Tituana, 2021, pág. 31).
- **Sistema de alumbrado mixto:** Es la combinación entre los 2 primeros sistemas siempre que el diseño arquitectónico del escenario deportivo lo permita (Malagón Revilla & Sánchez Tituana, 2021, pág. 31).

Dadas las dimensiones y características del estadio, y sabiendo que ha albergado partidos de segunda división en el estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, se clasifica al estadio como de clase II. Sin embargo, debido a la ausencia de transmisiones televisivas de los encuentros, la normativa se aplica exclusivamente al plano horizontal (Malagón Revilla & Sánchez Tituana, 2021).

3.2.2 Elección del proyector LED para la propuesta

De acuerdo con los requisitos especificados por la norma UNE-EN 12193, se determinó que el estadio, clasificado como clase II, necesita una iluminación de 200 lux (Anexo 2). Esta clasificación se basa en la Tabla 1, discutida en el capítulo 2, que detalla los niveles de iluminación horizontal recomendados para campos de fútbol al aire libre, siguiendo los cálculos de iluminancia media $\bar{E}_m$ y la relación entre la iluminancia mínima y la media $E_{min}/\bar{E}_m$ lx, tal como lo estipula la normativa para asegurar condiciones de visibilidad adecuadas para este tipo de instalaciones deportivas.

Tras una evaluación exhaustiva de las opciones disponibles, se identificó que la serie de proyectores LED de «Performance in Lighting», y más concretamente el modelo PRO-96/4 ELL, representa la solución óptima para cumplir con los estándares de iluminación requeridos para espacios deportivos. La selección de este modelo se fundamenta en su historial probado de eficacia y satisfacción en proyectos anteriores, donde ha demostrado ser una fuente de luz confiable y de alta calidad.

Para ofrecer un contexto adicional sobre la importancia de elegir el modelo PRO-96/4 ELL, es relevante destacar que «Performance in Lighting» es una firma

reconocida por su innovación y calidad en soluciones de iluminación. El modelo PRO-96/4 ELL se caracteriza por su alta eficiencia, durabilidad y capacidad para proporcionar una cobertura lumínica uniforme, aspectos cruciales para el rendimiento óptimo en entornos deportivos al aire libre. Su diseño y tecnología cumplen con los requisitos de iluminación deportiva a nivel profesional, ofreciendo no solo eficiencia energética sino también una mejora significativa en la experiencia visual tanto para jugadores como para espectadores.

3.2.3 Cálculo de la altura de torres

En el diseño de sistemas de iluminación para estadios deportivos, un aspecto crítico es asegurar que la luz proporcionada no genere deslumbramiento para los jugadores, los espectadores y las cámaras de transmisión. Este fenómeno, conocido como deslumbramiento, puede afectar negativamente la visibilidad y la experiencia en el estadio. Para mitigar este efecto, se realiza un cálculo preciso de la altura óptima a la que deben instalarse las torres de iluminación, teniendo en cuenta un ángulo de inclinación específico que minimice el riesgo de deslumbramiento.

Según Malagón y Sánchez (2021, pág. 73), el ángulo ideal para evitar deslumbramientos se sitúa en 30 grados. No obstante, para adaptarse mejor a las condiciones reales del entorno del estadio y mejorar la calidad de la iluminación, se ha optado por un ángulo de 25 grados. La determinación de este ángulo es fundamental para definir tanto la distancia adecuada desde el borde del campo hasta la ubicación de las torres (setback) como la altura mínima requerida para las torres de iluminación.

La aplicación de las ecuaciones siguientes (ecuación 3.1 y ecuación 3.2) permite calcular estos parámetros críticos:

Ecuación 3.1

$$Tag(75^{\circ}) = \frac{H_{min}}{Sb_{min}} \Rightarrow Sb \geq \frac{75/2 * Tag(25^{\circ})}{Tag(75^{\circ}) - Tag(25^{\circ})} = 5,35 = 5 \text{ m.}$$

Ecuación 3.2

$$Tag(25^{\circ}) = \frac{H_{min}}{(\frac{A}{2} + Sb_{min})} \Rightarrow H \geq Tag(25^{\circ}) * \left(\frac{75}{2} + 5\right) = 19,81 = 20 \text{ m.}$$

Donde:

H_{min} : Altura mínima del poste.

A: Ancho del escenario deportivo.

Sb_{min} : Distancia entre el borde del campo y la posición del poste.

El cálculo de las ecuaciones 3.1 y 3.2 dio como resultado que se debe tener un Sb (setBack) de 5 m, la cual sería la distancia del banderín de la línea horizontal del saque de banda hasta la torre; asimismo, se obtuvo que la altura mínima (H) de la torre debe de ser 20 m.

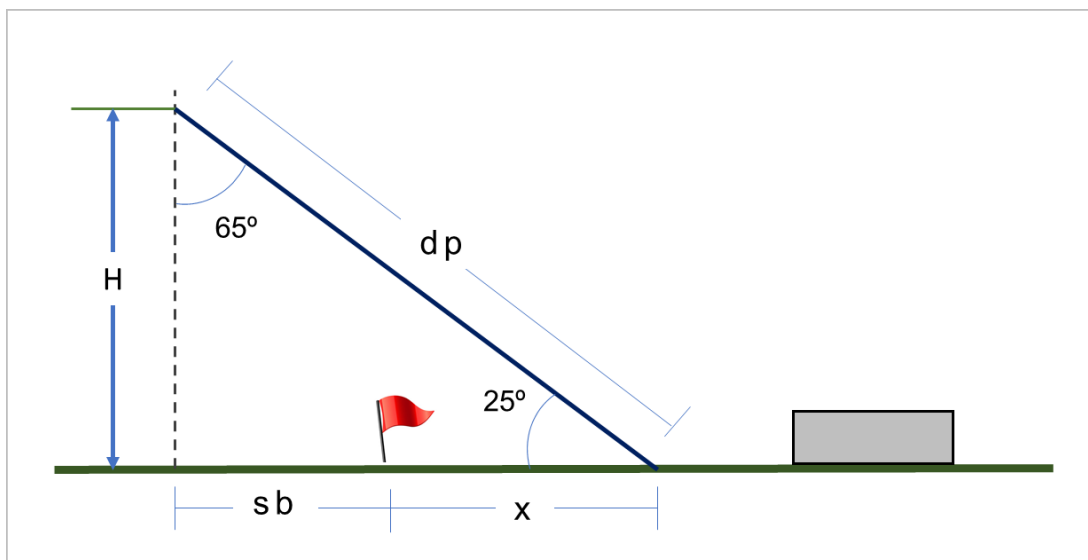
3.2.4 Distancia de proyección de luminarias

Para poder sacar la distancia de proyección de la fuente de iluminación a utilizar es importante a ver obtenido ya la altura y distancia del poste con respecto al borde de la cancha y las propiedades lumínicas del proyector.

La distancia de proyección se calcula basándose en la amplitud del haz de luz del proyector seleccionado para el diseño. Una vez determinada esta distancia, es importante que los proyectores mantengan un ángulo de apertura máximo de 70°, optando por un ángulo de inclinación de 65° como parámetro de referencia (Malagón Revilla & Sánchez Tituana, 2021, pág. 65).

Figura 15

Distancia de proyección



Nota. obtenido de Malagón y Sánchez (2021, pág. 65).

Observando esta representación de la proyección, con sus respectivas distancias y ángulos se obtienen sus valores a partir de la aplicación de las ecuaciones 3.3 y 3.4, presentadas a continuación:

Ecuación 3.3

$$X = \frac{H}{\text{Tag}(25)} - sb = \frac{20}{\text{Tag}(25)} - 5 = 42,89 \text{ m.}$$

Ecuación 3.4

$$dp = \sqrt{(sb + x)^2 + H^2} = \sqrt{(5 + 42.89)^2 + 20^2} = 51,89 \text{ m.}$$

Una vez obtenidos los resultados de x y dp, se procede con la revisión de los criterios NEMA, presentados en la tabla 3, en la cual se indica la clase donde se encuentra el haz de apertura del proyector que se ha elegido en este proyecto.

Tabla 3

Clasificación del proyector según la apertura del haz NEMA

Clase NEMA	Apertura del haz (10% del I _{max})	Distancia de proyección (m)	Descripción
1	10° a 18°	≥ 73,2	Haz estrecho
2	18° a 29°	61 a 73,2	
3	29° a 46°	53,4 a 44,2	
4	46° a 70°	44,2 a 53,4	Haz medio
5	70° a 100°	32 a 44,2	
6	100° a 130°	24,4 a 32	Haz ancho
7	> 130°	≤ 24,4	

Nota. Obtenido de Malagón y Sánchez (2021, pág. 101).

Los resultados obtenidos en el cálculo previo oscilaron entre 35.75 y 44.96 metros, lo que clasifica la iluminación como de clase 3, considerándose un haz estrecho con un ángulo de 29° a 46°. Las especificaciones técnicas de la fuente de iluminación indican que su rango óptimo es de 30° a 40° (Malagón Revilla & Sánchez Tituana, 2021, pág. 98).

3.2.5 Obtención del número de proyectores a utilizar

Malagón y Sánchez (2021, pág. 65) indican que, después de obtener los resultados anteriores se debe calcular el CBU (por las siglas en inglés de Coefficient of Beam Utilization). Cabe destacar que existe una tabla con registros específicos del coeficiente de utilización de Haz para cada tipo de deporte, los cuales se presentan en la tabla 4, presentada a continuación:

Tabla 4

Valores típicos de CBU según el tipo de deporte

Deporte	Valores típicos CBU
Fútbol	0,60
Béisbol	0,65
Tenis	0,75

Nota. Obtenido de Malagón y Sánchez (2021, pág. 117).

Tomando en cuenta las recomendaciones de la tabla mencionada, se determina que el valor adecuado de CBU para fútbol es de 0,60, lo cual indica el coeficiente de utilización de haz específico para optimizar la iluminación en función del tipo de deporte practicado.

A continuación, se procede al cálculo del factor de mantenimiento, el cual requiere determinar la depreciación del flujo lumínico de la lámpara, también conocido como Factor de Depreciación del Flujo (FDF). Este cálculo se realiza, según lo indicado en la ecuación 3.5, dividiendo los luxes medios obtenidos durante el uso por los luxes iniciales especificados por el fabricante de la luminaria.

Ecuación 3.5

$$FDF = \frac{69.043 \text{ lux}}{108.658 \text{ lux}} = 0,64$$

En tercer lugar, al examinar la tabla 5, se nota que, dadas las características de nuestro reflector cerrado que se situará a nivel medio, estará expuesto a condiciones de intemperie, incluyendo lluvias y polvo.

Tabla 5

Factores de depreciación de la luminaria (FDS)

Tipo de luminaria	Muy limpio	Limpio	Medio	Sucio	Muy sucio
Abierta no ventilada	0,90	0,8	0,71	0,64	0,56
Abierta ventilada	0,95	0,89	0,83	0,78	0,72
Cerrada	0,97	0,93	0,88	0,83	0,78
Vidrio refractor o cerrada y filtrada	0,98	0,95	0,93	0,89	0,86

Nota. Obtenido de Malagón y Sánchez (2021).

En concordancia con las referencias de la tabla 5, el valor de depreciación de la luminaria (FDS) corresponde con:

$$FDS = 0,88$$

Una vez determinados los valores anteriores, se procede a encontrar el factor de mantenimiento (fm) para, posteriormente, calcular el número de proyectores. Para esto se usó la ecuación 3.6 que sigue a continuación:

Ecuación 3.6

$$fm = FDF \times FDS = 0,64 \times 0,88 = 0,56$$

El cuarto paso, una vez establecidos los valores anteriores, consiste en calcular en número exacto de proyectores (N_p) mediante la ecuación 3.7:

Ecuación 3.7

$$N_p = \frac{E_{med} * Area}{\phi_{Haz} * CBU * fm}$$

Donde:

N_p : Numero de proyectores.

E_{med} : Nivel de iluminación media (Lux).

Área: Superficie del campo de juego a iluminar.

ϕ_{Haz} : Lúmenes del Haz (lm).

CBU: Coeficiente e utilización del Haz.

f_m : Factor de mantenimiento (Malagón Revilla & Sánchez Tituana, 2021, pág. 62).

Seguidamente, es necesario calcular el número de reflectores (N_p) que deben instalarse; esto se realiza según lo presentado en la ecuación 3.8 que se muestra a continuación:

Ecuación 3.8

$$N_p = \frac{200 * 7.875}{108.658 * 0,6 * 0,56} = 43,13 = 43.$$

Después de calcular el número de reflectores, se procedió a calcular el número de proyectores por cada poste, lo cual corresponde con una razón constante y que se especifica en la ecuación 3.9:

Ecuación 3.9

$$\frac{Np}{poste} = \frac{43,13}{8} = 5,39 = 5$$

Ya determinado el número de proyectores por cada poste, el cálculo final y de acuerdo con la ecuación 3.10 fue el siguiente:

Ecuación 3.10

$$Np = postes \times \frac{NP}{poste} = 8 \times 5 = 40$$

Los resultados de los cálculos indican la necesidad de instalar un total de 40 proyectores para la propuesta, distribuyendo 5 por cada poste. Con estos datos, se procederá a calcular la orientación y dirección de los proyectores, seguido de la realización de simulaciones mediante el software Dialux.

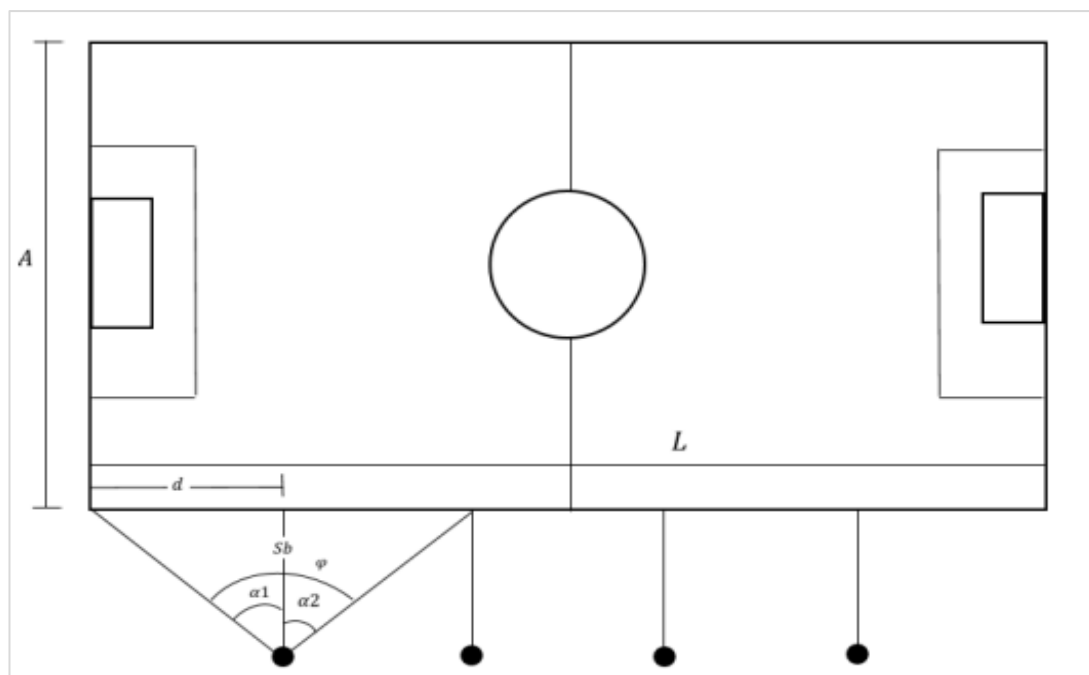
3.2.6 Orientación y dirección de proyectores

Siguiendo lo mencionado anteriormente, el ángulo necesario para prevenir el deslumbramiento es de 65 grados. Los próximos ángulos que se calcularán estarán relacionados con las dimensiones del campo de juego del estadio universitario. Se implementará un diseño con 8 postes colocados de forma simétrica a lo largo del borde de la cancha, con el objetivo de lograr una distribución uniforme de la iluminación en el terreno de juego.

La figura 16 ilustra cómo se distribuyen los 8 postes de iluminación alrededor del campo de juego, siguiendo un diseño simétrico. Esta configuración está diseñada para maximizar la eficiencia de la iluminación, asegurando una cobertura uniforme y reduciendo el deslumbramiento para los jugadores y espectadores. Las medidas especificadas (longitud, ancho, distancia y separación base) son esenciales para los cálculos de los ángulos de orientación y configuración de los proyectores, garantizando así una iluminación óptima del campo de acuerdo con las necesidades específicas del deporte practicado.

Figura 16

Ubicación de postes para iluminación



Nota. Medidas en el campo: L : 105 m; A : 75 m; d : 21 m; Sb : 5 m. Obtenido de Malagón y Sánchez (2021, pág. 95).

Los cálculos de los ángulos α_1 y α_2 son esenciales para este diseño, permitiendo determinar la orientación precisa de cada proyector. Basándose en las dimensiones especificadas en la Figura 15, donde la longitud del campo es de 105 metros (L), el ancho es de 75 metros (A), la distancia desde el borde del campo hasta el poste es de 21 metros (d), y la separación base (Sb) es de 5 metros, se han determinado las configuraciones óptimas para la colocación e inclinación de los proyectores. Estas medidas son fundamentales para asegurar una distribución uniforme de la luz y una cobertura completa del campo de juego, permitiendo un diseño de iluminación eficaz y ajustado a las necesidades específicas del estadio. Con estos datos se calculan los ángulos α_1 y α_2 que se aprecian en la figura, por lo que se presenta el cálculo de α_1 en la ecuación 3.11:

Ecuación 3.11

$$\alpha_1 = \tan^{-1}\left(\frac{d}{sb}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{21}{5}\right) = 77^\circ$$

El ángulo α_1 , calculado a través de la ecuación 3.11, se deriva de la relación entre la distancia del proyector al borde del campo (d) y la separación base (sb), resultando en un ángulo de 77 grados. Este ángulo permite asegurar que la luz se proyecte de manera efectiva sobre el campo, evitando áreas sin iluminación adecuada.

El siguiente paso involucra el cálculo de α_2 , usando la ecuación 3.12 que se presenta a continuación, que ajusta la orientación del proyector en función de las dimensiones totales del campo y la ubicación específica de los postes; por lo tanto, se procede con el cálculo de α_2 a continuación:

Ecuación 3.12

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{\frac{L}{4} - d}{sb} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{\frac{105}{4} - 21}{5} \right) = 46^\circ$$

De esta manera, el ángulo α_2 resultante fue de 46 grados. Esta metodología asegura que cada segmento del campo reciba iluminación directa y uniforme, contribuyendo a una experiencia visual óptima tanto para jugadores como espectadores.

Finalmente, el cálculo de γ , a través de la ecuación 3.13, establece el ángulo de separación entre los haces centrales de los proyectores, basándose en el ángulo total φ , que es la suma de α_1 y α_2 (Malagón Revilla & Sánchez Tituana, 2021, pág. 63).

Ecuación 3.13

$$\gamma = \frac{\varphi}{Np_{/postes} - 1}$$

Donde:

γ : ángulo de separación entre los haces centrales.

φ : ángulo formado entre ambas esquinas del sub-área y el poste.

Entonces para encontrar φ se debe obtener la suma de los ángulos α_1 y α_2 , como se muestra en la ecuación 3.14:

Ecuación 3.14

$$\varphi = 77^\circ + 46^\circ = 123^\circ$$

Posteriormente, se procede a calcular la orientación del haz central mediante lo especificado en la ecuación 3.15 que se muestra a continuación:

Ecuación 3.15

$$\gamma = \frac{\varphi}{Np_{postes} - 1} = \frac{123^0}{5 - 1} = 31^0$$

Este ángulo de separación γ , calculado en 31 grados, es vital para la coherencia de la iluminación a lo largo del campo, garantizando que cada proyector contribuya a una cobertura lumínica homogénea, sin dejar áreas en sombra y mejorando la visibilidad general en el estadio.

3.2.7 Disyuntor

El disyuntor actúa como un dispositivo de seguridad que protege el sistema eléctrico contra sobrecargas y cortocircuitos. Su inclusión en el sistema es imprescindible para prevenir daños a los componentes electrónicos y reducir el riesgo de incendios. Al interrumpir automáticamente el flujo de corriente eléctrica cuando detecta una anomalía, el disyuntor asegura que tanto el sistema fotovoltaico como los dispositivos conectados a él estén protegidos contra variaciones peligrosas de corriente (Rajkumar, 2019). A continuación, en la tabla 6 se presenta la determinación del disyuntor:

Tabla 6. Determinación del disyuntor

Cantidad de luminarias	Descripción	Wattios por luminaria	Total(w)	Factor de Coincidencia	Total, circuito (w)	Disyuntor
40	LED	1.066	42.640	1,00	42.640	2P/200

Nota. Cálculos propios.

La tabla 6 presenta una estructuración clara para determinar el disyuntor adecuado para el sistema de iluminación LED del proyecto. Se especifica un total de 40 luminarias LED, cada una con una potencia de 1.066 vatios, lo que suma un total de 42.640 vatios para todo el sistema de iluminación. El Factor de Coincidencia aplicado es de 1,00, lo que indica que se espera que todas las luminarias operen simultáneamente sin reducción en la demanda de potencia total. Por lo tanto, el total de potencia en el circuito se mantiene en 42.640 vatios. En base a este cálculo, se ha seleccionado un disyuntor de 2 polos con una capacidad de 200 amperios (2P/200) para manejar de forma segura la carga total del circuito.

Este análisis demuestra una planificación cuidadosa para asegurar que el sistema eléctrico esté adecuadamente protegido contra sobrecargas, seleccionando un disyuntor que puede manejar el total de la carga generada por las luminarias LED. La elección de un disyuntor con las especificaciones correctas es crucial para la seguridad del sistema de iluminación, evitando riesgos de cortocircuitos o daños a los equipos.

3.2.8 *Tablero de control*

El tablero de control, por su parte, es el centro neurálgico del sistema fotovoltaico. Este dispositivo facilita la gestión y el monitoreo de la generación de energía, la carga de las baterías, y la distribución de la energía a la red o al consumo interno. Incorporar un tablero de control permite optimizar el rendimiento del sistema fotovoltaico, proporcionando una plataforma para la integración de los distintos componentes del sistema, como paneles solares, inversores, y baterías. Además, facilita la implementación de medidas de seguridad y protección, y ofrece la

posibilidad de realizar ajustes y mantenimiento preventivo basado en datos en tiempo real (Kumar, Kumar, & Chandra, 2020).

La inclusión de estos elementos en la tabla de equipos necesarios refleja una planificación detallada y una comprensión profunda de los requisitos técnicos y de seguridad para el funcionamiento eficiente y seguro de un sistema fotovoltaico. Su consideración en el diseño del proyecto no solo asegura la conformidad con normativas eléctricas y estándares de seguridad, sino que también subraya el compromiso con la calidad y la sostenibilidad del proyecto de iluminación del estadio. A continuación, se presentan las especificaciones de los componentes del tablero de control:

- ***Disyuntor principal:***

- Tipo: Disyuntor termomagnético.
- Capacidad: Debe ser seleccionado basado en la carga total calculada más un margen de seguridad. Considerando la carga total de las luminarias, un disyuntor de 200A a 2 polos podría ser adecuado, pero se debe verificar contra el total de carga final, incluyendo cualquier otro equipo auxiliar.

- ***Elementos de Control:***

- Contactores: Para manejar el encendido y apagado de grupos de luminarias, facilitando la gestión y control del sistema de iluminación.
- Relés de Protección: Para proteger el sistema contra sobrecargas y cortocircuitos específicos en partes del circuito.

- Temporizador o Controlador Programable (PLC): Para automatizar el encendido y apagado de las luminarias según la programación deseada, que puede variar según eventos, horarios específicos o condiciones de luz ambiental.
- Interfaz de Usuario (HMI): Pantalla táctil o interfaz para la programación y monitoreo del estado del sistema de iluminación, ofreciendo una interfaz intuitiva para el control del sistema.
- **Cableado:**
 - Tipo de Cable: Cable THHN/THWN-2, adecuado para uso en bandejas de cables y conducciones, resistente a la humedad y con aislamiento para voltajes de 600V.
 - Calibre: Debe ser seleccionado basado en la corriente máxima esperada y la longitud del cableado, asegurando una mínima caída de voltaje. Un cálculo preliminar debería realizarse para determinar el calibre exacto, pero como punto de partida, podría considerarse un calibre 2 AWG para las principales alimentaciones.
 - Conducción: Se recomienda el uso de conducciones metálicas o tubería PVC, dependiendo del entorno de instalación, para proteger el cableado de daños físicos y asegurar el cumplimiento de las normativas eléctricas. En el Anexo 3, se presenta la tabla de ampacidad para cables de cobre y aluminio.

3.3 Preparación para la Simulación en Dialux evo 12.0

Antes de proceder con la simulación de iluminación en Dialux evo 12.0, se realizó un análisis exhaustivo para determinar la disposición óptima de las luminarias en el estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Este análisis se fundamenta en las dimensiones del estadio, la disposición de las gradas y los requisitos de iluminación específicos para campos deportivos según la normativa UNE-EN 12193:2009 sobre iluminación de instalaciones deportivas.

3.3.1 *Justificación de la disposición de luminarias*

Con base en estudios previos que destacan la importancia de una distribución uniforme de la luz para garantizar tanto la visibilidad óptima en el terreno de juego como la seguridad y el confort de los espectadores, se optó por un sistema horizontal de iluminación (Kohmura, 2021; Mitchell, Clark, & Nimmo, 2022). Este sistema comprende la instalación de 4 postes por banda, posicionados estratégicamente para cubrir de manera eficaz toda el área de juego sin crear sombras perjudiciales ni deslumbramiento (Malagón Revilla & Sánchez Tituana, 2021).

3.3.2 *Cálculos preliminares*

Los cálculos preliminares se enfocaron en determinar la altura de los postes y la potencia necesaria de las luminarias LED para alcanzar los niveles de iluminancia recomendados (Perico Caicedo, 2020). Siguiendo las directrices de la UEFA (2010) y las observadas en el trabajo de Malagón y Sánchez (2021) se estableció que los postes deberían tener una altura de 20 metros, proporcionando una cobertura amplia y evitando interferencias visuales con el público. La distancia desde el borde de la

cancha hasta los postes se fijó en 5 metros en la mayoría de los lados, y en 8 metros en el lado cercano a las gradas, para adaptarse a la infraestructura existente.

3.3.3 Selección de luminarias

Para la iluminación, se seleccionaron 40 luminarias LED de la marca PERFORMANCE IN LIGHTING, basándose en su eficiencia energética, calidad lumínica y durabilidad. Estas características aseguran una iluminación adecuada del campo de juego y contribuyen a la sostenibilidad del proyecto.

3.3.4 Planos de ubicación de las torres

Se elaboraron planos detallados que muestran la ubicación exacta de cada uno de los 8 postes de iluminación. Estos planos fueron diseñados considerando tanto las necesidades lumínicas del estadio como las limitaciones físicas del mismo, asegurando que todas las áreas del campo reciban una iluminación adecuada y homogénea.

Con esta preparación meticulosa, el proyecto está listo para avanzar a la fase de simulación en Dialux evo 12.0, donde se verificarán y ajustarán los parámetros de iluminación para optimizar el rendimiento del sistema propuesto.

3.4 Simulación en el programa Dialux evo 12.0

En el diseño de iluminación para el estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, se ha optado por un sistema horizontal que consta de 4 postes por banda, ya que se considera ideal en función de las dimensiones del estadio y la disposición de las gradas en el recinto.

El mismo va a constar de 40 lámparas LED de la marca PERFORMANCE IN LIGHTING, con 8 postes de 20 m de altura con una distancia (sb) del borde de cancha

de 5m, y en el lado donde se encuentran las gradas se tomará una distancia de 8 m, debido a la estructura que se encuentra ya instalada en ese sector. Teniendo estos puntos claros se procede a realizar la simulación en el programa Dialux evo 12.0 mediante los siguientes pasos.

3.4.1 Procedimiento

Para realizar la simulación en el software Dialux evo 12.0, siguiendo el diseño de iluminación establecido para el estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, se deben seguir los siguientes pasos para el correcto ingreso de datos:

1. Configuración inicial:

- Abrir Dialux evo 12.0 y seleccionar la opción de nuevo proyecto.
- Ingresar las dimensiones del estadio, especificando un ancho de 75 m y una longitud de 105 m, así como el área total de 7.875 m².

2. Ubicación de postes:

- Añadir al diseño 4 postes por cada lado del estadio, asegurando que cada poste tenga una altura de 20 m.
- Posicionar los postes a una distancia de 5 m del borde de la cancha en los lados sin gradas, y a 8 m del borde en el lado donde se encuentran las gradas, para adaptarse a la infraestructura existente.

3. Selección de luminarias:

- Escoger las lámparas LED de la marca PERFORMANCE IN LIGHTING dentro del catálogo del software o importarlas si es necesario.

- Especificar la cantidad total de 40 lámparas LED a distribuir equitativamente entre los 8 postes.

4. Ajustes de iluminación:

- Configurar los parámetros de iluminación de las lámparas seleccionadas, incluyendo intensidad lumínica, ángulo de proyección y cualquier otro dato relevante proporcionado por el fabricante.

5. Simulación y análisis:

- Ejecutar la simulación para visualizar la distribución de la luz en el campo y en las gradas, prestando especial atención a la uniformidad y la intensidad de la iluminación.
- Ajustar la posición o configuración de las luminarias si es necesario, basándose en los resultados obtenidos para optimizar la cobertura lumínica.

6. Revisión Final:

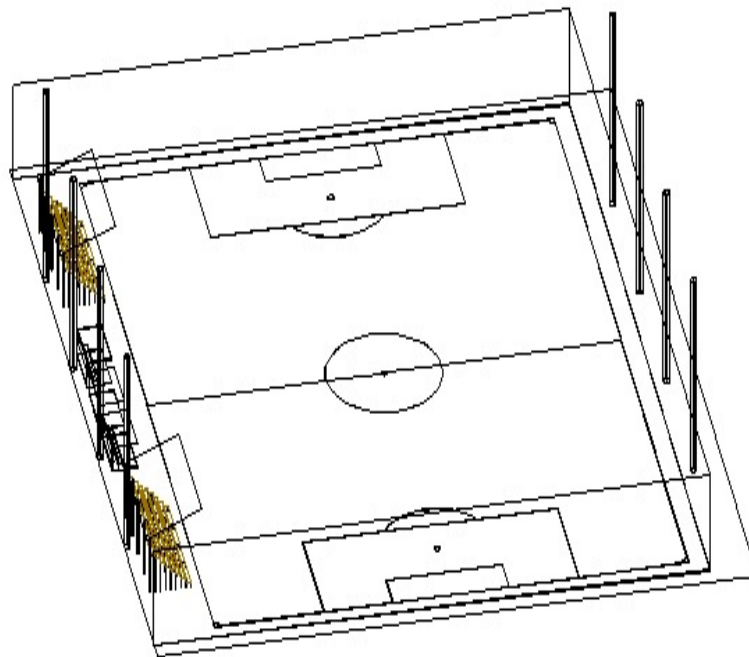
- Verificar que todos los parámetros y configuraciones sean correctos y estén de acuerdo con los requisitos del proyecto.
- Guardar y documentar los resultados de la simulación para su análisis y presentación.

Este procedimiento de ingreso de datos al software Dialux evo 12.0 asegura una planificación detallada y una simulación efectiva del sistema de iluminación propuesto para el estadio, permitiendo realizar ajustes precisos para alcanzar los niveles de iluminación deseados.

El procedimiento técnico se puede resumir en los siguientes pasos. El primer paso para la simulación en Dialux evo 12.0 implica la introducción precisa de los datos del proyecto de iluminación. Este proceso comienza con la exportación e importación de los planos arquitectónicos desde AutoCAD hacia el software Dialux, asegurando que todas las dimensiones del estadio, incluyendo la ubicación de postes (Figura 17) y las áreas específicas como las gradas, sean correctamente representadas.

Figura 17

Ubicación de los postes

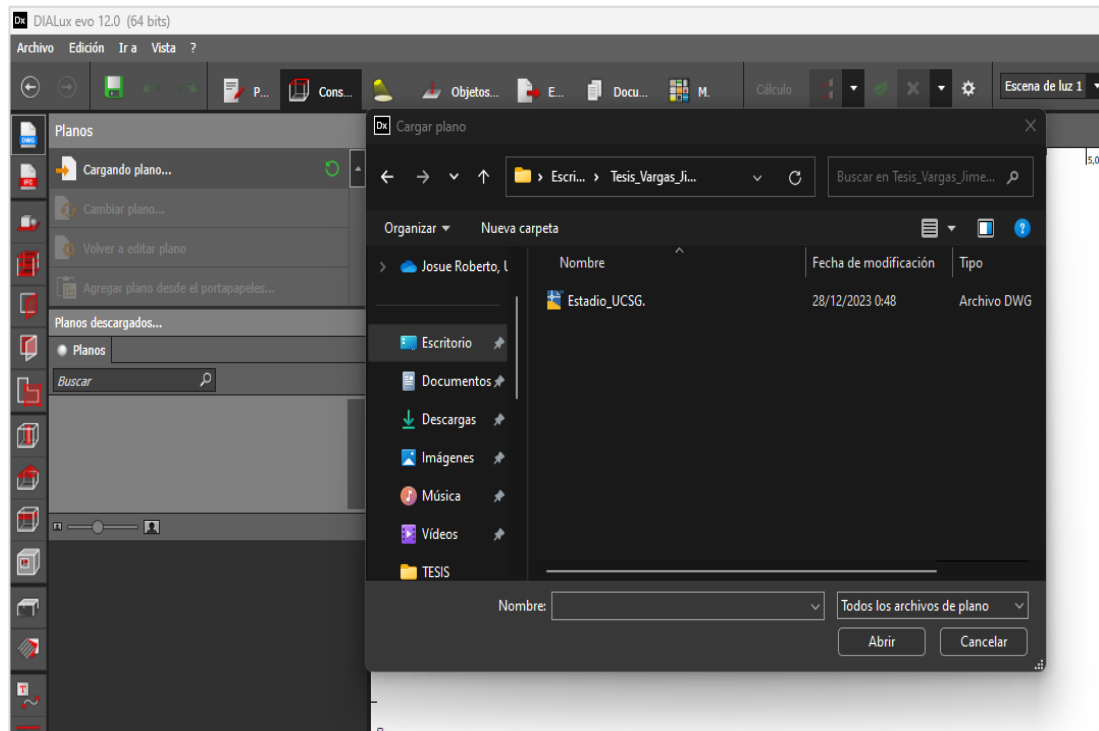


Nota. Se muestra la ubicación de los postes en ambas bandas. Elaborado por los autores (2023).

La figura 18 muestra la interfaz principal de DIALux evo 12.0, donde se visualizan los planos cargados y se prepara el entorno para la simulación detallada de la iluminación, facilitando así una base sólida para el análisis lumínico del estadio.

Figura 18

Ventana principal de DIALux evo 12.0

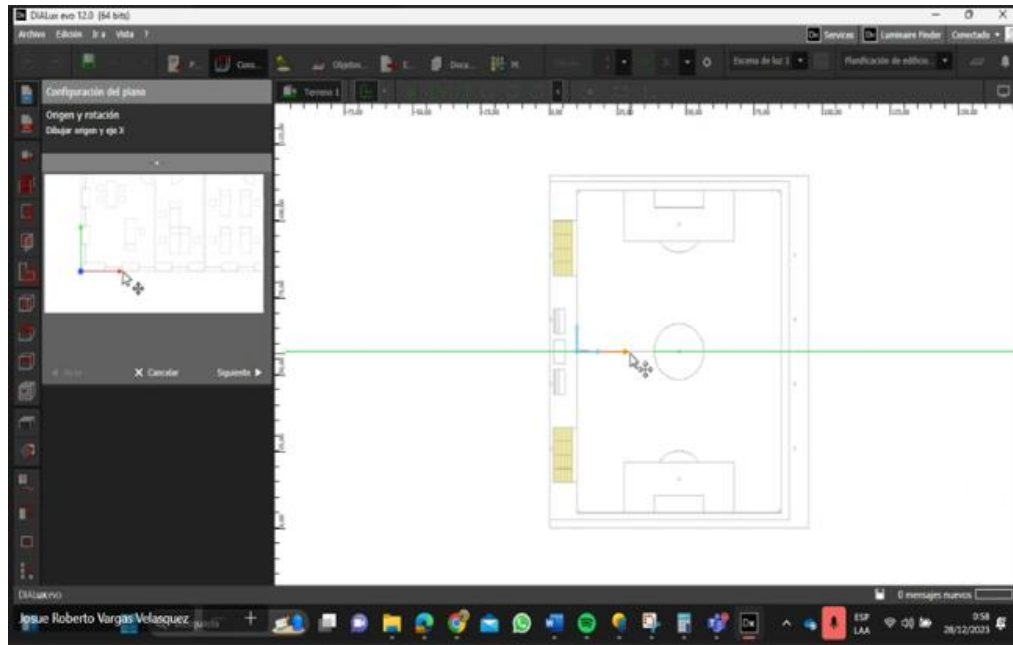


Nota. Carga de los planos en formato AutoCAD en el programa DIALux evo 12.0, para proceder a realizar la simulación. Elaborado por los autores (2023).

En el segundo paso del proceso, tras la carga exitosa de los planos en DIALux, se procede a definir un punto de origen en los ejes X y Y del plano, como se ilustra en la figura 19. Esta acción es crucial para establecer una referencia clara y precisa para la simulación. Después de establecer estos puntos de referencia, es importante guardar los cambios realizados para asegurar que la configuración del plano se mantenga intacta durante las siguientes fases de la simulación.

Figura 19

Configuración del plano

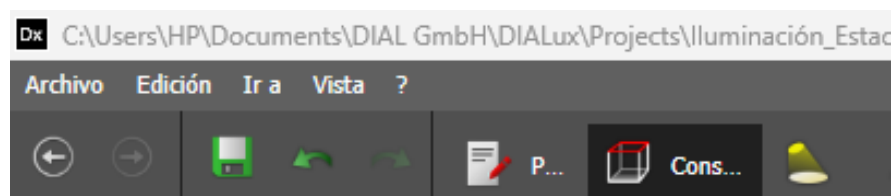


Nota. Obtenido del programa DIALux evo 12.0, elaborado por autores.

En el tercer paso, DIALux ofrece herramientas como construcción e iluminación (mostradas en la figura 20), que se utilizarán para simular el sistema de iluminación. Con estas herramientas, se implementará el suelo, las gradas, los postes y los proyectores que formarán parte del diseño.

Figura 20

Iconos de herramientas del programa DIALux evo 12.0

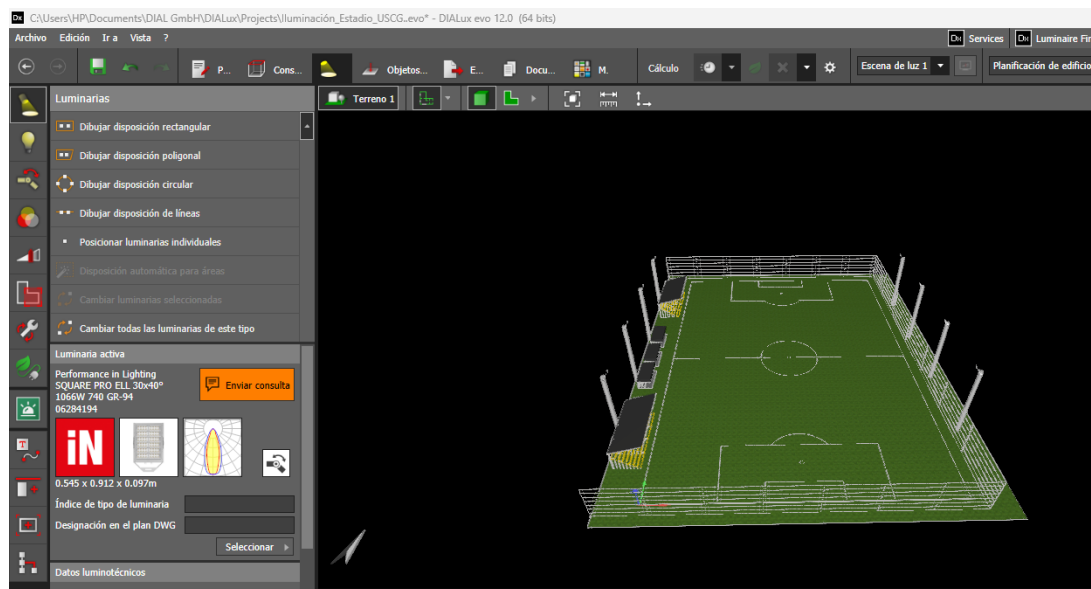


Nota. Obtenido del programa DIALux evo 12.0, elaborado por autores.

Mediante la herramienta construcción se procede a diseñar el tipo de suelo que se va a utilizar, la estructura del graderío con la que consta el estadio, las 8 torres para el sistema de alumbrado que se considera necesaria para la correcta y eficiente iluminación del estadio. Los reflectores que se considera necesarios para estos sistemas iluminación deportivos, se lo buscara en la biblioteca que ofrece el programa. En la figura 21, se presenta la distribución de los postes de iluminación del estadio.

Figura 21

Iluminación del estadio



Nota. Obtenido de DIALux evo 12.0. Elaborado por los autores (2023).

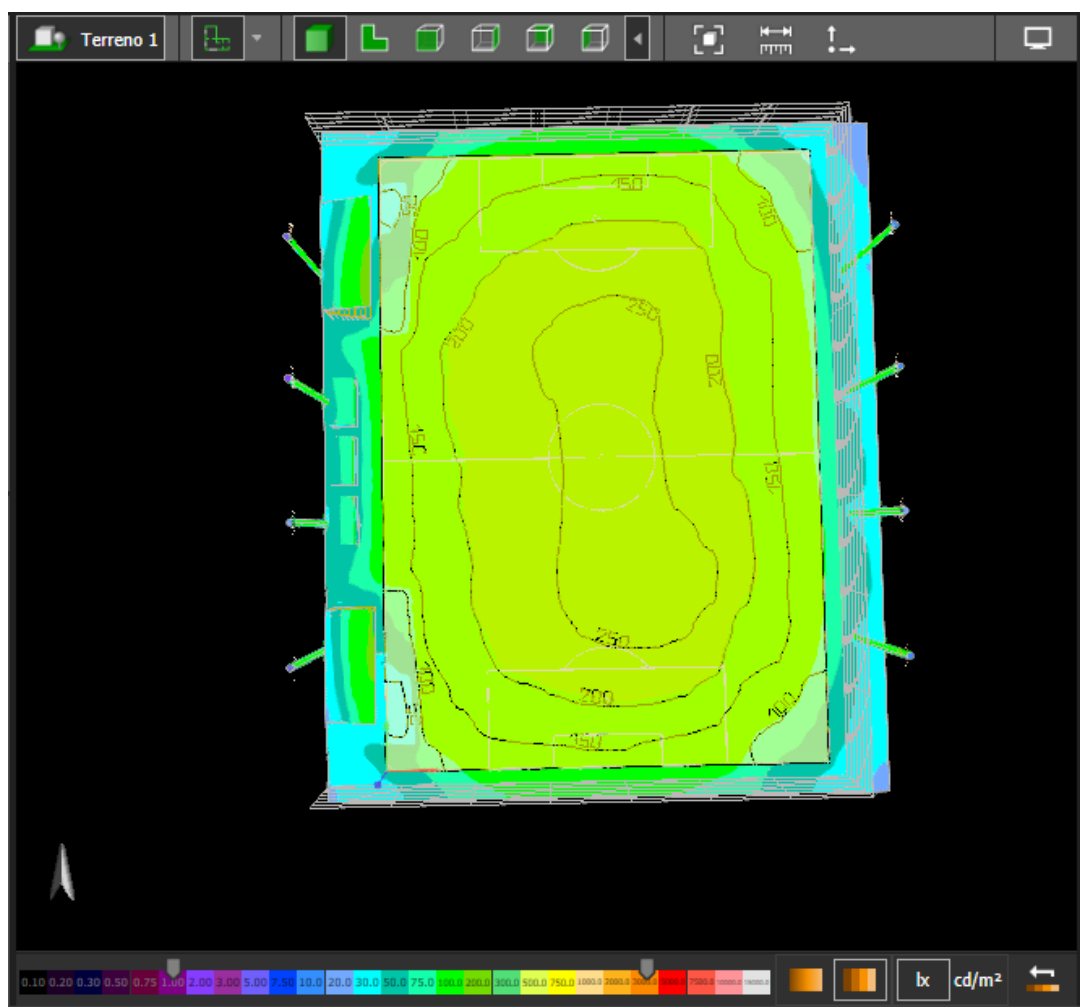
3.4.2 Resultados de la simulación

Tras completar el diseño del escenario deportivo, incluyendo la disposición estratégica de sus torres de iluminación y la instalación de las 40 lámparas LED, se llevó a cabo la simulación utilizando el software especializado. La simulación permitió visualizar el patrón de iluminación y la distribución lumínica en el estadio, asegurando una cobertura adecuada y uniforme en toda el área de juego.

La figura 22 muestra el resultado de la simulación en el estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, utilizando una paleta de colores falsos para resaltar las diferentes intensidades de luz en el campo. Esta representación gráfica facilita la identificación de áreas bien iluminadas y aquellas que podrían requerir ajustes, permitiendo una evaluación detallada de la eficacia del diseño de iluminación.

Figura 22

Iluminación del estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, colores falsos



Nota. Obtenido de DIALux evo 12.0. Elaborado por los autores (2023).

La figura 23 muestra una distribución uniforme y eficiente de la iluminación en el campo de juego, evidenciando que la selección de reflectores, así como el cálculo de la altura y ubicación de las torres, han sido adecuados para alcanzar los niveles de iluminación óptimos requeridos en la simulación para el estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil.

Figura 23

Iluminación del estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil



Nota. Obtenido de DIALux evo 12.0. Elaborado por los autores (2023).

En la figura 23 se puede apreciar la iluminación que genera el sistema que se simuló en el programa, el cual consta de 8 torres con 40 lámparas LED distribuidas uniformemente en cada torre para así obtener un eficiente grado de iluminación y como se lo requiere en la norma UNE-EN-12193.

3.5 Dimensionamiento de la fuente de alimentación fotovoltaica

El proceso de dimensionamiento de la fuente de alimentación fotovoltaica para el estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil se llevó a cabo mediante el software de simulación PVsyst. La selección de PVsyst como herramienta para este propósito tiene como objetivo asegurar una mayor precisión y eficiencia en la estimación de los componentes requeridos para el diseño del proyecto.

3.5.1 Ubicación del sistema

Para la ubicación del sistema solar fotovoltaico se escogió como punto de referencia la parte trasera del estadio y el cerro que se encuentra a lado lateral del estadio de la universidad, como se presenta en la figura 24.

Figura 24

Possible ubicación de sistema fotovoltaico



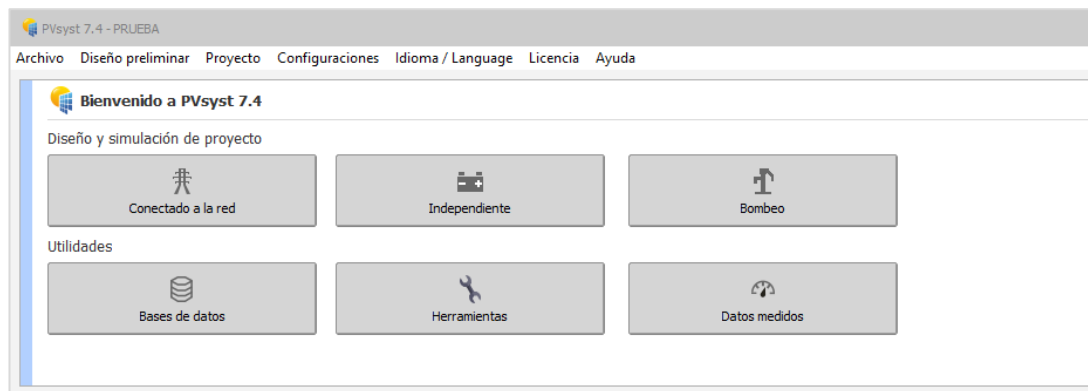
Nota. Adaptado a partir de imagen obtenida en GoogleMaps (2023).

3.5.2 Ingreso de datos en el software PVsyst

Para la configuración del proyecto en el software PVsyst, se inició el proceso seleccionando la modalidad de sistema independiente, como se presenta en la figura 25. Esta elección se alinea con la naturaleza de la propuesta del proyecto, que implica el desarrollo de un sistema de alimentación autónomo.

Figura 25

Página principal de PVsyst



Nota. Obtenido del programa PVsyst. Elaborado por los autores (2023).

En el segundo paso del proceso dentro de PVsyst, se procede a la creación de un nuevo proyecto (figura 26). Esta fase es crucial, ya que en ella se introduce el nombre del proyecto, el cual debe reflejar claramente la propuesta en estudio. Este paso no solo facilita la organización y el seguimiento del proyecto dentro del software, sino que también establece una base sólida para la configuración y simulación posteriores, asegurando que todos los datos y parámetros específicos del proyecto estén correctamente asignados desde el inicio.

Figura 26

Almacenamiento del proyecto

Nota. Ingreso del nombre al proyecto para dar continuación a la simulación. Obtenido de programa PVsyst. Elaborado por los autores (2023).

En el tercer paso, se realiza la introducción de los datos meteorológicos en el programa, estableciendo una base sólida para la importación de las coordenadas de los recorridos solares. Es en este momento donde se opta por seleccionar los datos de Meteonorm 8.1, una decisión que recae en el usuario del proyecto en función de sus requisitos específicos.

Esta selección es fundamental para garantizar la precisión de las simulaciones solares y climáticas del proyecto. La figura 27 ilustra cómo se integran estos datos meteorológicos en PVsyst, mostrando la interfaz de usuario donde se realiza la selección y se visualizan las opciones disponibles para la importación de datos.

Figura 27

Datos meteorológicos

The screenshot displays a web application interface for meteorological data. At the top, there are tabs for 'Coordenadas geográficas', 'Meteo mensual', and 'Mapa interactivo'. The 'Ubicación' section includes a text input for 'Nombre del sitio' (Cooperativa San Pedro), a dropdown for 'País' (Ecuador), and a dropdown for 'Región' (América del Sur). Buttons for 'Obtener de coordenadas' and 'Mostrar mapa' are present. The 'Coordenadas geográficas' section features a 'Recomidos solares' button and input fields for 'Latitud' (Decimal: -2.1821, Grad. Min. Seg.: 2 10 55), 'Longitud' (Decimal: -79.9069, Grad. Min. Seg.: 79 54 24), and 'Altitud' (42). It also includes a 'Zona horaria' dropdown (-5.0) and a button 'Obtener del nombre'. The 'Importación de datos meteo' section lists several data sources: 'Meteonorm 8.1' (selected), 'NASA-SSE', 'PVGIS TMY', 'NREL / NSRDB TMY', 'Solcast TMY', 'SolarAnywhere® TGY', and 'Solargis TMY'. A 'Versión' dropdown is set to '5.2', and an 'Importar' button is at the bottom.

Nota. Importación de datos meteorológicos; obtenido del programa PVsyst. Elaborado por los autores (2023).

Al seleccionar la base de datos para su uso en PVsyst, se abre una ventana que muestra datos clave sobre las condiciones climáticas y solares del área de interés. Esta ventana proporciona información detallada sobre varios parámetros críticos para el análisis solar, como se demuestra en la Figura 28.

La utilidad de estos registros meteorológicos es multifacética y esencial para el diseño y la optimización de proyectos de energía solar. Los datos de irradiación horizontal global y difusa son cruciales para determinar la cantidad de energía solar que puede ser capturada en un lugar específico, lo que permite estimar el rendimiento potencial de un sistema fotovoltaico a lo largo del año.

Figura 28

Irradiación horizontal global variabilidad año a año

Coordenadas geográficas Meteo mensual Mapa interactivo						
Sitio Cooperativa San Pedro (Ecuador)						
Fuente de datos Meteonorm 8.1 (2016-2021), Sat=100%						
	Irradiación horizontal global	Irradiación difusa horizontal	Temperatura	Velocidad del viento	Turbidez Linke	Humedad relativa
	kWh/m ² /mes	kWh/m ² /mes	°C	m/s	[-]	%
Enero	146.9	76.5	26.5	1.30	4.342	71.2
Febrero	130.1	83.6	26.4	1.00	4.167	76.6
Marzo	154.8	87.9	26.9	1.09	4.222	74.8
Abril	154.6	80.6	26.6	1.19	4.676	75.0
Mayo	139.5	74.8	26.3	1.49	4.605	72.0
Junio	122.4	69.5	24.7	2.09	4.136	73.6
Julio	119.7	71.6	24.4	2.39	3.916	71.5
Agosto	119.8	72.0	24.0	2.80	4.139	71.0
Septiembre	120.6	72.6	24.0	2.90	4.665	70.4
Octubre	107.5	73.6	24.4	2.79	4.845	69.6
Noviembre	115.1	75.2	24.6	2.69	4.979	69.0
Diciembre	139.1	80.7	26.4	2.19	5.247	64.3
Año	1570.1	918.5	25.4	2.0	4.495	71.6
Irradiación horizontal global variabilidad año a año 6.8%						

Nota. Datos de radiación solar en la zona, importación de la base de datos. Obtenido de PVsyst.

Elaborado por los autores (2023).

La irradiación horizontal global, medida en kWh/m²/mes, muestra variaciones significativas a lo largo del año, con el valor más bajo registrado en octubre (107.5 kWh/m²/mes), el más alto en marzo (154.6 kWh/m²/mes) y una media de 130.8 kWh/m²/mes. Esto indica la fluctuación estacional de la disponibilidad solar en la región. Por otro lado, la irradiación difusa horizontal sigue un patrón similar, alcanzando su punto más bajo en junio (69.5 kWh/m²/mes) y el más alto en marzo (87.9 kWh/m²/mes), con una media de 76.5 kWh/m²/mes.

En cuanto a la temperatura, se observa una variación menor, con los mínimos en agosto y septiembre, ambos a 24 °C, y un pico en marzo de 26.9 °C, resultando en una media anual de 25.4 °C. La velocidad del viento muestra mínimos en abril (1.19 m/s) y máximos en septiembre (2.90 m/s), con una media de 2.0 m/s. Esto refleja las condiciones de viento moderadas de la región.

La turbidez Linke varía desde un mínimo de 3.916 en julio hasta un máximo de 5.247 en diciembre, con una media anual de 4.495, lo que indica la claridad atmosférica y su efecto en la radiación solar recibida. La humedad relativa, por su parte, presenta el valor más bajo en diciembre (64.3%) y el más alto en febrero (76.6%), con una media anual de 71.6%, lo que refleja las condiciones de humedad que pueden influir en la eficacia de los sistemas solares.

Esta información es fundamental para comprender el comportamiento de los sistemas fotovoltaicos en condiciones reales, permitiendo una planificación más precisa y eficiente. Seguidamente, la figura 29 continúa con la presentación de datos geográficos, ofreciendo una perspectiva más amplia de las condiciones ambientales y su impacto en el rendimiento de los sistemas solares.

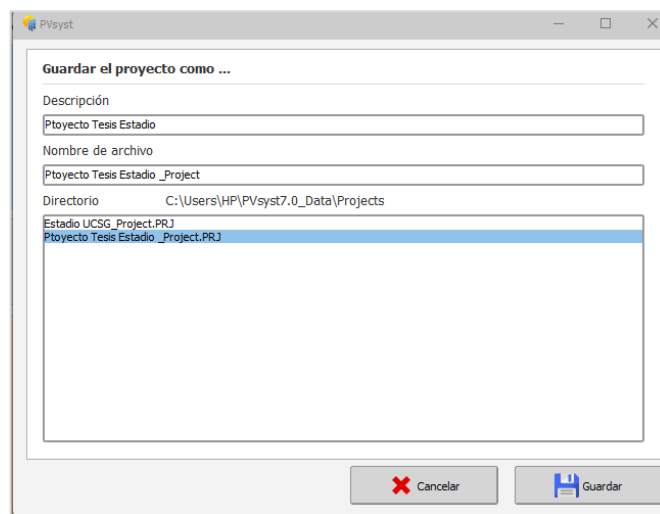
La recopilación y análisis de estos datos meteorológicos son fundamentales para la planificación y optimización de sistemas de energía solar, proporcionando una comprensión exhaustiva de las condiciones ambientales que afectan directamente el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos. La variabilidad en la irradiación solar, temperatura, velocidad del viento, turbidez Linke y humedad relativa a lo largo del año destaca la importancia de un diseño cuidadoso y adaptado a las condiciones específicas

del sitio. Estos registros no solo permiten una estimación precisa de la generación de energía potencial, sino que también facilitan la implementación de soluciones energéticas más sostenibles y eficientes, contribuyendo significativamente a la viabilidad técnica y económica de proyectos de energía renovable. En consecuencia, la utilización adecuada de estos datos es esencial para maximizar el aprovechamiento del recurso solar, optimizar los sistemas de energía solar y avanzar hacia un futuro energético más verde y sostenible.

A continuación, en la figura 29 se presenta el ingreso de los datos geográficos para complementar el registro.

Figura 29

Datos geográficos del Proyecto



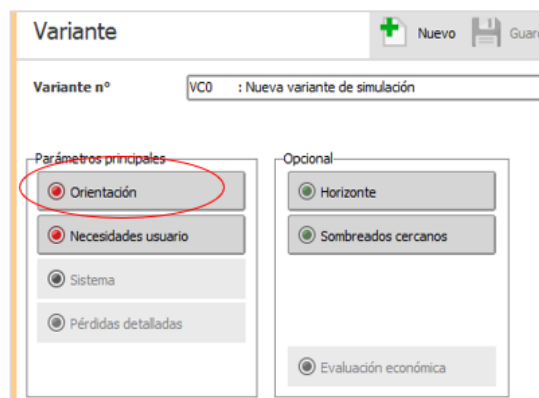
Nota. Datos geográficos guardados. Obtenido de PVsyst. Elaborados por los autores (2023).

En el cuarto paso, se ajusta la inclinación de los módulos fotovoltaicos, una tarea que implica acceder a la sección del software donde se especifica la orientación. Este ajuste es necesario para optimizar la captación solar de los paneles. Dicha

configuración se detalla en las figura 30 y 31, donde se ilustra claramente cómo realizar este ajuste dentro de la interfaz del programa.

Figura 30

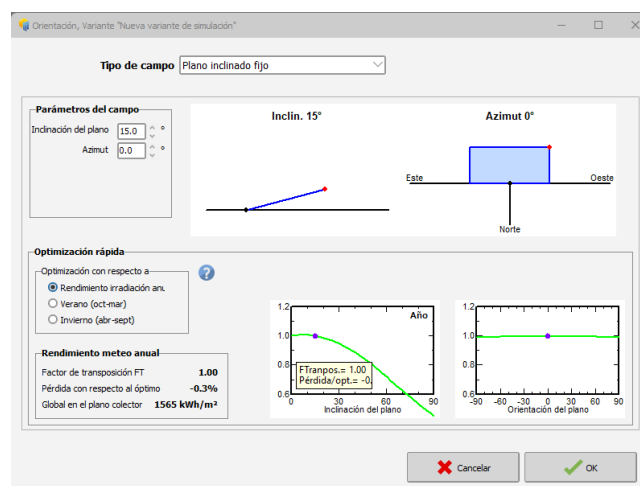
Variante de orientación



Nota. Obtenido de PVsyst. Elaborado por los autores (2023).

Figura 31

Plano inclinado



Nota. Basándose en las coordenadas proporcionadas, el programa recomienda un ángulo de 15 grados, el cual se utilizará como punto de partida en la simulación. Obtenido de PVsyst, elaborado por los autores (2023).

En el quinto paso, se introduce la información referente al número total de lámparas (40) y la potencia individual de cada una (1066 W). Adicionalmente, se detalla el uso promedio diario de las lámparas, fijado en 3 horas, junto con la frecuencia de uso semanal, establecida en 3 días. Esta información es fundamental para calcular el consumo energético de la propuesta, tal como se ilustra en la figura 32:

Figura 32

Definición de consumos de la propuesta

Uso diario de energía, variante "Nueva variante de simulación"

Definición de consumos domésticos diarios para el año.

Consumo | Distribución por hora

Consumos diarios

Número	Aparato	Potencia	Uso diario	Distrib. por hora	Daily energy
40	Lámparas (LED o fluo)	1066 W/lámpara	3.0 h/día	OK	127920 Wh
0	TV / PC / móvil	0 W/apar.	0.0 h/día		0 Wh
0	Electrodomésticos	0 W/apar.	0.0 h/día		0 Wh
0	Nevera / congelación profunda	0.00 kWh/día	24.0		0 Wh
0	Lavaplatos y lavadora	0.0 W prom	2.0 h/día		0 Wh
0	Otros usos	0 W/apar.	0.0 h/día		0 Wh
0	Otros usos	0 W/apar.	0.0 h/día		0 Wh
Consumidores en espera		1 W tot	24 h/día	☐ 7 días/7	24 Wh
Energía diaria total					127944 Wh/día
Energía mensual					1645.0 kWh/mes

? Info aparatos

Definición de consumo por

☒ Años ?

☐ Estaciones

☐ Meses

Fin de semana o uso semanal

☒ Usar solo durante

3 días en una semana

Nota. Obtenido de programa PVsyst. Elaborado por los autores (2023).

En el sexto paso, se seleccionan y se ingresan en el sistema los componentes necesarios para configurar el sistema fotovoltaico, incluyendo baterías, módulos fotovoltaicos, y controladores de carga. La elección de estos modelos se realiza

utilizando la amplia biblioteca de componentes disponibles en el software PVsyst, facilitando así la personalización y optimización del sistema según las necesidades específicas del proyecto. Este proceso se visualiza en la figura 33, que muestra la interfaz de configuración del sistema dentro del programa.

Figura 33

Configuración del sistema

Definición de sistema independiente, Variante: "Nueva variante de simulación", Variant: "Nueva variante de simulación"

Necesidades diarias prom. Ingrese PLOL aceptado 5.0 %
 54.8 kWh/día Autonomía solicitada 4.0 día(s)
 Voltaje de la batería (usuario) 96 V
 Capacidad sugerida 4704 Ah
 Potencia FV sugerida 14775 Wp (nom.)

Pre-dimens. detallado

Almacenamiento Generador FV Respaldo Esquema Simplificado

Procedimiento

Las sugerencias de pre-dimensionamiento se basan en el meteo mensual y la definición de necesidades del usuario

1. - Pre-dimensionamiento Defina las condiciones de pre-dimensionamiento deseadas (PLOL, autonomía, voltaje de la batería)
2. - Almacenamiento Defina la batería (las casillas de verificación predeterminadas se acercarán al pre-dimensionamiento)
3. - Diseño generador FV Diseñe el generador FV (módulo FV) y el modo de control. Se recomienda comenzar con un controlador universal.
4. - Respaldo Defina un grupo electrógeno eventual

Especifique el conjunto de batería

Ordenar baterías por ☒ voltaje ☐ capacidad ☐ fabricante

Sunlight 2 V 500 Ah Pb Open Tub 2V 6 RES OPzS 660 Desde 2021

Plomo-ácido

48	☒ baterías en series	Número de baterías	432	Voltaje paquete de baterías	96 V
9	☒ baterías en paralelo	Número de elementos	432	Capacidad global	4500 Ah
100.0 %	Estado inicial de desgaste (núm. de ciclos)			Energía almacenada (80% DOD)	346 kWh
100.0 %	Estado inicial de desgaste (estático)			Peso total	14472 kg
				Núm. de ciclos a 80% DOD	1575
				Energía total almacenada durante la vida útil de la batería	604 MWh

Temperatura de funcionamiento batería

Modo de temperatura Fijo (aire acondicionad)

Temperatura fija 20 °C

La temperatura de la batería es importante para el envejecimiento de la batería. Un aumento de 10 °C divide la vida útil de la

Nota. Obtenido de PVsyst. Elaborado por los autores (2023).

La figura 34 ilustra con claridad la elección específica de las baterías para el sistema fotovoltaico autónomo propuesto, seleccionando para este fin baterías de plomo-ácido con una potencia pico de 500 Wp (Anexo 4). Los detalles técnicos complementarios de estas baterías están minuciosamente descritos en los anexos del

documento (Anexo 5). Dentro de la misma interfaz, también se ofrece la opción de seleccionar el modelo de módulos fotovoltaicos a utilizar, junto con los controladores y otros equipos esenciales para el montaje de un sistema de generación solar fotovoltaica independiente, permitiendo una configuración detallada y personalizada del sistema.

Figura 34

Definición de modulo FV y controlador

Definición de sistema independiente, Variante: "Nueva variante de simulación", Variant: "Nueva variante de simulación"

Necesidades diarias prom. Ingrese PLOL aceptado: 5.0 %
 54.8 kWh/día Autonomía solicitada: 4.0 día(s)

Voltaje de la batería (usuario): 96 V
 Capacidad sugerida: 4704 Ah
 Potencia FV sugerida: 14813 Wp (nom.)

Pre-dimens. detallado

Almacenamiento Generador FV Respaldo Esquema Simplificado

Nombre y orientación del subconjunto:
 Nombre: Generador FV
 Oriente: Plano inclinado fijo Inclinación: 15° Azimut: 0°

Ayuda de pre-dimensionamiento:
☐ Sin dimensionar ☐ Ingrese potencia planeada: 14.7 kWp
☐ Redimens. ... o área disponible: 0 m²

Seleccione el módulo FV:
 Todos los módulos Ordenar módulos: ☒ Potencia ☐ Tecnología
 Energy America 500 Wp 36V Si-mono EAP-500 Desde 2021
 Dimensiona. voltaje: Vmpp (60°C) 37.7 V Voc (-10°C) 56.6 V

Seleccione el modo de control y el controlador:
☒ Controlador universal: _Genérico
 Convertidor de potencia MPPT
 Modo operativo: ☐ Acoplamiento directo ☒ Convertidor MPPT ☐ Convertidor CC-CC
 Corriente máx. de carga-descarga: MPPT 1000 W 96 V 172 A 444 A Universal controller with MPPT converte
 Los parámetros de funcionamiento del controlador universal se ajustará automáticamente de acuerdo con las propiedades del sistema.

Diseño generador FV:
 Número de módulos y cadenas: Mód. en serie: 3 debe ser/estar: ☒ Sin restricciones ☒ entre 8 y 12
 Núm. cadenas: 10
 Núm. de módulos: 30 Área: 72 m²

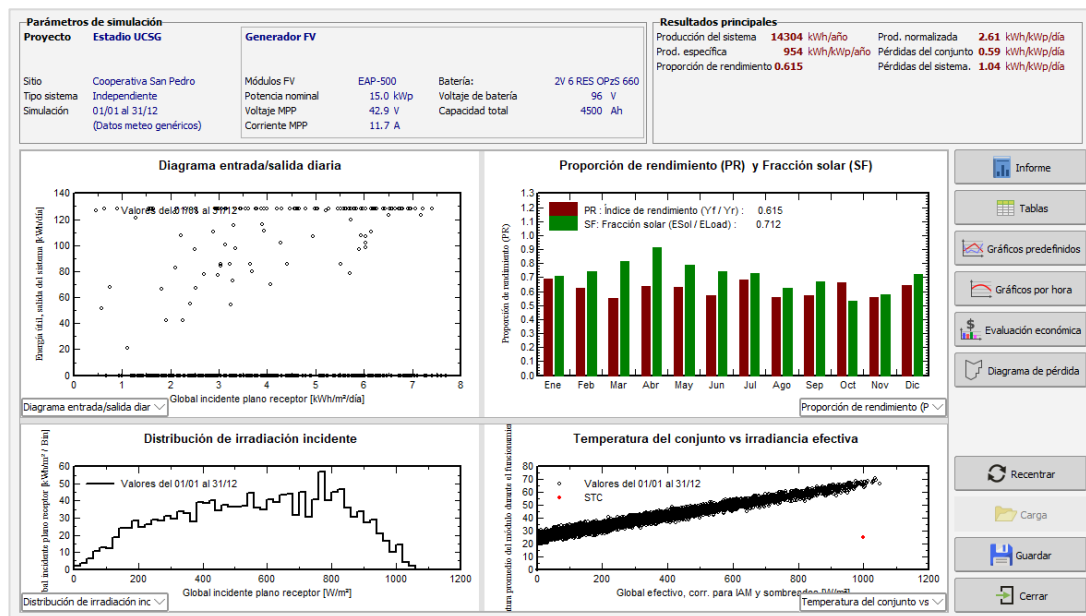
Condiciones de operación:
 Vmpp (60°C) 113 V Vmpp (20°C) 131 V Voc (-10°C) 170 V
 Irradia. plano 1000 W/m²
 Imp (60°C) 117 A Potencia de funcionamiento máx. (a irrad. máx. y 50°C) 13.7 kW
 Isc (60°C) 125 A Potencia nom. conjunto (STC) 15.0 kWp
 Isc (en STC) 124 A

Nota. Obtenido de PVsyst. Elaborado por los autores (2023).

Una vez introducidos los datos clave, se lleva a cabo la simulación del sistema fotovoltaico independiente. Este proceso, ejecutado por el software, genera un análisis exhaustivo que incluye estadísticas de la potencia diaria, el coeficiente de potencia, la distribución de la energía generada, así como el comportamiento de la temperatura del sistema en respuesta a la irradiación recibida. Este análisis permite una evaluación detallada tanto de forma global como específica para cada componente del sistema. Los resultados, que ofrecen una visión integral del rendimiento del sistema fotovoltaico, se presentan de manera clara y accesible, como se muestra en la Figura 35, permitiendo una interpretación y ajustes basados en datos precisos y fiables (Macias Aguayo, 2023, pág. 26).

Figura 35

Resultado de simulación del sistema FV independiente



Nota. Estadísticas de resultados que ofrece el programa PVsyst luego de realizar la simulación.

Obtenido de PVsyst. Elaborado por los autores (2023).

Los resultados obtenidos de la simulación del sistema fotovoltaico independiente, tal como se presentan en la figura 35, ofrecen una visión detallada sobre el rendimiento y la eficiencia del sistema propuesto para el proyecto de iluminación del estadio de fútbol. A continuación, se analiza en detalle cada conjunto de resultados; en la figura 36, se muestran los resultados principales:

Figura 36

Resultados principales de la simulación

Resultados principales			
Producción del sistema	14304 kWh/año	Prod. normalizada	2.61 kWh/kWp/día
Prod. específica	954 kWh/kWp/año	Pérdidas del conjunto	0.59 kWh/kWp/día
Proporción de rendimiento	0.615	Pérdidas del sistema.	1.04 kWh/kWp/día

Nota. Estadísticas de resultados que ofrece el programa PVsyst luego de realizar la simulación. Obtenido de PVsyst. Elaborado por los autores (2023).

La producción total anual del sistema se estima en 14 304 kWh, lo cual, considerando la potencia pico instalada, se traduce en una producción específica de 954 kWh/kWp/año. Este valor es indicativo de una alta eficiencia en la conversión de energía solar a eléctrica, teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas y de irradiación del sitio en cuestión.

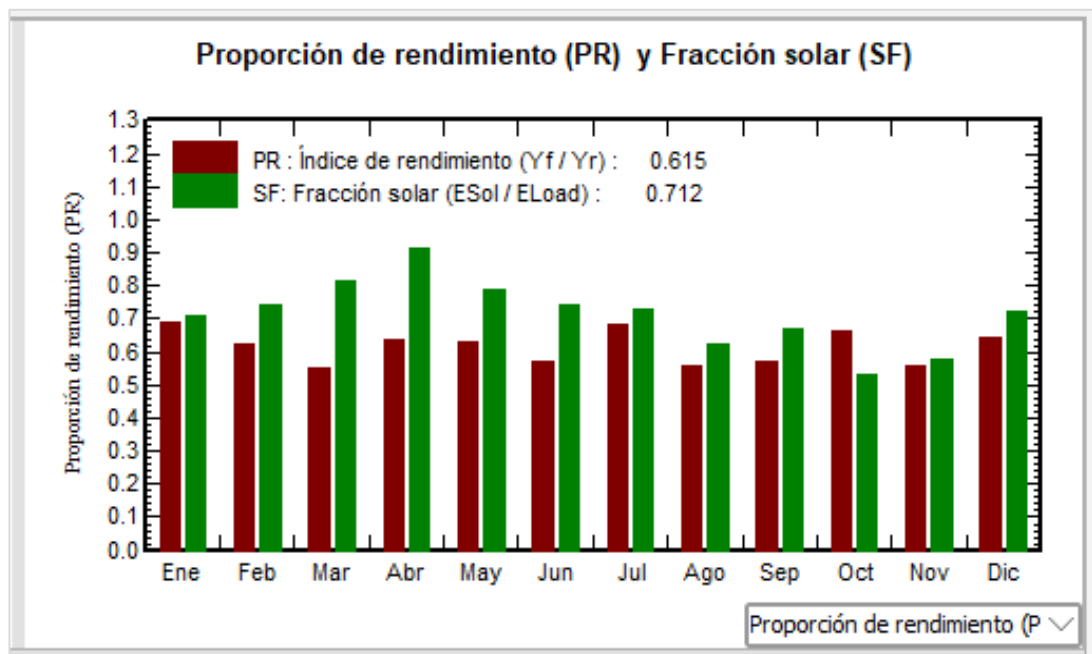
La proporción de rendimiento, situada en 0.615, junto con una producción normalizada de 2.61 kWh/kWp/día, destaca la capacidad del sistema para generar energía de manera constante y fiable a lo largo del año. Aunque se registran pérdidas

en el conjunto y en el sistema, de 0.59 kWh/kWp/día y 1.04 kWh/kWp/día respectivamente, estas cifras se mantienen dentro de los rangos aceptables para sistemas fotovoltaicos de este tipo y escala. Es importante destacar que la eficiencia del sistema se ve influenciada por múltiples factores, incluyendo la orientación y la inclinación de los paneles, así como las condiciones ambientales locales.

Asimismo, se presentan en la figura 37 la proporción de rendimiento y fracción solar:

Figura 37

Proporción de rendimiento y fracción solar



Nota. Estadísticas de resultados que ofrece el programa PVsyst luego de realizar la simulación. Obtenido de PVsyst. Elaborado por los autores (2023).

La fracción solar, que representa la relación entre la energía solar disponible y la energía consumida por la carga (ESol/ELoad), alcanza un valor de 0.712. Este

indicador es especialmente relevante para el proyecto de iluminación del estadio, ya que refleja la capacidad del sistema para cubrir las necesidades energéticas del mismo. Un valor superior a 0.7 sugiere que una porción significativa de la demanda de energía del estadio puede ser satisfecha mediante la generación solar, lo que reduciría considerablemente la dependencia de fuentes de energía convencionales y, por ende, los costos operativos asociados a la iluminación del estadio.

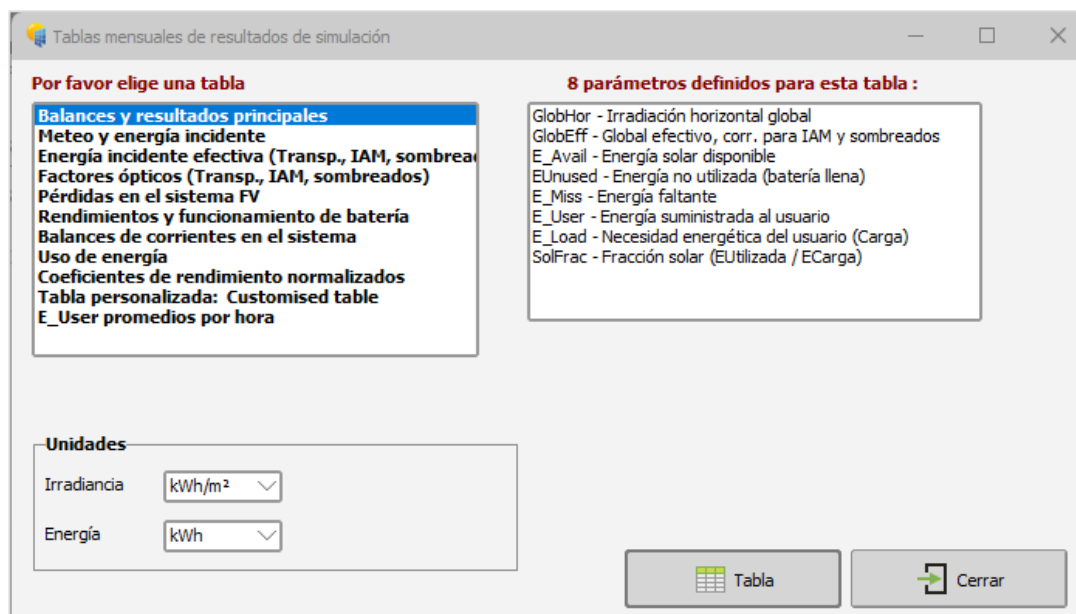
En síntesis, el análisis detallado de los resultados de la simulación demuestra que el sistema fotovoltaico independiente diseñado para el estadio posee el potencial para proporcionar una solución de iluminación sostenible y eficiente. No obstante, es crucial considerar las pérdidas inherentes al sistema y buscar maneras de minimizarlas a través de la optimización del diseño y la selección de componentes. La implementación de este sistema no solo contribuiría a la reducción del impacto ambiental asociado a la operación del estadio, sino que también ofrecería beneficios económicos a largo plazo mediante la disminución de los gastos en energía eléctrica.

Dentro de la interfaz de resultados de la simulación, se encuentra un ícono marcado como «tabla», el cual al ser seleccionado, abre la ventana mostrada en la Figura 38. Esta ventana proporciona acceso a una información detallada y exhaustiva acerca del rendimiento de las baterías, las pérdidas del sistema y otros aspectos relevantes del funcionamiento del sistema fotovoltaico, tales como: irradiación horizontal, global efectivo, energía solar disponible, energía no utilizada, energía faltante, energía suministrada al usuario, necesidad energética del usuario y fracción solar. Esta funcionalidad permite un análisis profundo de los resultados mensuales de la

simulación, facilitando una comprensión más completa de la eficacia del sistema propuesto.

Figura 38

Tablas mensuales de resultados de simulación



Nota. Obtenido del programa PVsyst. Elaborado por los autores (2023).

3.6 Análisis económicos de costos referenciales

Para crear una tabla consolidada de materiales para la investigación, se tomó en cuenta la necesidad de incluir todos los elementos esenciales para el diseño, instalación y funcionamiento del sistema de iluminación LED con fuente de alimentación fotovoltaica propuesto para el estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil. La tabla 7 sirve de base para el desarrollo de los planos eléctricos, cálculos de conductores, protecciones y tableros de control.

Tabla 7*Materiales necesarios para la implementación del proyecto*

Ítem	Descripción	Notas
1	Torres para iluminación	Altura de 20 metros
2	Proyectores LED	1066 W por proyector
3	Paneles solares fotovoltaicos	Wp según cálculos de demanda
4	Baterías de almacenamiento	Capacidad según necesidades del sistema
5	Regulador de carga	Adecuado para el tamaño del sistema
6	Inversor	Capacidad según demanda total
7	Contador bidireccional	Para conexión a la red
8	Cableado eléctrico	Calibre según cálculos de carga
9	Protecciones eléctricas (fusibles, disyuntores)	Según diseño del sistema
10	Tablero de control	Para manejo y monitoreo del sistema

Nota. Elaborado por los autores (2023)

A continuación, se presentarán los costos de los dispositivos requeridos en el diseño de iluminación LED con una fuente de alimentación fotovoltaica, correspondientes a la propuesta recomendada para el estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Los precios considerados en este análisis se obtendrán a partir de información proveniente de otras propuestas y empresas especializadas en la fabricación e instalación de los componentes utilizados en el mencionado sistema propuesto.

3.6.1 Sistema de iluminación LED

Los precios fueron consultados a la empresa "VIBROPOSTE CIA. LTDA." que se especializa en la producción de columnas de concreto armado en la provincia de Ibarra, Ecuador (VIBROPOSTE, 2019, pág. 1).

El alto costo del reflector LED se debe a que proviene de la tecnología avanzada de PERFORMANCE LIGHTING, empresa situada en España. Dicha tecnología se destaca por ser especialmente idónea para infraestructuras deportivas de nivel profesional y semiprofesional. En la tabla 8, se presenta la descripción de los precios de los materiales.

Tabla 8

Descripción de precios de materiales

Descripción	Cantidad		Precio	Costo
Torres	Metros	Número		
	20	8	\$850	\$6.800
Proyector Led		40	\$3.457.41	\$ 138.296.44
Total				\$ 145.096.44

Nota. adaptado de Carvajal y Liger (2021, pág. 47).

Según la tabla precedente, se necesitan ocho torres, cada una con una altura de 20 metros, a un costo unitario de \$850, resultando en un costo total de \$6.800 para todas las torres. En cuanto a los proyectores LED, se requieren cuarenta unidades, con un precio individual de \$3.457,41, lo que acumula un costo total impresionante de \$138.296,44 para todos los proyectores. Sumando ambos componentes, el costo total de los materiales asciende a \$145.096,44.

Este análisis enfatiza el significativo gasto en proyectores LED, que constituye la mayor parte del costo de materiales para el proyecto. La inversión en torres, aunque considerable, es relativamente menor en comparación. Este desglose de costos es esencial para la planificación financiera del proyecto, destacando la importancia de los proyectores LED tanto en términos de funcionalidad como de impacto económico. La inversión en equipos de alta calidad es crucial para asegurar una iluminación eficiente y duradera del espacio, justificando así el alto costo inicial en pro de beneficios a largo plazo como la reducción de mantenimiento y consumo energético.

Los costos asociados a la instalación de postes y proyectores se calcularán utilizando los valores proporcionados por Malagón y Sánchez (2021, pág. 63) como referencia. A continuación, en la tabla 9, se detalla el desglose de los costos de mano de obra, incluyendo la descripción del trabajo, la cantidad necesaria, el precio unitario y el costo total implicado. Este desglose permite una estimación precisa de los gastos laborales asociados al montaje y la instalación del sistema de iluminación propuesto.

Tabla 9

Mano de obra

Descripción	Cantidad	Precio	Costo
Instalación torres	8	\$ 150	\$ 1.200
Instalación proyectores	40	\$ 60	\$ 2.400
Total			\$ 3.600

Nota. Adaptado de Malagón y Sánchez (2021, pág. 63).

En la tabla 9 se especifica que se requieren ocho torres, con un costo individual de instalación de \$150, lo que suma un total de \$1.200 para esta tarea. Además, se

contemplan cuarenta proyectores, cada uno con un costo de instalación de \$60, acumulando un costo total de \$2.400 para la instalación de todos los proyectores. Al sumar ambos costos, el total de la inversión en mano de obra asciende a \$3.600.

Este análisis evidencia un componente significativo del presupuesto total del proyecto, destacando la importancia de la mano de obra especializada en la instalación de infraestructura de iluminación. Los costos reflejan no solo la cantidad de trabajo requerido sino también la especialización necesaria para la correcta instalación y funcionamiento óptimo de las torres y proyectores, elementos cruciales para la iluminación efectiva del estadio. La planificación financiera del proyecto debe, por lo tanto, considerar estos costos para asegurar la viabilidad y la calidad de la instalación.

3.7 Equipo necesario para el sistema fotovoltaico

El sistema fotovoltaico analizado y planificado requiere dispositivos con la capacidad requerida de según los cálculos ya realizados (Chávez Mora, 2022, pág. 5).

Se requieren los siguientes elementos:

- Panel solar. Dispositivo diseñado para capturar la energía del sol y convertirla en electricidad. Está compuesto por células fotovoltaicas que transforman la irradiación solar en energía eléctrica utilizable. Los paneles solares son fundamentales en sistemas fotovoltaicos para la generación de energía renovable y sostenible.
- Batería. Componente que almacena la energía eléctrica generada por los paneles solares para su uso posterior. Las baterías en sistemas fotovoltaicos permiten el suministro de energía durante períodos sin

sol, como la noche o días nublados, asegurando una fuente de energía constante y fiable.

- **Controlador.** También conocido como regulador de carga, este dispositivo gestiona el flujo de energía entre los paneles solares y las baterías. Protege las baterías contra la sobrecarga o descarga excesiva, contribuyendo a la eficiencia y longevidad del sistema fotovoltaico. El controlador asegura que la batería se cargue de manera óptima y segura, regulando la tensión y corriente proveniente de los paneles solares (Anexo 6).

3.7.1 Panel solar

Para el sistema de energía solar, los cálculos determinaron la necesidad de instalar 30 paneles solares. Se seleccionaron paneles policristalinos de 500W y 36V, fabricados por EnergyAmerica bajo el modelo EAP_500.PAN. El costo estimado de cada panel es de aproximadamente 311.10 dólares estadounidenses.

3.7.2 Batería

Para satisfacer las necesidades del sistema fotovoltaico, se precisa un total de 432 baterías de 500Ah. El precio de cada batería se establece en 2,417.20 dólares estadounidenses. Las especificaciones técnicas detalladas de estas baterías se encuentran en el Anexo 5 (Viteri Morales, 2022, pág. 62).

3.7.3 Controlador

De acuerdo con los cálculos realizados para el sistema, se requiere un controlador de carga de 1KW. Su costo aproximado es de 845.06 dólares

estadounidenses. Para una descripción detallada de sus especificaciones técnicas, se puede consultar el Anexo 6 (Perlaza Gruezo, 2022, pág. 25).

3.7.4 *Valor total de los equipos del sistema de generación de energía solar*

En la tabla 10 se detalla el presupuesto que se realizó con la totalidad de equipos que se requiere para planta de alimentación fotovoltaica.

Tabla 10

Valor total de los equipos del sistema de generación de energía solar fotovoltaica

Equipo	Cantidad	P/U	Total
Paneles solares	30	\$ 311,10	\$ 9.333,00
Batería	432	\$ 2.417,20	\$ 1.044.230,40
Controlador	1	\$ 845,06	\$ 845.06
Total			\$ 1.054.408,46

Nota. Adaptado de Malagón y Sánchez (2021, pág. 56).

Una vez que se tiene el valor de los equipos a utilizar se procede a realizar el cálculo de instalación de la central fotovoltaica o mano de obra. Para esto se considera el 10% del costo unitario de cada material que se va a utilizar para la central FV, como se muestra en la tabla 11 (Sánchez Hernández & Zúñiga Casallas, 2021, pág. 79).

Tabla 11*Costo de mano de obra*

Equipos	Cantidad	P/U	Total
Instalación panel solar	30	\$ 31,11	\$ 933,30
Instalación Batería	432	\$ 241,72	\$ 104.423,04
Instalación Controlador	1	\$ 84,50	\$ 84,50
Total			\$ 105.440,84

Nota. Adaptado de Malagón y Sánchez (2021, pág. 63).

3.8 Resultados

Según los resultados obtenidos tenemos que el monto de inversión de la implementación del estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil sería de \$ **1.308.545,74**, dado esto que es una inversión muy costosa. Además, en el anexo 12 se realizó un estudio de cuanto se ahorraría la universidad en costo de energía eléctrica, para el análisis se utilizó como referencia los valores de Kw/h de los pliegos tarifarios de Cnel. se ve que el costo de las planillas no asume la cantidad significativa para la recuperación de la inversión, entonces se podría tomar como estrategia el suministro de energía a facultades que se encuentren cerca del estadio como por ejemplo la facultad de medicina.

Conclusiones

En la fase inicial de esta investigación, se realizó los cálculos de carga para el sistema de iluminación para el estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, este proceso permitió que para una optimo diseño de alumbrado serán necesarias 40 luminarias LED las mismas que tienen una potencia de 1066 Watts, dando como resultado una carga total instalada de 42640 Vatios y optimizar el diseño lumínico, asegurando que la distribución de la luz fuera adecuada para cumplir con los estándares requeridos para eventos deportivos nocturnos.

En base a la cantidad de vatios calculados se determinó que se necesita 40 luminarias fotovoltaicas con 8 torres en base a las simulaciones hechas en el software PVSYST, para producir tantos luxes paraque sean necesarios para los jugadores y vean en óptimas condiciones. La utilización de esta herramienta avanzada ha facilitado una evaluación precisa de la capacidad de generación solar, tomando en cuenta las variables locales y las especificaciones técnicas del estadio. Este proceso ha sido fundamental para garantizar que el sistema fotovoltaico propuesto sea capaz de proporcionar una fuente de energía sostenible y eficiente para el funcionamiento del sistema de iluminación LED.

Finalmente, en la base de datos obtenidos como en la obtención de las luminarias, inversores, disyuntores, torres que se van a utilizar la cantidad de elementos necesarios y dar iluminación al estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, esto tendría un valor total aproximado de \$ 1,315,345.74 Dólares, para obtener este valor se utilizó una parte el programa Dialux evo 12.0 que brinda esta

facilidad el cálculo económico para el estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil. El sistema de energía solar fotovoltaica, con un costo estimado de instalación y componentes adicionales, presenta una oportunidad para reducir de manera significativa los costos operativos por consumo de energía, que se estiman disminuirían en un promedio anual, reflejando así una gestión eficiente del consumo eléctrico y contribuyendo a la sostenibilidad del proyecto.

Recomendaciones

Se recomienda enfocar esfuerzos en la optimización de los sistemas de iluminación y energía solar fotovoltaica para instalaciones deportivas, asegurando la selección de componentes de alta eficiencia y durabilidad. Es crucial realizar estudios detallados de carga lumínica y simulaciones precisas, utilizando herramientas como Dialux y PVSYST, para diseñar sistemas que no solo cumplan con los estándares de iluminación requeridos, sino que también maximicen la captación solar. La adopción de prácticas de mantenimiento preventivo y el monitoreo constante del rendimiento del sistema pueden contribuir significativamente a prolongar la vida útil de los equipos y optimizar su funcionamiento.

Adicionalmente, se sugiere realizar análisis económicos periódicos para evaluar la viabilidad y los beneficios a largo plazo de estas inversiones, considerando las tendencias del mercado y los avances tecnológicos en el sector de energías renovables y sistemas de iluminación eficientes. Estas acciones permitirán no solo mejorar la sostenibilidad y eficiencia energética de las instalaciones deportivas sino también asegurar una recuperación eficaz de la inversión inicial.

Para futuras investigaciones, se recomienda explorar la integración de tecnologías emergentes en sistemas de iluminación y energía solar fotovoltaica, tales como el uso de materiales avanzados para paneles solares que ofrezcan mayor eficiencia y durabilidad. Además, sería valioso investigar el impacto de nuevas configuraciones de almacenamiento de energía, como las baterías de ion-litio, en la optimización del rendimiento de los sistemas fotovoltaicos. Otra línea de investigación

podría centrarse en el análisis de la viabilidad de sistemas híbridos que combinen energía solar con otras fuentes renovables para garantizar una alimentación energética más estable y confiable. Finalmente, se sugiere estudiar el impacto socioeconómico y ambiental de la implementación a gran escala de sistemas de iluminación LED alimentados por energía fotovoltaica en infraestructuras deportivas y otros espacios públicos, con el objetivo de fomentar políticas de sostenibilidad más eficaces.

Referencias

- AENOR. (2009). *Asociación Española de Normalización y Certificación*. Madrid. Obtenido de Norma Española UNE-EN 12193.
- ARCONEL-057/18, R. N. (2020). *Resolucion N° ARCONEL-057/18*. Guayaquil. Recuperado el 14 de Diciembre de 2023, de https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2020-09/Documento_Generacion-fotovoltaica-para-autoabastecimiento-consumidores-finales-energia-electrica.pdf
- Aulestia Ortiz , J., Vera Macías, S., & Mejia Torres, N. (2019). *Aprendizaje Significativo de la Luminancia por el Método Punto po Punto*. Quito.: Universidad Central del Ecuador. Recuperado el 18 de Junio de 2023, de <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/CATEDRA/article/view/1749/2749>
- Barrionuevo Acosta, J. M. (2022). *Estudio del desempeño de un sistema de climatización invertir alimentado con energía fotovoltaica*. Guayaquil, Guayas , Ecuador. Recuperado el Miercoles 10 de Enero de 2024, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/19016>
- Bermeo Carranza, J. T. (2019). *Diseño, desarrollo e implementación de una solución IoT para medir los niveles de radiación solar; usando una red (SIGFOX) de cobertura amplia de baja potencia (LPWAN) en la facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil*. Guayaquil, Guayas, Ecuador.

Recuperado el Miercoles 10 de Enero de 2024, de
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/12587>

Bonilla, A., & Pullutaxi, R. F. (2021). *Diseño y estudio de un sistema de iluminación para el estadio de la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache*. Latacunga.: Universidad Técnica de Cotopaxi. Recuperado el 26 de junio de 2023, de <file:///C:/Users/HP/OneDrive%20-%20Universidad%20Catolica%20Santiago%20de%20Guayaquil/TESIS/salache.pdf>

Carpio, B. (2019). *Diseño Luminico para El Estadio de la Universidad Nacional de Loja*. Loja: Universidad Nacional De Loja. Recuperado el 17 de junio de 2023, de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/22540/1/Carpio%20Gonzalez%20%2cByron%20Rafael.pdf>

Carvajal, M., & Liger, J. (2021). *Estudio de Prospectiva para el Sistema De Iluminacion Tipo LED Del Estadio Municipal "La Cocha " - Latacunga*. Latacunga: Unidad Técnica De Cotopaxi. Recuperado el 17 de junio de 2023, de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8017/1/MUTC-001020.pdf>

Chan, J. A. (2023). *Estudio de la implementación de un generador solar fotovoltaico para abastecer la carga de las oficinas administrativas e iluminación exterior de la Empresa BIRA.S.A ubicada en la ciudad de Piñas*. Guayaquil, Guayas, Ecuador. Recuperado el Miercoles 10 de Enero de 2024, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/21462>

- Chávez, J. Á. (2022). *Implementación del modelo de simulación del controlador boost y regulador de carga MPPT para sistemas fotovoltaicos usando Simulink*. Guayaquil , Guayas , Ecuador. Recuperado el Lunes 15 de Enero de 2024, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/18018>
- Contreras, B. J., & Ponce, D. H. (2022). *Diseño de un sistema de Iluminación Inteligente. Caso de estudio: Estadio de la ESPOL*. Guayaquil: Escuela Superior Politecnica del Litoral. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/57150>
- Contreras, B. J., & Ponce, D. H. (2022). *Diseño de un Sistema de iluminación inteligente, caso de estudio: estadio de ESPOL*. Guayaquil. Recuperado el 3 de Enero de 2024, de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/57150>
- Corona, J. (2017). Apuntes sobre métodos de investigación. *METODO EN LA CIENCIA*. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/ms/v14n1/ms16114.pdf>
- Cruceira, E. P. (2020). *Implementación de un sistema de generación solar fotovoltaica con integración a la red eléctrica en el edificio de la carrera de ingeniería eléctrica de la Universidad Técnica del Norte*. Ibarra. Ecuador. Recuperado el Miercoles 3 de Enero de 2024 , de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10103>
- Erazo, B. E. (2017). *Diseño eléctrico de una vivienda con paneles solares utilizando microinversores, conectados a la red mediante un medidor bidireccional*. Guayaquil. Recuperado el 3 de Enero de 2024, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/9106>

- Esteves, G. R. (2017). *Proyecto de instalaciones eléctricas y de iluminación del campo de fútbol de la UCSG*. Guayaquil. Recuperado el 3 de Enero de 2024, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/9094>
- Fereño, A., & Ulloa Torres, E. (2022). *Análisis De Los Contrastes De Luminancia e Iluminancia En Fachadas Patrimoniales, Aplicado a Una Planificación De Regeneración Urbana En Sector "Plazoleta Cruz Del Vado"*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Recuperado el 18 de junio de 2023, de <file:///C:/Users/HP/OneDrive%20-%20Universidad%20Catolica%20Santiago%20de%20Guayaquil/TESIS/contraste%20de%20luminancia..pdf>
- FIFA. (21 de Octubre de 2021). *Iluminación campos de fútbol - Cómo cumplir con la normativa FIFA y UEFA*. Recuperado el 18 de Junio de 2023, de <https://www.ledindustrial.es/2021/10/21/iluminacion-campos-de-futbol/#:~:text=La%20UEFA%20y%20FIFA%20exigen,distribuci%C3%B3n%20uniforme%20de%20la%20luminancia.>
- Hurtado, M. E. (2022). *Modelo de selección de luminarias solares de acuerdo a su ubicación geográfica y aplicación del mismo en plantas piloto en los departamentos de Antioquia, Cauca, Cundinamarca y Risaralda*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Kohmura, Y. (2021). Importance of vision and sun protection in outdoor sports: a narrative review. *Journal of Physical Education and Sport*, 21(Suppl. issue 6), 3187-3194.

- Kumar, P., Kumar, S., & Chandra, A. (2020). Control of Single-Phase Solar Photovoltaic Supply System. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 56(6), 7132-7144.
- Lindao, W. E. (2020). *Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en casa comunal de Cooperativa Los Paracaidistas en la ciudad de Guayaquil*. Guayaquil: Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Recuperado el 3 de Enero de 2024, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/14365>
- Lino, L. A. (2022). *Diseño de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la alimentación de la instalación eléctrica de una vivienda residencial*. Guayaquil. Recuperado el 14 de Diciembre de 2023, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/18022>
- Lithonia, P. S. (2016). *Energy efficiency improvment of DeLavls illumination system - DIALux evo 12*. Alemania. Recuperado el 14 de 12 de 2023, de https://scholar.google.com.mx/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Philips%2C+Sylvania%2C+Lithonia+dialux&btnG=
- Macias, E. (2023). *Análisis y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico como fuente de energía para el sistema de suministro de agua del recto. El Cerrito. Cantón Balzar provincia del Guayas-Ecuador*. . Guayaquil.: Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Obtenido de <file:///C:/Users/HP/OneDrive%20->

%20Universidad%20Catolica%20Santiago%20de%20Guayaquil/TESIS/tesis
%20de%20hernan.pdf

Malagón, B. S., & Sánchez , H. F. (2021). *Diseño de un Sistema de Iluminacion para el Valeriano Gavinelli Bovio de la Universidad Politecnica Salesiana Sede Cuenca utilizando Tecnologia LED y Sistemas Fotovoltaicos*. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad Politecnica Salesiana Sede Cuenca. Recuperado el jueves de enero de 2024, de file:///C:/Users/HP/Downloads/UPS-CT009328.pdf

Mitchell, M., Clark, M., & Nimmo, S. (2022). Environmental Sustainability Practices in Minor League Sports. *The Sport Journal*.

Pérez, D. (2018). *Diseño e Implementacion de un sistema de iluminacion de exteriores con tecnologia LED alimentado por Paneles Fotovoltaicos en la Empresa de proyectos del niquel CEPRONIQUEL*. Holguin.: ISMMM. Obtenido de <http://ninive.ismm.edu.cu/bitstream/handle/123456789/1774/P%c3%a9rezmatos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Perico, E. L. (2020). Diseño de iluminación solar fotovoltaico para el campo deportivo multipropósito en la UDFJC sede Famarena. *Boletín Semillas Ambientales **, 14(1), 25-38.

Perlaza, W. E. (2022). *Diseño e implementación de convertidores elevadores y reductores para aplicaciones de paneles fotovoltaicos usando Simulink*. Guayaquil, Guayas , Ecuador. Recuperado el Lunes 15 de Enero de 2024, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/18027>

- Rajkumar, G. (2019). An automated WPT based EV charging with. *Indian Journal of Engineering*, 16, 222-232. Obtenido de https://www.discoveryjournals.org/engineering/current_issue/2019/A19.pdf
- Rasero, C. M. (2011). *Energía Solar Fotovoltaica*. (Español, Trad.) Madrid , Barcelona , España. Recuperado el Miercoles 3 de Enero 1 de 2024, de [file:///C:/Users/sebas/Downloads/componente75553%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/sebas/Downloads/componente75553%20(1).pdf)
- Rodríguez, L. G. (2023). *Diseño de un sistema fotovoltaico integrado a la red de la empresa CEDAL Durán*. Guayaquil. Recuperado el 14 de Diciembre de 2023, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/22315>
- Sánchez, K., & Zúñiga, M. G. (2021). *Evaluación de costo-beneficio sobre la implementación de paneles solares en proyectos de construcción en la ciudad de bogota, colombia*. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/43157dd7-3c4d-4817-b3c1-f1d763845042/content>
- Solano, J. P. (2022). *Implementación de un módulo solar para la recolección de datos mediante el uso de microcontroladores e interfaz con ordenador*. Guayaquil. Recuperado el Miercoles 3 de Enero de 2024, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/19157>
- UEFA. (2010). *Guía UEFA de estadios de calidad*. Madrid: Impresas S.L. Recuperado el 24 de junio de 2023, de

https://es.uefa.com/MultimediaFiles/Download/uefaorg/Stadium&Security/02/11/78/29/2117829_DOWNLOAD.pdf

VIBROPOSTE. (2019). *VIBROPOSTE CIA. LTDA.* Obtenido de <https://vibroposte.com/>

Villacis, J. C. (2018). *Propuesta de implementación de alumbrado con iluminación LED con paneles fotovoltaicos para los exteriores de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG.* Guayaquil, Guayas, Ecuador. Recuperado el Miercoles 10 de Enero de 2024, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/11350>

Viteri, G. A. (2022). *Diseño de un sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica a los servicios auxiliares de la subestación eléctrica CIERPRONTI.* Guayaquil, Guayas, Ecuador. Recuperado el Lunes 15 de Enero de 2024, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/20240>

Wan, M. (2022). LED vs. Sodio de alta presión/sodio de baja presión. *Ledyi.* Recuperado el 27 de junio de 2023, de <https://www.ledyilighting.com/es/led-vs-high-pressure-sodium-low-pressure-sodium/>

Yépez, J. J. (2019). *Implementación de un sistema de iluminación con energía renovable controlada por Arduino, para el laboratorio de electricidad de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo.* Guayaquil, Guayas , Ecuador. Recuperado el Miercoles 10 de Enero de 2024, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/12724>

Anexos

Anexo 1. Descripción del proyector LED

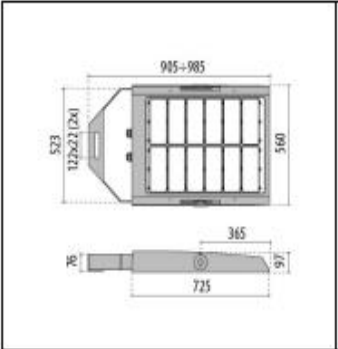
date: 25/1/2024

PERFORMANCE
IN LIGHTING

powered by
GEWISS

SQUARE PRO 96/4 ELL

Código 06284194



IP 66

CLASS I

 $\leq -40^{\circ}\text{C}$

 SLL-A-1

 CIE 12-43













Description

Proyector LED para interior y exterior, constituido por:

- Cuerpo de aluminio fundido bajo presión pintado con pintura en polvo de poliéster ISO 9227/12944 - ISO 9223 (C5)
- Bloque óptico provisto de lentes en tecnopolímero con elevada transmisibilidad de la luz
- Junta de silicona anti-envejecimiento
- Caja para la conexión eléctrica integrada en el cuerpo con tapa de aluminio
- Sujetacable con resistencia a la rotura M25x1,5 para cables $\varnothing 9$ - $\varnothing 16$ mm
- Fuente luminosa compuesta por la combinación de varios módulos LED
- Consulte a la fábrica para otras temperaturas de color e índice de reproducción cromática
- Tornillos de anclaje de acero inoxidable
- Soporte de acero pintado con pintura en polvo de poliéster previo galvanizado en caliente
- Goniómetro graduado para regular la orientación
- El valor de potencia indicado para SQUARE PRO incluye también las pérdidas de la fuente de alimentación

Anexo 2. Datos técnicos del proyector LED

Datos de producto

Grupo ETIM:	EG000027	Clase ETIM:	EC001744
-------------	----------	-------------	----------

Información general

Portalámpara:	LED	Fuente de luz:	LED
Flujo lumen nominal (lm):	138086	Flujo lumen real (lm):	108658
Potencia de luminaria (W):	1066 W	Eficacia luminosa (lm/W):	102
CRI:	70	Temperatura de color (K):	4000
Color / Acabado:	GR-94 / Gris metalizado / Rugoso	Grado de protección IP:	IP66
IK-V-xdIP:	IK07 3J xx5	Clase de protección:	I
Óptica:	Elíptica	Angulo de apertura:	30°x40°
Peso neto (kg):	23,5	Longitud global (mm):	560
Anchura global (mm):	985	Altura global (mm):	97

Características mecánicas

Forma:	RECTANGULAR	Material de la carcasa:	Aluminio
Material del difusor:	PLÁSTICO	Test del hilo incandescente (°C):	850 °C
Área exposición frontal (m²):	0.04	Área exposición lateral (m²):	0.08
Área exposición superior (m²):	0.42		

Instalación

Ámbito de aplicación:	Outdoor	Tipo de instalación:	Proyectores alta potencia
Temperatura ambiente min. (°C):	-40	Temperatura ambiente max. (°C):	30
Distancia min. del objeto iluminado (m):	1.00		

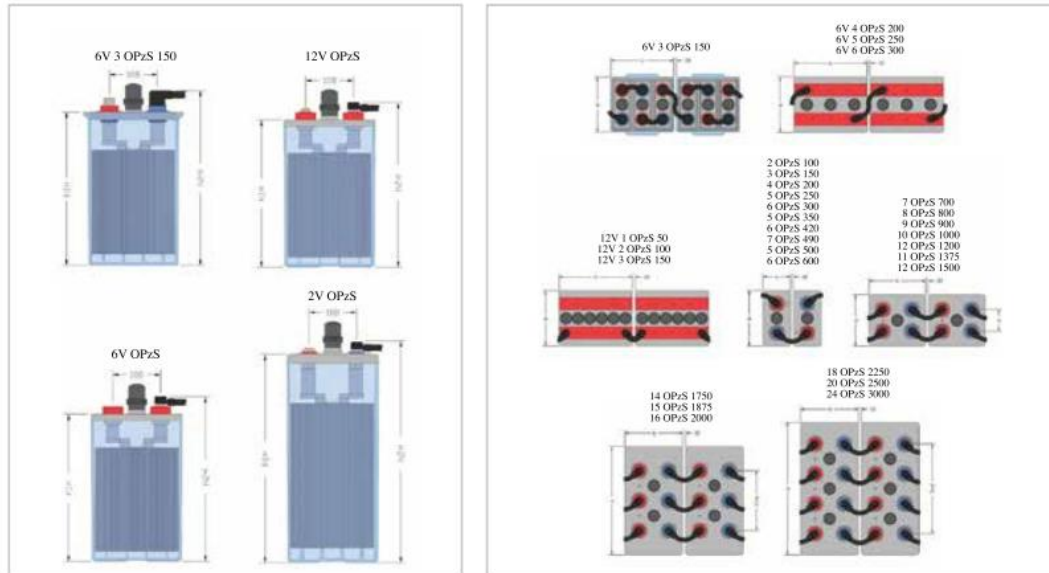
Características de luz

MacAdam:	3	Mantenimiento flujo luminoso:	L80B10@44000h
Distribución emisión luminosa:	Direct	Clase de intensidad luminosa:	G'6
Sin deslumbramiento luminoso (ULR + 0%):		IPEA* (vial):	B
IPEA* (grandes áreas, rotondas):	A+	IPEA* (peatonal/carril bici):	A
IPEA* (áreas verdes):	A	IPEA* (centro histórico):	A++

Anexo 3. Tabla de ampacidad para cable de cobre y aluminio

TABLA DE AMPACIDAD PARA CABLE DE COBRE Y ALUMINIO (AWG/ MCM)						
AMPACIDAD DE THW, THHN- THWN,XHHW A UNA TEMPERATURA DE 75 C.			NUMERO MAXIMO DE 3 ALAMBRES EN UNA TUBERÍA METÁLICA		CAÍDA DE VOLTAJE POR CADA 100 PIES DE CABLE DE COBRE A UN 80% P.F	
			DIAMETRO DE LA TUBERIA METÁLICA			
CALIBRE DEL CABLE (AWG/MCM)	COBRE	ALUMINIO	THW (PULGADAS)	THHN- THWN,XHHW (PULGADAS)	CIRCUITO MONOFÁSICO (VOLTS/AMP)	CIRCUITO TRIFÁSICO (VOLTS/AMP)
14 AWG	20 A	-	1/2	1/2	0.4762	0.4167
12 AWG	25 A	20 A	1/2	1/2	0.3125	0.2632
10 AWG	35 A	30 A	1/2	1/2	0.1961	0.1677
8 AWG	50 A	40 A	3/4	1/2	0.1250	0.1087
6 AWG	65 A	50 A	1	3/4	0.0833	0.0714
4 AWG	85 A	65 A	1	1	0.0538	0.0463
2 AWG	115 A	90 A	1 1/4	1	0.0370	0.0323
1/0 AWG	150 A	120 A	1 1/2	1 1/4	0.0269	0.0231
2/0 AWG	175 A	135 A	1 1/2	1 1/2	0.0222	0.0196
3/0 AWG	200 A	155 A	2	1 1/2	0.0190	0.0163
4/0 AWG	230 A	180 A	2	2	0.0161	0.0139
250 MCM	255 A	205 A	2 1/2	2	0.0147	0.0128
300 MCM	285 A	230 A	2 1/2	2	0.0131	0.0114
350 MCM	310 A	250 A	2 1/2	2 1/2	0.0121	0.0106
400 MCM	335 A	270 A	3	2 1/2	0.0115	0.0091
500 MCM	380 A	310 A	3	3	0.0101	0.0088
600 MCM	420 A	340 A	3	3	0.0094	0.0082
700 MCM	460 A	375 A	3 1/2	3	0.0089	0.0077
750 MCM	475 A	385 A	3 1/2	3 1/2	0.0086	0.0075
1000 MCM	545 A	445 A	4	3 1/2	0.0079	0.0069

Anexo 4. Ilustraciones de la batería recomendada para el proyecto



Todas las dimensiones y pesos indicados están sujetos a las tolerancias de fabricación

Anexo 5. Características técnicas de batería

Características técnicas

Diseño

Placas positivas	Placas tubulares con aleación de plomo especial baja en antimonio ($\leq 1,65\%$ Sb)
Placas negativas	Placas negativas empastadas con diseño de cuadrícula y aleación de plomo optimizada baja en antimonio
Separadores	Baja resistencia, PVC microporoso
Electrolito	Ácido sulfúrico diluido
Material del contenedor y la tapa	SAN (estireno acrilonitrilo) transparente y altamente resistente a los impactos para el contenedor. ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) robusto para la tapa.
Polos	Diseño premium con inserto y junta de goma en la tapa para garantizar dureza y resistencia a los ácidos. Inserto de latón M10. Mediciones de impedancia posibles.
Conectores	Mediciones de tensión posibles gracias al diseño de tipo empernado. Pernos de acero con cabezas encapsuladas en plástico. Conectores flexibles aislados, conectores sólidos opcionales disponibles.
Tapones cerámicos	Diseño de contención de llamas. Tapones-embudo cerámicos también disponibles.

Datos operativos

Vida útil del diseño	20 años para células de 2 V, 18 años para bloques de 6 V y 12 V (flotación en espera, 20°C).
Número de ciclos	2300 ciclos para células de 2V, 2000 ciclos para bloques de 6 V y 12 V (60% DoD, 20°C).
Mantenimiento	Requisitos de llenado poco exigentes.
Temperatura de funcionamiento	Se recomienda de 10°C a 30°C. Máx.: 55°C.
Tiempo de almacenamiento	Vida útil máxima de hasta 3 meses a 20°C, 2 meses a 30°C o 1 mes a 40°C.
Tasa de autodescarga	Aprox. 2,5% al mes a 20°C.

Anexo 6. Características técnicas de controlador universal MPPT

VarioTrack Series



Model	VT-65			VT-80		
Electrical characteristics PV array side						
At nominal battery voltage	12 V	24 V	48 V	12 V	24 V	48 V
Maximum solar power recommended (@STC)	1000 W	2000 W	4000 W	1250 W	2500 W	5000 W
Maximum solar open circuit voltage	75 V	150 V		75 V	150 V	
Maximum solar functional circuit voltage	75 V	145 V		75 V	145 V	
Minimum solar functional circuit voltage	Above battery voltage					
Electrical characteristics battery side						
Maximum output current	65 A			80 A		
Nominal battery voltages	Automatic / manual set to 12, 24 or 48 V					
Operating voltage range	7 - 68 V					
Performances of the device						
Power conversion efficiency (in a 48 V typical-system)	> 99 %					
Maximum stand-by self-consumption (48 V)	25 mA > 1.2 W					
Maximum stand-by self-consumption (24 V)	30 mA > 0.8 W					
Maximum stand-by self-consumption (12 V)	35 mA > 0.5 W					
Charging stages	4 stages: Bulk, Absorption, Float, Equalization					
Battery temperature compensation (available with accessory BTS-01)	-3 mV / °C /cell (25°C ref) default value adjustable -8 to 0 mV / °C					
Electronic protections						
PV reverse polarity	Up to -150 V					
Battery reverse polarity	Up to -150 V					
Battery overvoltage	Up to 150 V					
Over temperature	Protected					
Reverse current at night	Prevented by relays					
Environment						
Operating ambient temperature range	-20 to 55°C					
Humidity	100 %					
Ingress protection of enclosures	IP54, IEC/EN 60529:2001					
Mounting location	indoor					

General data		
Warranty	5 years	
ISO Certification	9001:2008 / 14001:2004	
Weight	5.2 kg	5.5 kg
Dimensions h/w/l [mm]	120 / 220 / 310	120 / 220 / 350
Parallel operation (separated PV arrays)	Up to 15 devices	
Max wire size	35 mm²	
Glands	M 20 x 1,5	
Communication		
Network cabling	STUDER communication BUS	
Remote control & Communication	RCC-02/-03, Xcom-232i / Xcom-LAN / Xcom-GSM / Xcom-SMS	
Menu languages	English / French / German / Spanish	
Data logging	With RCC-02/03, Xcom-232i on SD card - One point every minute	
Accordance to standards		
EU declaration of conformity	Low Voltage Directive (LVD) 2014/35/EU: - EN 50178:1997 Electromagnetic Compliance (EMC) Directive 2014/30/EU: - EN 61000-6-2:2005, - EN 61000-6-4:2007/A1:2011	
Accessories		
Remote control RCC-02 or RCC-03	*	*
Module Xcom-232i	*	*
Communication sets Xcom-LAN / Xcom-GSM / Xcom-SMS	*	*
Battery Status Processor BSP	*	*
2 aux. contacts module ARM-02	*	*
Cooling Module ECF-01	*	Included
Battery temp. sensor BTS-01 (3 m)	*	*
Communication cable CAB-RJ45-8-2	*	*

Anexo 7. Medición de gradas de la cancha de la UCSG



Anexo 8. Medición de la cancha de la UCSG



Anexo 9. Medición de la cancha



Anexo 10. Comparación de la implementación del proyecto

Comparación en términos económicos y técnicos que justifiquen la implementación del proyecto

Tabla 8
Presupuesto del proyecto: torres y proyectores LED

Descripción	Cantidad		Precio	Costo
	Metros	Número		
Torres	20	8	\$850	\$6.800
Proyector Led		40	\$3.457,41	\$ 138.296,44
Total				\$ 145.096,44

Tabla 9
Presupuesto del proyecto: mano de obra

Descripción	Cantidad	Precio	Costo
Instalación torres	8	\$ 150	\$ 1.200
Instalación proyectores	40	\$ 60	\$ 2.400
Total			\$ 3.600

Nota. Adaptado de Malagón y Sánchez (2021).

Tabla 10
Valor total de los equipos del sistema de generación de energía solar fotovoltaica

Equipo	Cantidad	P/U	Total
Paneles solares	30	\$ 311,10	\$ 9.333,00
Batería	432	\$ 2.417,20	\$ 1.044.230,40
Controlador	1	\$ 845,06	\$ 845,06
Total			\$ 1.054.408,46

Tabla 11
Valor total de la instalación del sistema de generación

Equipos	Cantidad	P/U	Total
Instalación panel solar	30	\$ 311,11	\$ 933,30
Instalación Batería	432	\$ 241,72	\$ 104.423,04
Instalación Controlador	1	\$ 84,50	\$ 84,50
Total			\$ 105.440,84

Inversión total = \$ 1.308.545,74

DESCRIPCIÓN	LUMINARIA LED PERFORMANCE IN LIGHTING(SQUARE PRO 96/4 ELL)
ESPECIFICACIONES GENERALES	
Tipo de Luminaria	Módulo LED
Temperatura de Color (K)	4.000
Grado de protección	IP66
Voltaje de Alimentación (V)	220-415
Frecuencia (Hz)	50/60
Potencia (W)	1.066
Salida de lúmenes de luminaria (lm)	138.086
Eficacia Luminosa (lm/W)	130
Vida útil (h)	44.000
Reproducción de color (CRI)	70
Corriente de Trabajo (A)	1,8

Características técnicas

Diseño

Placas positivas	Placas tubulares con aleación de plomo especial baja en antimonio (Sb) (1,65% Sb)
Placas negativas	Placas negativas empastadas con diseño de cuadrícula y aleación de plomo optimizada baja en antimonio
Separadores	Baja resistencia, PVC microporoso
Electrolito	Ácido sulfúrico diluido
Material del contenedor y la tapa	SAN (estireno acrilonitrilo) transparente y altamente resistente a los impactos para el contenedor. ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) robusto para la tapa.
Polos	Diseño premium con inserto y junta de goma en la tapa para garantizar dureza y resistencia a los ácidos. Inserto de latón M10. Mediciones de impedancia posibles.
Conectores	Mediciones de tensión posibles gracias al diseño de tipo emperrado. Pernos de acero con cabezas encapsuladas en plástico. Conectores flexibles aislados, conectores sólidos opcionales disponibles.
Tapones cerámicos	Diseño de contención de llamas. Tapones-embudo cerámicos también disponibles.

Datos operativos

Vida útil del diseño	20 años para células de 2V, 18 años para bloques de 6 V y 12 V (flotación en espera, 20°C).
Número de ciclos	2300 ciclos para células de 2V, 2000 ciclos para bloques de 6 V y 12 V (60% DoD, 20°C).
Mantenimiento	Requisitos de llenado poco exigentes.
Temperatura de funcionamiento	Se recomienda de 10°C a 30°C. Máx.: 55°C.
Tiempo de almacenamiento	Vida útil máxima de hasta 3 meses a 20°C, 2 meses a 30°C o 1 mes a 40°C.
Tasa de autodescarga	Aprox. 2,5% al mes a 20°C.

Figura 11. Posible ubicación de los sistemas fotovoltaicos



Figura 12. Análisis de retorno de la inversión

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	Potencia del proyector (W)	Potencia total de los proyectores (W)	Horas al día(h)	Horas mensual(h)	Horas anual(h)	Consumo diario (kW/h)	Consumo mensual (kW/h)	Consumo anual (kW/h)	Costo (kW/h) USD	Costo de la Energía consumida (DIARIO) (kW/h) USD	Costo de la Energía consumida (MENSUAL) (kW/h) USD	Costo de la Energía consumida (ANUAL) (kW/h)USD
Propuesta LED	40	1066	42640	3	36	432	127,9	1535,04	18420,4	0,1	\$ 12,8	\$ 153,5	\$ 1842,04

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	Potencia del proyector(W)	Potencia total de los proyectores (W)	Horas al día(h)	Horas mensual(h)	Horas anual(h)	Consumo diario (kW/h)	Consumo mensual (kW/h)	Consumo anual (kW/h)	Costo (kW/h) USD	Costo de la Energía consumida (DIARIO) (kW/h) USD	Costo de la Energía consumida (MENSUAL) (kW/h) USD	Costo de la Energía consumida (ANUAL) (kW/h)USD
FACULTAD DE MEDICINA	50	15	750	8	160	1920	6000	120000	1440000	0,1	\$ 600	\$ 12000	\$ 144000

[Pliego Tarifario 2024 - CNEL EP](#)

PERIODO: ENERO - DICIEMBRE

CNEL UN GUAYAQUIL

CARGOS TARIFARIOS JUNIO - NOVIEMBRE				CARGOS TARIFARIOS DICIEMBRE - MAYO			
RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)	RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)
CATEGORÍA	RESIDENCIAL			CATEGORÍA	RESIDENCIAL		
NIVEL VOLTAJE	BAJO Y MEDIO VOLTAJE			NIVEL VOLTAJE	BAJO Y MEDIO VOLTAJE		
1-50		0,078		1-50		0,078	
51-100		0,081		51-100		0,081	
101-150		0,083		101-150		0,083	
151-200		0,097		151-200		0,097	
201-250		0,099		201-250		0,099	
251-300		0,101		251-300		0,101	
301-350		0,103	1,414	301-350		0,103	1,414
351-500		0,105		351-500		0,105	
501-700		0,1285		501-700		0,1050	
701-1000		0,1450		701-1000		0,1109	
1001-1500		0,1709		1001-1500		0,1709	
1501-2500		0,2752		1501-2500		0,2752	
2501-3500		0,4360		2501-3500		0,4360	
Superior		0,6812		Superior		0,6812	

ENERO - DICIEMBRE			
	RESIDENCIAL TEMPORAL		1,414
		0,1285	
CATEGORÍA	GENERAL		
NIVEL VOLTAJE	BAJO VOLTAJE SIN DEMANDA		
1-300 Superior	COMERCIAL		1,414
		0,082 0,110	
1-300 Superior	E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS, SERVICIO COMUNITARIO		
		0,072 0,100	
1-300 Superior	BOMBEO AGUA		
		0,062 0,090	
1-300 Superior	BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE		
		0,058 0,066	
1-300 Superior	INDUSTRIAL ARTESANAL		
		0,064 0,100	
1 - 100 101-200 201-300 Superior	ASISTENCIA SOCIAL, BENEFICIO PÚBLICO Y CULTO RELIGIOSO		
		0,059 0,064 0,068 0,105	
	BAJO VOLTAJE CON DEMANDA		
	COMERCIALES		
	4,055	0,092	1,414
	INDUSTRIALES		
	4,055	0,082	
	ENTIDADES OFICIALES, ESCENARIOS DEPORTIVOS		
	SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES		
	4,055	0,082	
	BOMBEO AGUA		
	4,055	0,072	

PERIODO:

ENERO - DICIEMBRE

CNEL UN GUAYAQUIL

CARGOS TARIFARIOS

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)	
NIVEL VOLTAJE				
BAJO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA				
COMERCIALES				
08:00 hasta 22:00 horas	4,055	0,092	1,414	
22:00 hasta 08:00 horas		0,074		
INDUSTRIALES				
08:00 hasta 22:00 horas	4,055	0,087		
22:00 hasta 08:00 horas		0,071		
E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS				
SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES				
08:00 hasta 22:00 horas	4,055	0,082		
22:00 hasta 08:00 horas		0,068		
BOMBEO AGUA				
08:00 hasta 22:00 horas	4,055	0,072		
22:00 hasta 08:00 horas		0,058		
NIVEL VOLTAJE				
BAJO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA DIFERENCIADA				
BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE				
L-V 08:00 hasta 18:00 horas	2,620	0,056	1,414	
L-V 18:00 hasta 22:00 horas		0,095		
L-V 22:00 hasta 08:00 horas*		0,045		
S,D 18:00 hasta 22:00 horas		0,056		
VEHICULOS ELÉCTRICOS				
L-V 08:00 hasta 18:00 horas	4,050	0,080		
L-D: 18:00 hasta 22:00		0,100		
L-D: 22:00 hasta 08:00 horas		0,050		
SyD: 08:00 hasta 18:00 horas				
BAJO Y MEDIO VOLTAJE				
BOMBEO AGUA - COMUNIDADES CAMPESINAS DE ESCASOS RECURSOS ECONÓMICOS SIN FINES DE LUCRO				
1-300		0,040	0,700	
Superior		0,040		
ASISTENCIA SOCIAL, BENEFICIO PÚBLICO Y CULTO RELIGIOSO CON DEMANDA				
	2,622	0,060	1,414	
ASISTENCIA SOCIAL Y BENEFICIO PÚBLICO CON DEMANDA HORARIA				
	2,622			
08:00 hasta 22:00 horas		0,060		
		0,050		

PERIODO:

ENERO - DICIEMBRE

CNEL UN GUAYAQUIL
CARGOS TARIFARIOS

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)
NIVEL VOLTAJE	MEDIO VOLTAJE CON DEMANDA		
	COMERCIALES		
	4,003	0,090	1,414
	INDUSTRIALES		
	4,003	0,085	
	E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS		
	SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES		
	4,003	0,062	
	BOMBEO AGUA		
	4,003	0,052	
NIVEL VOLTAJE	MEDIO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA		
	COMERCIALES		
08:00 hasta 22:00 horas	4,003	0,090	1,414
22:00 hasta 08:00 horas		0,073	
	E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS		
	SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES		
08:00 hasta 22:00 horas	4,003	0,062	
22:00 hasta 08:00 horas		0,052	
	BOMBEO AGUA		
08:00 hasta 22:00 horas	4,003	0,052	
22:00 hasta 08:00 horas		0,042	
NIVEL VOLTAJE	MEDIO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA DIFERENCIADA		
	BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE		
L-V 08:00 hasta 18:00 horas	2,620	0,043	1,414
L-V 18:00 hasta 22:00 horas		0,073	
L-V 22:00 hasta 08:00 horas*		0,034	
S,D 18:00 hasta 22:00 horas		0,043	
	ESTACIÓN DE CARGA RÁPIDA y TRANSPORTE ELÉCTRICO PÚBLICO MASIVO		
L-V 08:00 hasta 18:00 horas	4,050	0,069	1,414
L-D: 18:00 hasta 22:00 horas		0,086	
L-D: 22:00 hasta 08:00 horas		0,043	
SyD: 08:00 hasta 18:00 horas			
	INDUSTRIALES		
L-V 08:00 hasta 18:00 horas	4,003	0,0845	1,414
L-V 18:00 hasta 22:00 horas		0,0965	
L-V 22:00 hasta 08:00 horas*		0,0705	
S,D,F 18:00 hasta 22:00 horas		0,0845	

PERIODO:

ENERO - DICIEMBRE



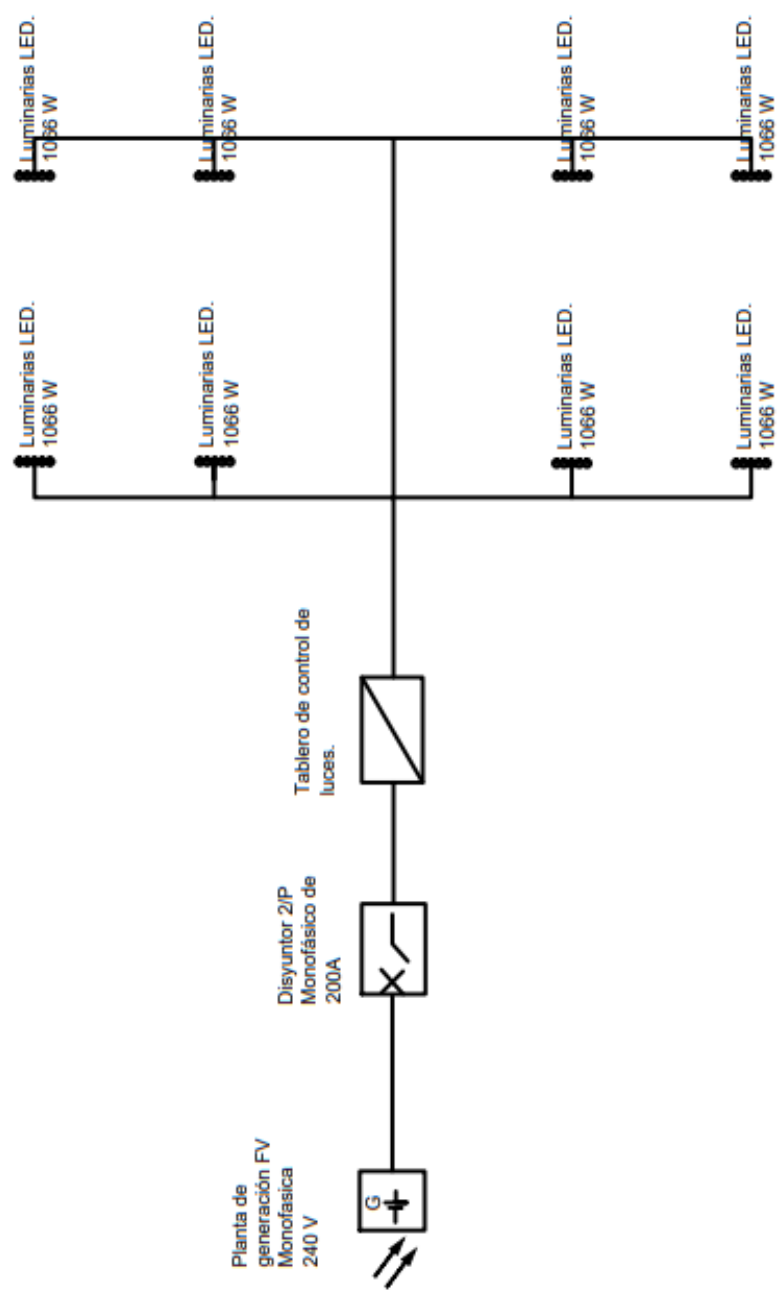
AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL
DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES
NO RENOVABLES

CNEL UN GUAYAQUIL
CARGOS TARIFARIOS

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)	
NIVEL VOLTAJE	ALTO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA			
	COMERCIALES			
08:00 hasta 22:00 horas	3,930	0,084	1,414	
22:00 hasta 08:00 horas		0,075		
	E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS			
	SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES			
08:00 hasta 22:00 horas	3,930	0,056		
22:00 hasta 08:00 horas		0,051		
	BOMBEO AGUA			
08:00 hasta 22:00 horas	3,930	0,046	1,414	
22:00 hasta 08:00 horas		0,041		
	ASISTENCIA SOCIAL Y BENEFICIO PÚBLICO CON DEMANDA HORARIA			
08:00 hasta 22:00 horas	2,622	0,060	1,414	
22:00 hasta 08:00 horas		0,050		
NIVEL VOLTAJE	ALTO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA DIFERENCIADA			
	BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE			
L-V 08:00 hasta 18:00	2,100	0,039	1,414	
L-V 18:00 hasta 22:00		0,065		
L-V 22:00 hasta 08:00*		0,031		
S,D 18:00 hasta 22:00		0,030		
	ESTACIÓN DE CARGA RÁPIDA y TRANSPORTE ELÉCTRICO PÚBLICO MASIVO			
L-V 08:00 hasta 18:00 horas	4,050	0,069	1,414	
L-D: 18:00 hasta 22:00 horas		0,086		
L-D: 22:00 hasta 08:00 horas SyD: 08:00 hasta 18:00 horas		0,043		
	INDUSTRIALES			
L-V 08:00 hasta 18:00 horas	3,930	0,0785	1,414	
L-V 18:00 hasta 22:00 horas		0,0885		
L-V 22:00 hasta 08:00 horas*		0,0685		
S,D,F 18:00 hasta 22:00 horas		0,0785		
NIVEL VOLTAJE	ALTO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA DIFERENCIADA (Grupo - AV2)			
	INDUSTRIALES			
L-V 08:00 hasta 18:00 horas	3,940	0,0678	7,066	
L-V 18:00 hasta 22:00 horas		0,0814		
L-V 22:00 hasta 08:00 horas*		0,0543		
S,D,F 18:00 hasta 22:00 horas		0,0678		

*El valor de este cargo tarifario se aplica para el periodo complementario de los días S,D,F.

Anexo 13. Diagrama Unifilar



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

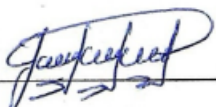
Nosotros, **Jiménez Carrión, José Sebastián** con C.C: # 1150206553 y **Vargas Velásquez, Josué Roberto** con C. C# 0951614742 autores del Trabajo de Titulación: **Diseño de un sistema de iluminación LED para el Estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil utilizando una fuente de alimentación fotovoltaica** previo a la obtención del título de **Ingeniero en Electricidad** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaramos tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 19 de febrero del 2024.

LOS AUTORES

f. 

Nombre: Jiménez Carrión, José Sebastián

C.C: 1150206553

f. 

Nombre: Vargas Velásquez, Josué Roberto

C.C: 0951614742



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Diseño de un sistema de iluminación Led para el estadio de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil utilizando una fuente de alimentación fotovoltaica.		
AUTOR(ES)	Jiménez Carrión, José Sebastián; Vargas Velásquez, Josué Roberto		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Vega Ureta, Nino Tello		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Electricidad		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Electricidad		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	19 de febrero del 2024	No. DE PÁGINAS:	120
ÁREAS TEMÁTICAS:	Sistemas Fotovoltaicos, Energía solar, Software		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	tecnología led, iluminación exterior, normativa une-en12193, dialux, software pvsyst		
RESUMEN/ABSTRACT: La alta luminosidad de la tecnología LED, combinada con su ahorro energético, eficiencia y alto rendimiento frente a otras fuentes de luz tradicionales, la convierten en una opción ideal para grandes estancias y zonas exteriores. Reconociendo estas ventajas se propone el diseño de un sistema de iluminación para el estadio de la “Universidad Católica Santiago de Guayaquil” Utilizando tecnología LED y una planta de energía solar independiente y un sistema de almacenamiento de energía. Este estudio adopta un enfoque cuantitativo y recoge información sobre los sistemas de iluminación existente (Halogenuros metálicos y LEDS) según la norma española UNE-EN12193 sobre tipos de instalaciones deportivas e identifica sus deficiencias y requisitos de uso práctico mediante un método. Adicionalmente, se verificó la factibilidad de simulación de la propuesta de iluminación desarrollada con el software DIALux en tiempo de ejecución utilizando un método de diseño basado en análisis técnico. El análisis de iluminación se realizó para un escenario de competición y puede ser utilizado también para entrenamiento y consiste en: a) sistema lateral de 8 postes con 40 proyectores LED. Según la propuesta, esto fue posible con los cálculos y luego la simulación de iluminación desarrollada en DIALux evo 12.0 de acuerdo con la norma española UNE-EN12193. El dimensionamiento del sistema fotovoltaico (FV) independiente con un sistema de almacenamiento se realiza mediante la aplicación de software PVsyst que brinda una licencia temporal por 30 días. Se realizaron cálculos técnicos y matemáticos sobre el rendimiento de las luminarias instaladas.			
ADJUNTO PDF:	☒ SI	☐ NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593989816096 +593982793158	E-mail: Josue.vargas02@cu.ucsg.edu.ec jose.Jimenez09@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Ricardo Xavier Ubilla González		
COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Teléfono: +593999528515		
	E-mail: ricardo.ubilla@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			